



**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
BARU KALI MANYAR KABUPATEN GRESIK
MENGUNAKAN BETON PRATEKAN**

SKRIPSI

Oleh

**Yashinta Okta Florinsia
NIM 121910301098**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
BARU KALI MANYAR KABUPATEN GRESIK
MENGUNAKAN BETON PRATEKAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

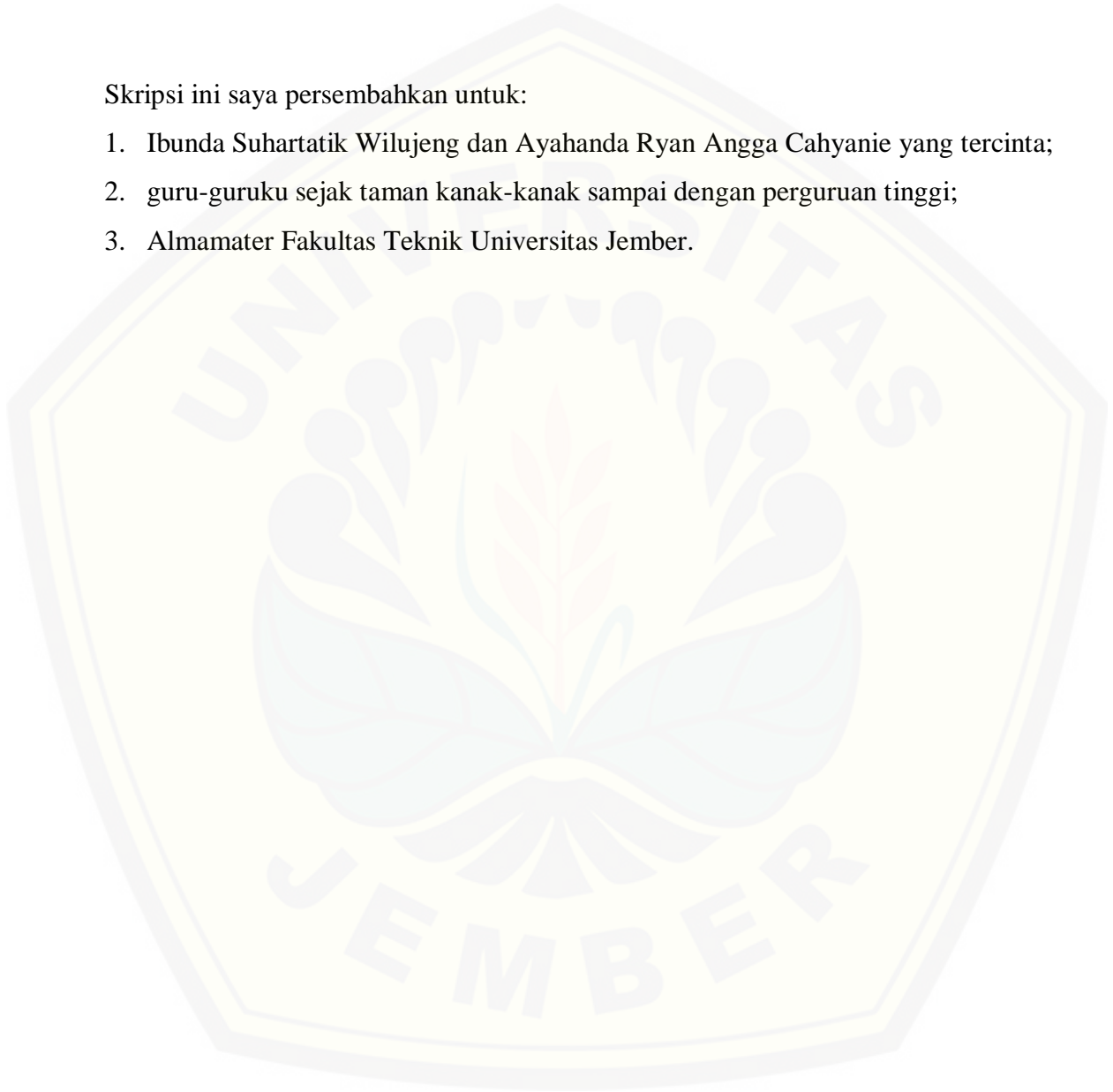
Yashinta Okta Florinsia
NIM 121910301098

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Suhartatik Wilujeng dan Ayahanda Ryan Angga Cahyanie yang tercinta;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.



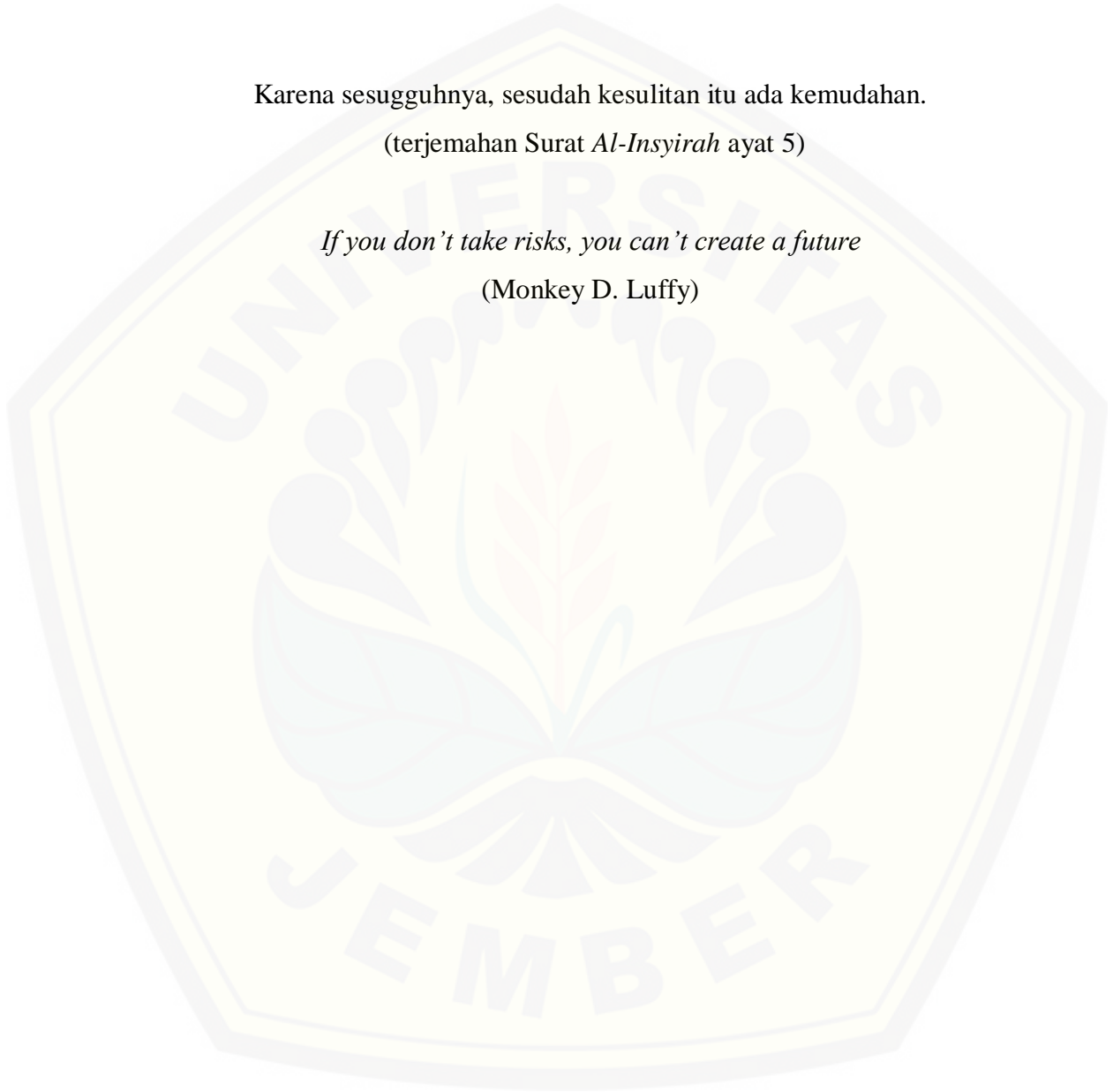
MOTO

Karena sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan.

(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 5)

If you don't take risks, you can't create a future

(Monkey D. Luffy)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Yashinta Okta Florinsia

NIM : 121910301098

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Baru Kali Manyar Kabupaten Gresik Menggunakan Beton Pratekan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Mei 2016

Yang menyatakan,

Yashinta Okta Florinsia

NIM 121910301098

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN
BARU KALI MANYAR KABUPATEN GRESIK
MENGUNAKAN BETON PRATEKAN**

Oleh

Yashinta Okta Florinsia
NIM 121910301098

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Winda Tri W., S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Baru Kali Manyar Kabupaten Gresik Menggunakan Beton Pratekan” telah diuji dan disahkan pada:

hari,tanggal : Selasa, 24 Mei 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng

Sri Wahyuni, S.T., M.T., Ph.D

NIP. 19760111 200012 1 002

NIP. 19711209 199803 2 001

Anggota 1,

Anggota 2,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

NIP. 19731015 199802 1 001

NIP. 19710327 199803 1 003

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M

NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Baru Kali Manyar Kabupaten Gresik Menggunakan Beton Pratekan; Yashinta Okta Florinsia, 121910301098; 2016: 131 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Jembatan Manyar berada di ruas jalan Gladak Manyar, Kabupaten Gresik. Jembatan ini telah mengalami beberapa kerusakan akibat padatnya lalu lintas di atas jembatan. Perkembangan jumlah kendaraan bermotor yang mengalami peningkatan setiap tahunnya mengakibatkan kemacetan yang berdampak pada tingkat kenyamanan pengguna jalan. Oleh karena itu, diperlukan suatu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Alternatif yang dipilih yaitu merencanakan jembatan baru di sebelah jembatan lama. Tujuan perencanaan ini adalah mendesain struktur atas jembatan menggunakan beton pratekan. Hasil perencanaan diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu desain struktur atas jembatan di lokasi tersebut.

Tahap awal yaitu *preliminary design* untuk menentukan dimensi awal dari setiap elemen struktural. Kemudian dilakukan perencanaan struktur sekunder jembatan. Pembebanan jembatan berdasarkan RSNI T-02 2005.

Struktur utama jembatan menggunakan material beton pratekan. Metode penegangan yang digunakan yaitu metode paska tarik. Gaya prategang awal ditentukan berdasarkan persamaan tegangan yang terjadi pada penampang girder. Tahap berikutnya yaitu menentukan letak tendon yang aman sehingga tegangan yang ditimbulkan tidak memenuhi tegangan yang diijinkan.

Berdasarkan analisa perhitungan diperoleh desain sandaran terdiri atas dua buah pipa sandaran dengan bahan pipa baja galvanis Ø76,3 mm BJ-37, tiang sandaran dengan profil baja H setinggi 500 mm, dan dinding sandaran beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 500 mm. Pelat lantai kendaraan dan trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 22 cm. Diafragma menggunakan beton bertulang dengan

ukuran 30 x 128 cm. Gelagar utama menggunakan *Precast Concrete I* (PCI) Girder H210 dengan bentang 35 m dari PT.Wika Beton. Gelagar utama direncanakan sebanyak 4 buah yang dipasang dengan jarak 2,3 m. Gelagar utama merupakan beton pratekan dengan $P_i = 5500$ kN dan *7-wire strand super grade* sebanyak 38 buah yang disebar dalam 4 tendon. Kehilangan gaya prategang yang terjadi adalah 13,43%. Lendutan total yang terjadi adalah 2,7 mm ↓. Tumpuan menggunakan elastomer laminasi dari Freyssinet dengan ukuran 400x500 sebanyak 5 lapis.

Metode pelaksanaan ereksi girder pratekan secara umum meliputi empat tahap. Tahapan tersebut yaitu, tahap persiapan, *stressing*, *grouting* dan *finishing*, dan ereksi girder menggunakan alat bantu *launcher*.

SUMMARY

Design Study of The New Upper Structure Kali Manyar Bridge in Gresik Regency Using Prestressed Concrete; Yashinta Okta Florinsia, 121910301098; 2016: 131 pages; Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Jember University.

Manyar Bridge is located in Gladak Manyar Roads, Gresik Regency. This bridge has some damages due to the density of the traffic on the bridge. Development on the number of vehicles every year caused traffic jam that has impact on the level of service. Therefore, it necessary to find the solution for this problems. Planning a new Kali Manyar bridge is expected to solve that problems. This thesis aims to design a new Kali Manyar Bridge using prestressed concrete.

Preliminary design is done to define the section properties and material properties for each structural elements. Then, do a secondary structure designing. The next step is the calculation of the loading based on RSNI T-02 2005. After that, do structure analysis using computer program to figure out the internal forces which is occurred.

The main structure is using prestressed concrete girder. Stressing method is post tensioning. Initial prestressed force is determined by the stress equation that is occurred in the cross section of the girder. The next step is to determine the cable layouts which meet the requirement of the allowable stress.

Loss of prestress is calculated at the next step. Allowance for loss of prestress is about 20% for post tensioning. For the secure design, it also necessary to check the deflection and the moments that is occurred with the design requirement.

According to the calculation result known that pedestrian barrier consist of two galvanis steel railing pipes $\varnothing 76,3$ mm BJ-37, H profile steel column with 500 mm height, and reinforced concrete parapet with 25 cm thickness and 500 mm height.

Concrete deck slab and trotoar slab using reinforced concrete with 22 cm thickness. Diaphragm beam is using 30 x 128 cm reinforced concrete. Primary structure is using H210 PT. WIKA Beton Precast Concrete I (PCI) Girder with 35 m span. 4 main girder will be installed every 2,3 m for each span. Main girder is prestressed concrete with $P_i = 5500$ kN and 38 7-wire *strand super grade* divided in 4 cables. Total loss of prestress is 13,43%. This bridge has 2,7 mm deflection. It uses 5 five layers 400x500 laminated elastomeric bearings from Freyssinet.

Construction method of the prestressed concrete girder generally include four stages. Its stages are preparation, stressing, finishing, and the erection girder using launcher.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Baru Kali Manyar Kabupaten Gresik Menggunakan Beton Pratekan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota;
2. Krisnamurti, S.T., M.T. dan Dwi Nurtanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Bapak Ryan Angga Cahyanie dan Ibu Suhartatik Wilujeng sekeluarga yang telah memberikan dukungan dan doanya demi menyelesaikan kuliah penulis;
4. Seluruh civitas akademika di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membantu proses administrative selama kuliah;
5. Andik Prasetyo yang selalu menasehati, menyemangati, dan mendoakan penulis demi menyelesaikan skripsi ini;
6. Kiswara Rose Amaral, Risvike Merdiana, Susan Sely Nursifa yang telah membantu dan memberikan semangat;
7. saudara KIMCIL 2012 yang telah menemani dan memberikan dorongan;
8. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Demikian penulis sampaikan mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan tugas akhir ini. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua

pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 30 Mei 2016

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. STUDI PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum Jembatan	5
2.2 Dasar Perencanaan Jembatan	5
2.3 Pembebanan Jembatan	7
2.4 Pelat Lantai Kendaraan	18
2.5 Beton Prategang	20
2.5.1 Sifat dan Karakteristik Material	21

2.5.2	Profil Kabel	24
2.5.3	Kehilangan Gaya Prategang	29
2.6	Perencanaan Terhadap Geser	33
2.7	Lendutan	35
BAB 3. METODOLOGI PERENCANAAN		40
3.1	Persiapan	40
3.2	Pengumpulan Data dan Studi Literatur	40
3.3	<i>Preliminary Design</i>	40
3.4	Perhitungan Struktur Sekunder	41
3.5	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	41
3.6	Perhitungan Pembebanan Jembatan	41
3.7	Analisa Struktur Jembatan	41
3.8	Analisa Penampang	41
3.9	Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang	42
3.10	Perencanaan Terhadap Geser	42
3.11	Perhitungan Lendutan	42
3.12	Penggambaran Detail Elemen Jembatan	42
3.13	Metode Pelaksanaan	42
3.14	Diagram Alir	43
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	<i>Preliminary Design</i>	45
4.1.1	Dimensi Elemen Struktural	45
4.1.1.1	Girder Pratekan	45
4.1.1.2	Tendon	46
4.1.1.3	Pelat Lantai Kendaraan dan Trotoar	46
4.1.1.4	Balok Difragma	46
4.1.1.5	Sandaran	47
4.1.2	Data Material	47

4.2	Perencanaan Struktur Sekunder	47
4.2.1	Perencanaan Pipa Sandaran	47
4.2.1.1	Data Perencanaan	47
4.2.1.2	Pembebanan dan Statika	48
4.2.1.3	Kontrol Tegangan dan Lendutan	48
4.2.2	Perencanaan Tiang Sandaran	49
4.2.3	Perencanaan Dinding Sandaran	50
4.2.4	Perencanaan Trotoar	53
4.2.4.1	Data Perencanaan	53
4.2.4.2	Pembebanan Trotoar	53
4.2.4.3	Analisa Struktur	54
4.2.4.4	Perencanaan Penulangan Trotoar	55
4.3	Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan	56
4.3.1	Beban Mati	56
4.3.2	Beban Hidup	57
4.3.3	Momen Total	60
4.3.4	Rencana Penulangan Pelat	60
4.3.5	Pemeriksaan Geser Pons	63
4.4	Perencanaan Diafragma	65
4.5	Analisa Penampang Girder	67
4.5.1	Sebelum Komposit	67
4.5.2	Penampang Komposit	70
4.6	Pembebanan	72
4.6.1	Berat Sendiri Girder	72
4.6.2	Beban Mati Tambahan	73
4.6.3	Beban Lalu Lintas	74
4.7	Analisa Struktur	77
4.7.1	Beban Vertikal	77

4.7.2	Beban Horizontal	78
4.7.2.1	Gaya Rem	78
4.7.2.2	Beban Angin	79
4.8	Perhitungan Gaya Prategang	80
4.9	Perencanaan Tendon	82
4.9.1	Menentukan Jumlah Tendon	82
4.9.2	Penentuan Letak Tendon	83
4.9.2.1	Letak Batas Aman Tendon	83
4.9.2.2	Posisi Tendon	85
4.9.3	Kontrol Tegangan Akibat Eksentrisitas Tendon	89
4.10	Kehilangan Gaya Prategang	97
4.10.1	Jangka Pendek	97
4.10.1.1	Perpendekan Elastis	97
4.10.1.2	Slip Angkur	98
4.10.1.3	Gesekan Pada Tendon (<i>Wobble Effect</i>).....	98
4.10.2	Jangka Panjang	99
4.10.2.1	Rangkak	99
4.10.2.2	Susut	99
4.10.2.3	Relaksasi Baja.....	100
4.10.3	Total Kehilangan Gaya Prategang	100
4.11	Lendutan	100
4.12	Perencanaan Tulangan Girder	102
4.12.1	Tulangan Pokok/Longitudinal	102
4.12.2	Tulangan Geser	104
4.13	Kontrol Kapasitas Momen	107
4.14	Perencanaan Penghubung Geser	109
4.15	Sambungan Pelat Menerus	112
4.16	Perencanaan Penulangan <i>End Block</i>	117

4.17 Perencanaan <i>Elastomeric Bearing</i>	122
4.18 Metode Pelaksanaan Ereksi Balok Girder	124
4.18.1 Persiapan	124
4.18.2 <i>Stressing</i>	125
4.18.3 <i>Grouting</i> dan <i>Finishing</i>	126
4.18.4 Ereksi Girder	126
BAB 5. PENUTUP	128
5.1 Kesimpulan	128
5.2 Saran	128
DAFTAR PUSTAKA	130
LAMPIRAN	132

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Berat Isi untuk Beban Mati	8
Tabel 2.2 Kecepatan Angin Rencana, V_w	15
Tabel 2.3 Koefisien Seret, C_w	16
Tabel 2.4 Kawat-Kawat untuk Beton Prategang	23
Tabel 2.5 <i>Strand</i> Standar untuk Beton Prategang	24
Tabel 2.6 <i>Strand</i> Kawat yang Dipadatkan untuk Beton Prategang	24
Tabel 2.7 Koefisien Susut	32
Tabel 2.8 Batasan Lendutan pada Balok Jembatan	36
Tabel 2.9 Defleksi Akibat Pembebanan dan Gaya Prategang pada Balok Sederhana	37
Tabel 2.10 Defleksi Akibat Pembebanan dan Gaya Prategang pada Balok Kantilever	38
Tabel 2.11 Faktor Pengali untuk Perhitungan Camber dan Defleksi Jangka Panjang	39
Tabel 4.1 Properti <i>Strand</i>	46
Tabel 4.2 Mutu Bahan	47
Tabel 4.3 Perhitungan cgc Girder	68
Tabel 4.4 Perhitungan Momen Inersia	69
Tabel 4.5 Perhitungan Penampang Girder	73
Tabel 4.6 Rekapitulasi Momen Akibat Beban Vertikal	77
Tabel 4.7 Rekapitulasi Gaya Lintang Akibat Beban Vertikal	77
Tabel 4.8 Rekapitulasi Momen dan Gaya Lintang Akibat Gaya Rem	78
Tabel 4.9 Rekapitulasi Momen dan Gaya Lintang Akibat Beban Angin	80

Tabel 4.10	Batas Bawah Tendon	84
Tabel 4.11	Batas Atas Tendon	85
Tabel 4.12	Posisi Masing-Masing Tendon	88
Tabel 4.13	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 1 untuk Konfigurasi Beban 1.....	91
Tabel 4.14	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 2 untuk Konfigurasi Beban 1	91
Tabel 4.15	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 3 untuk Konfigurasi Beban 1.....	92
Tabel 4.16	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 4 untuk Konfigurasi Beban 1.....	92
Tabel 4.17	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 1 untuk Konfigurasi Beban 2.....	93
Tabel 4.18	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 2 untuk Konfigurasi Beban 2	93
Tabel 4.19	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 3 untuk Konfigurasi Beban 2.....	94
Tabel 4.20	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 4 untuk Konfigurasi Beban 2.....	94
Tabel 4.21	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 1 untuk Konfigurasi Beban 3.....	95
Tabel 4.22	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 2 untuk Konfigurasi Beban 3	95
Tabel 4.23	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 3 untuk Konfigurasi Beban 3.....	96
Tabel 4.24	Kontrol Tegangan Akibat Tendon 4 untuk Konfigurasi Beban 3.....	96
Tabel 4.25	Kehilangan Gaya Prategang Akibat Perpendekan Elastis..	97

Tabel 4.26	Kehilangan Gaya Prategang Akibat Slip Angkur	98
Tabel 4.27	Kehilangan Gaya Prategang Akibat Gesekan Tendon	99
Tabel 4.28	Distribusi Gaya Lintang	111
Tabel 4.29	Perhitungan Jarak <i>Stud</i>	112
Tabel 4.30	Kontrol Tegangan Lentur Di Daerah Sambungan	116
Tabel 4.31	Kontrol Tegangan Geser	117
Tabel 4.32	Perhitungan Gaya pada <i>Spalling Zone</i>	119
Tabel 4.33	Perhitungan Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i> pada Tendon	120
Tabel 4.34	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Sengkan <i>Bursting Zone</i>	121
Tabel 4.35	Perhitungan Kebutuhan Tulangan Melintang <i>Bursting Zone</i>	122
Tabel 4.36	Reaksi Akibat Beban Vertikal	122

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1	Beban lajur “D” 9
Gambar 2.2	Beban “D” : BTR vs panjang yang dibebani 10
Gambar 2.3	Penyebaran beban “D” pada arah melintang 11
Gambar 2.4	Pembebanan truk “T” 12
Gambar 2.5	Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk BGT, beban lajur “D” 13
Gambar 2.6	Gaya rem pada beban lajur “D” 14
Gambar 2.7	Gaya rem per lajur 2,75 m keadaan batas ultimit 14
Gambar 2.8	Pembebanan untuk pejalan kaki 15
Gambar 2.9	Beban akibat angin (P_{EW}) yang dipikul lantai Jembatan 16
Gambar 2.10	Luas ekuivalen bagian samping jembatan (Ab)..... 17
Gambar 2.11	Reaksi kabel terhadap balok 25
Gambar 2.12	<i>Central kern</i> 26
Gambar 2.13	Limit kern dan daerah aman kabel 26
Gambar 2.14	Hubungan antara limit kern dengan daerah aman kabel 28
Gambar 2.15	Bentuk tipikal daerah aman kabel 28
Gambar 3.1	Diagram alir pengerjaan tugas akhir 44
Gambar 4.1	PCI Girder H 210..... 45
Gambar 4.2	Letak dan dimensi balok diafragma 46
Gambar 4.3	Potongan Melintang tiang sandaran 47
Gambar 4.4	Profil tiang sandaran 49
Gambar 4.5	Pembebanan pada dinding sandaran 50
Gambar 4.6	Pelat landas 52
Gambar 4.7	Trotoar jembatan 53

Gambar 4.8	Diagram momen	54
Gambar 4.9	Diagram geser	55
Gambar 4.10	Beban 1 roda di tengah pelat	57
Gambar 4.11	Penyebaran beban 1 roda di tengah pelat	57
Gambar 4.12	Beban 2 roda berdekatan dengan jarak 100 cm di tengah pelat	58
Gambar 4.13	Bidang penyebaran tekanan roda berdasarkan RSNI T-02 2005	63
Gambar 4.14	Penulangan Balok Diafragma	67
Gambar 4.15	Pembagian penampang girder	68
Gambar 4.16	Penampang komposit	72
Gambar 4.17	Girder Pratekan	72
Gambar 4.18	Konfigurasi beban hidup 1	74
Gambar 4.19	Konfigurasi beban hidup 2	74
Gambar 4.20	Konfigurasi beban hidup 3	75
Gambar 4.21	Respon spectrum Gresik untuk Tanah Sedang	76
Gambar 4.22	Diagram tegangan pada saat transfer	82
Gambar 4.23	Diagram tegangan pada saat beban layan	82
Gambar 4.24	Posisi tendon sampai tengah bentang	88
Gambar 4.25	Posisi tendon pada tumpuan	89
Gambar 4.26	Pengangkatan girder pratekan	103
Gambar 4.27	Rencana penghubung geser	110
Gambar 4.28	Tata letak untuk balok menerus sebagian	113
Gambar 4.29	Keseimbangan gaya pada penampang balok pemisah girder	114
Gambar 4.30	Gaya pada <i>end block</i>	118
Gambar 4.31	Potongan elastomer	115
Gambar 4.32	Pengangkutan girder dari <i>stockyard</i>	125

Gambar 4.33	<i>Stressing girder pratekan</i>	126
Gambar 4.34	Ereksi girder menggunakan <i>launcher</i>	127



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. LAYOUT JEMBATAN	134
A.1 Potongan Memanjang Jembatan	134
A.2 Potongan Melintang Jembatan	135
LAMPIRAN B. GAYA DALAM	136
B.1 Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 1	136
B.2 Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 1	137
Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 2	138
Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 2	139
Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 3	140
Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 3	141
Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 1	142
Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 1	143
B.9 Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 2	144
Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 2	145
B.11 Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 3	146
Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 3	147
LAMPIRAN C. GAMBAR DETAIL ELEMEN STRUKTURAL	148
C.1 Gambar Detail Sandaran Jembatan	148
C.2 Gambar Detail Trotoar Jembatan	149
C.3 Gambar Detail Pelat Lantai Kendaraan	150
C.4 Gambar Detail Diafragma	151
Gambar Detail Girder	152

C.6	Gambar Detail Sambungan Pelat Menerus	153
LAMPIRAN D. LAYOUT TENDON		154
LAMPIRAN E. SPESIFIKASI PCI GIRDER PT. WIKA Beton.		155
LAMPIRAN F. SPESIFIKASI TIPE ANGKUR		156
F.1	Angkur Hidup	156
F.2	Angkur Mati	157
LAMPIRAN G. TABEL BITTNER		158
G.1	Faktor Pengali Momen Arah x	158
G.2	Faktor Pengali Momen Arah y	159
LAMPIRAN H. SPESIFIKASI ELASTOMER		160

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

Jembatan Manyar berada di ruas jalan Gladak Manyar, Desa Manyar Sidomukti, Kabupaten Gresik. Belakangan ini Jembatan Manyar kerap menjadi topik perbincangan di beberapa media *online* seperti koran Sindo, situs berita jatim, dan juga Surya Online, karena jembatan ini perlu perhatian khusus dari Pemerintah setempat.

Lalu lintas pada jembatan ini terbilang padat, karena lokasinya yang berada di ruas jalan utama wilayah Pantai Utara. Jalur ini memiliki signifikansi yang sangat tinggi dan menjadi urat nadi utama transportasi darat, karena setiap hari dilalui 20.000-70.000 kendaraan (https://id.wikipedia.org/wiki/Jalan_Nasional_Rute_1#Jawa_Timur). Selain itu, menurut Ditjen Perhubungan Darat (2013) perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Jawa Timur mengalami peningkatan pada masing-masing moda transportasi dengan total prosentase peningkatan sebesar 10%. Jalur Pantura menjadi perhatian utama saat menjelang lebaran, di mana arus mudik melimpah dari barat ke timur.

Padatnya lalu lintas pada jembatan ini mengakibatkan jembatan mengalami defisiensi fungsi. Kondisi jembatan ini sudah mengkhawatirkan (Setiono, 2015). Jembatan yang struktur utamanya rangka baja ini bergoyang ketika dilalui oleh truk

galian C. Ashadi (2015) mengatakan tingkat elastisitas jembatan saat dilalui truk cukup kuat. Akibatnya, jembatan yang melintas di atas Kali Manyar berpotensi ambruk. Selain itu, perkerasan jalan pada jembatan ini juga sering kali rusak, karena besarnya volume kendaraan berat yang melintas.

Kemacetan di atas jembatan merupakan suatu keadaan yang berbahaya. Karena jembatan didesain dengan beban berjalan, bukan didesain terhadap beban diam. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum no.19 tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan Pasal 16 ayat 9 menyatakan bahwa pada saat pengoperasian jalan, kendaraan dilarang berhenti di atas jembatan. Hal tersebut merupakan salah satu tindakan preventif agar tidak terjadi *overload* pada jembatan yang dapat mengakibatkan jembatan ambruk.

Peningkatan volume kendaraan juga berdampak pada tingkat kenyamanan para pengguna jalan dalam hal ini jembatan jalan raya. Menurut Santoso (1997) kerugian yang diderita akibat dari masalah kemacetan ini apabila dikuantifikasikan dalam satuan moneter sangatlah besar, yaitu kerugian karena waktu perjalanan menjadi panjang dan makin lama, biaya operasi kendaraan menjadi lebih besar dan polusi kendaraan yang dihasilkan semakin bertambah. Aris (2012) menyatakan kemacetan juga membuat badan lelah dan berdampak pada emosi pengguna jalan sehingga ada dari mereka yang menggerutu, kesal, marah, dan akhirnya stress.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut dipilih cara alternatif dengan membangun jembatan baru di sebelah jembatan lama. Sehingga dengan cara tersebut diharapkan arus lalu lintas di jembatan ini akan lancar. Untuk material jembatan baru akan direncanakan menggunakan beton prategang pracetak.

Dewasa ini, telah dikenal beton prategang yang merupakan jenis beton dimana tulangan bajanya ditarik / ditegangkan terhadap betonnya. Teknik tersebut ternyata cukup efektif memperkecil ukuran penampang sehingga dapat mereduksi berat sendirinya. Menurut Dean (dalam Raju, 1989:5), balok jembatan pracetak yang standar dengan panjang antara 10 dan 30 meter telah terbukti lebih ekonomis

daripada baja dan beton bertulang di Amerika Serikat. Selain itu, material beton merupakan material yang lebih tahan korosi dibandingkan material baja dan lebih mudah dalam perawatannya. Sistem pracetak biasa digunakan untuk proyek-proyek yang membutuhkan beton bermutu tinggi seperti halnya beton prategang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka diperoleh rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana desain jembatan beton prategang yang aman untuk jembatan baru Kali Manyar, Kabupaten Gresik?
2. Bagaimana metode pelaksanaan jembatan beton prategang untuk jembatan baru Kali Manyar, Kabupaten Gresik?

1.3 Tujuan

Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain jembatan beton prategang yang aman untuk jembatan baru di Kali Manyar, Kabupaten Gresik sesuai dengan standar yang berlaku dan mengetahui metode pelaksanaan jembatan beton prategang secara umum.

1.4 Manfaat

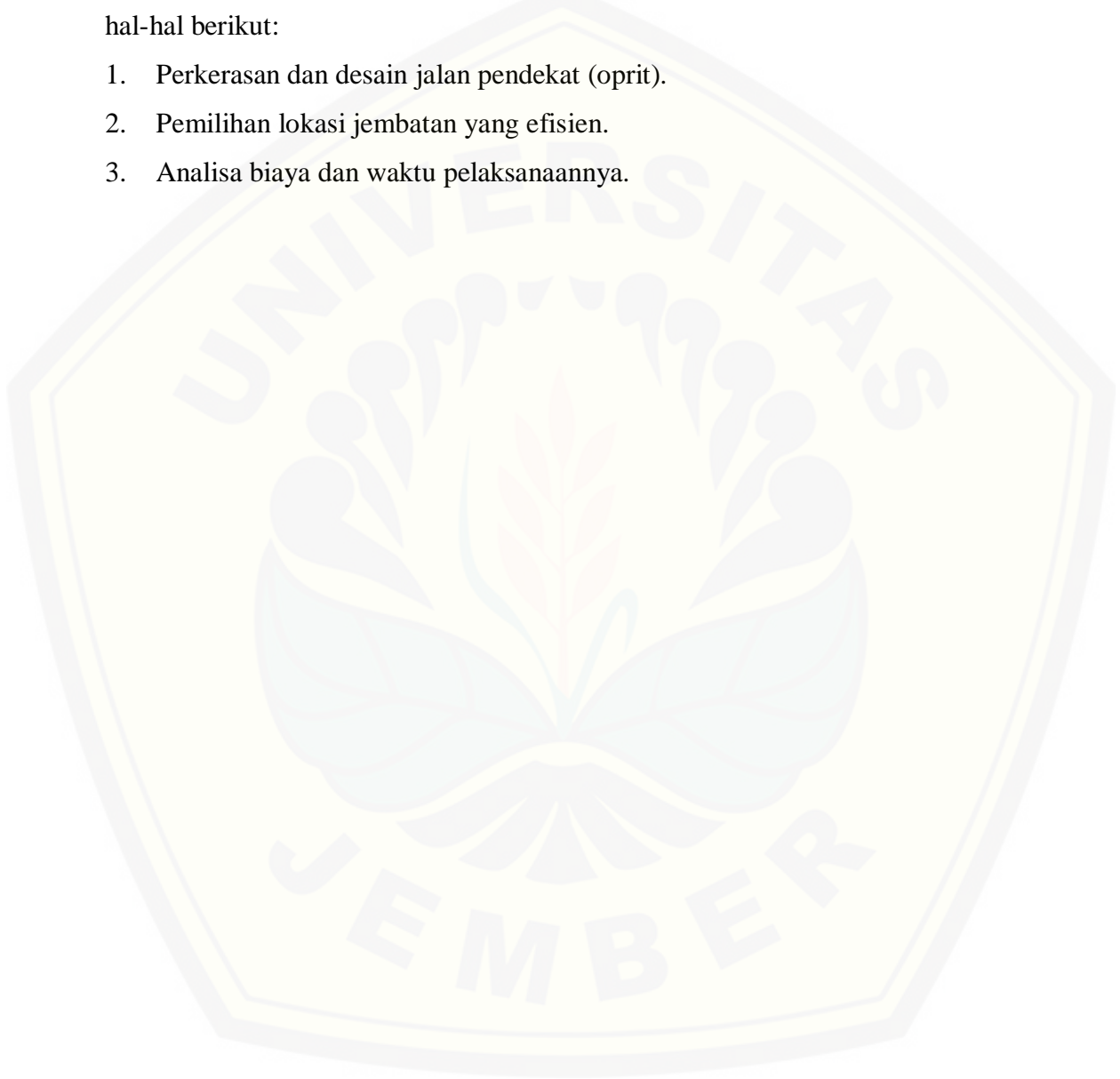
Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini, yaitu:

1. Menambah wawasan tentang material beton prategang
2. Memahami dan dapat mengaplikasikan metode perencanaan jembatan beton prategang.
3. Dapat dijadikan sebagai salah satu solusi alternatif dalam menghadapi permasalahan jembatan dengan kondisi tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Tugas akhir ini merencanakan struktur atas jembatan menggunakan *Precast Concrete I Girder* (PCI Girder) dengan metode *post tensioning* tanpa memperhatikan hal-hal berikut:

1. Perkerasan dan desain jalan pendekat (oprit).
2. Pemilihan lokasi jembatan yang efisien.
3. Analisa biaya dan waktu pelaksanaannya.



BAB 2. STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum Jembatan

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut.

Konstruksi jembatan terdiri atas struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas merupakan bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas, orang, atau lainnya, yang kemudian menyalurkannya ke bangunan di bawahnya. Struktur atas jembatan terdiri dari :

1. Sandaran (*Railling*)
 - a. Tiang sandaran (*Raill post*)
 - b. Sandaran (*Hand raill*)
2. Trotoar
3. Pelat Lantai
4. Gelagar Jembatan
5. Diafragma

2.2 Dasar Perencanaan Jembatan

Dasar-dasar umum perencanaan jembatan dijelaskan dalam Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan (*BMS/Bridge Management System*) Bagian 1. Perencanaan jembatan harus berdasarkan prosedur-prosedur yang memberikan kemungkinan-kemungkinan yang dapat diterima untuk mencapai suatu keadaan batas selama umur rencana jembatan. Jembatan dianggap akan dibangun sesuai dengan

persyaratan dan dipelihara dengan baik selama umur rencana. Jembatan tidak direncanakan untuk dapat menyangga semua kemungkinan beban dan kondisi, seperti beban dan kondisi perang. Namun setiap aksi atau pengaruh yang mungkin terjadi yang dapat diramalkan sebelumnya secara rasional harus dipertimbangkan dalam perencanaan.

Adapun keadaan batas yang perlu dipahami dalam proses perencanaan jembatan yaitu:

1. Keadaan Batas Ultimit

Aksi-aksi yang menyebabkan sebuah jembatan menjadi tidak aman disebut aksi-aksi ultimit dan reaksi yang diberikan jembatan terhadap aksi itu disebut Keadaan Batas Ultimit. Keadaan Batas Ultimit terdiri dari:

- a. kehilangan keseimbangan statis karena sebagian atau seluruh bagian jembatan longsor, terguling, atau terangkat ke atas,
- b. kerusakan sebagian jembatan akibat kelelahan dan/atau korosi, sampai suatu keadaan dimana terjadi kehancuran,
- c. keadaan purna-elastis atau purna-tebuk dimana suatu bagian jembatan atau lebih mencapai kondisi runtuh. Redistribusi plastis atau purna tekuk dari aksi-aksi dan reaksi jembatan diperbolehkan dalam batas yang ditentukan dalam bagian perencanaan yang berkaitan dengan bahan-bahan dalam peraturan,
- d. kehancuran bahan pondasi menyebabkan pergerakan yang berlebihan atau kehancuran bagian-bagian penting dari jembatan.

Sebuah aksi ultimit didefinisikan yang mempunyai 5% kemungkinan dilampaui selama umur rencana jembatan.

2. Keadaan Batas Layan

Keadaan Batas Layan akan tercapai jika reaksi jembatan cukup:

- membuat jembatan tidak layak pakai; atau
- menyebabkan kekhawatiran umum terhadap keamanan jembatan; atau
- secara mencolok mengurangi kekuatan dan umur pelayanan jembatan.

Keadaan Batas Layan adalah perubahan bentuk yang permanen pada bahan pondasi atau pada sebuah elemen penyangga utama setempat, kerusakan permanen akibat korosi, retakan atau kelelahan, getaran, dan banjir pada jaringan jalan dan tanah di sekitar jembatan serta kerusakan karena penggerusan pada palung saluran, tepi sungai dan tanggul jalan.

Aksi yang menyebabkan Keadaan Batas Layan disebut Aksi Daya Layan. Aksi Daya Layan mempunyai 5% kemungkinan dilampaui per tahun.

2.3 Pembebanan Jembatan

Pedoman pembebanan untuk perencanaan jembatan jalan raya merupakan dasar dalam menentukan beban-beban dan gaya-gaya untuk perhitungan tegangan yang terjadi pada setiap bagian jembatan jalan raya. Beban-beban yang bekerja pada jembatan berdasarkan RSNI T-02 2005 meliputi:

1. Beban tetap

Merupakan berat dari masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen nonstruktural. Beban tetap terdiri dari:

a. Berat sendiri

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang terintegrasi pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi.

Tabel 2.1 Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Berat/Satuan Isi (kN/m ³)	Kerapatan Masa (kg/m ³)
1	Campuran aluminium	26,7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22,0	2240
3	Besi tuang	71,0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2320
6	Aspal beton	22,0	2240
7	Beton ringan	12,25-19,6	1250-2000
8	Beton	22,0-25,0	2240-2560
9	Beton prategang	25,0-26,0	2560-2640
10	Beton bertulang	23,5-25,5	2400-2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung lepas	12,5	1280
13	Batu pasangan	23,5	2400
14	Neoprin	11,3	1150
15	Pasir kering	15,7-17,2	1600-1760
16	Pasir basah	18,-18,8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17,2	1760
18	Baja	77,0	7850
19	Kayu (ringan)	7,8	800
20	Kayu (keras)	11,0	1120
21	Air murni	9,8	1000
22	Air garam	10,0	1025
23	Besi tempa	75,5	7680

Sumber: Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum (2005)

b. Beban mati tambahan / utilitas

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

c. Pengaruh penyusutan dan rangkak

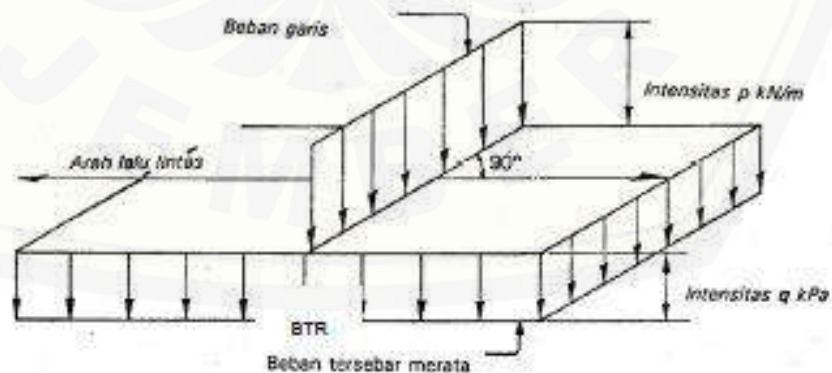
Pengaruh rangkak dan penyusutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan-jembatan beton. Pengaruh ini dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Apabila rangkak dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka harga dari rangkak dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang).

2. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar lajur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar lajur kendaraan itu sendiri. Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap as terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat.

a. Beban lajur "D"

Beban lajur "D" terdiri atas beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Beban Lajur "D"

- Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya tergantung pada panjang total yang dibebani L sebagai berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \dots\dots\dots (1)$$

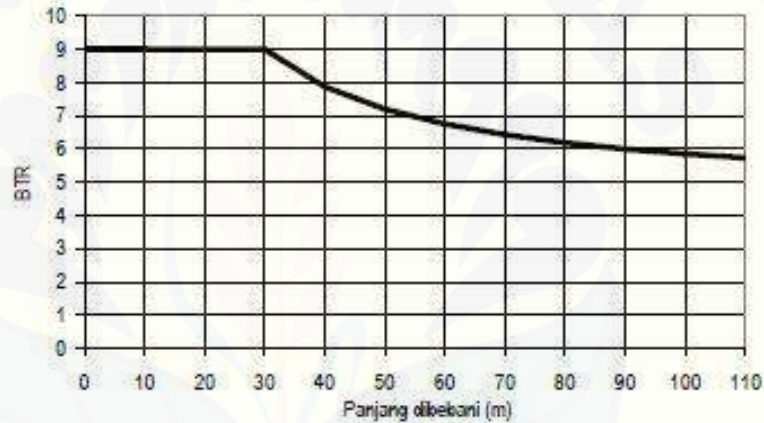
$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

q = intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Hubungan ini dapat dilihat dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Beban “D” : BTR vs panjang yang dibebani

Besarnya Beban Terbagi Rata (BTR) diperoleh melalui rumus berikut:

$$\text{BTR} = q \times S \dots\dots\dots (3)$$

dengan S adalah jarak antar gelagar.

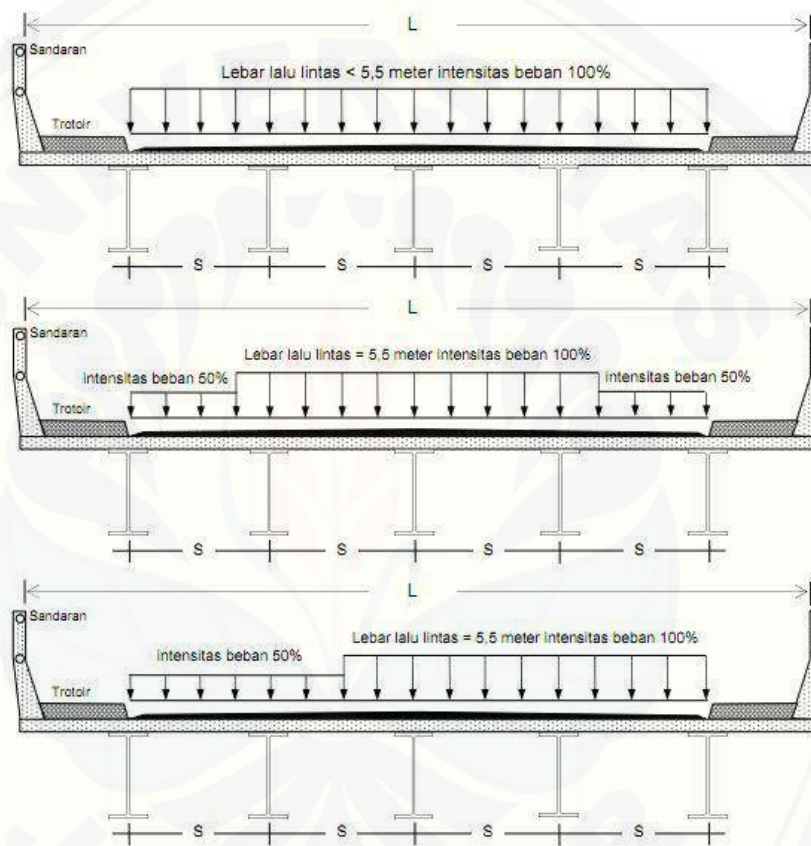
- Beban Garis (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Besarnya BGT diperoleh dari rumus berikut:

$$\text{BGT} = p \times S \dots\dots\dots (4)$$

dengan S adalah jarak antar gelagar.

Penyusunan beban “D” pada arah memanjang jembatan dengan gelagar menerus dapat dilakukan berselang-seling untuk mendapatkan gaya lintang,

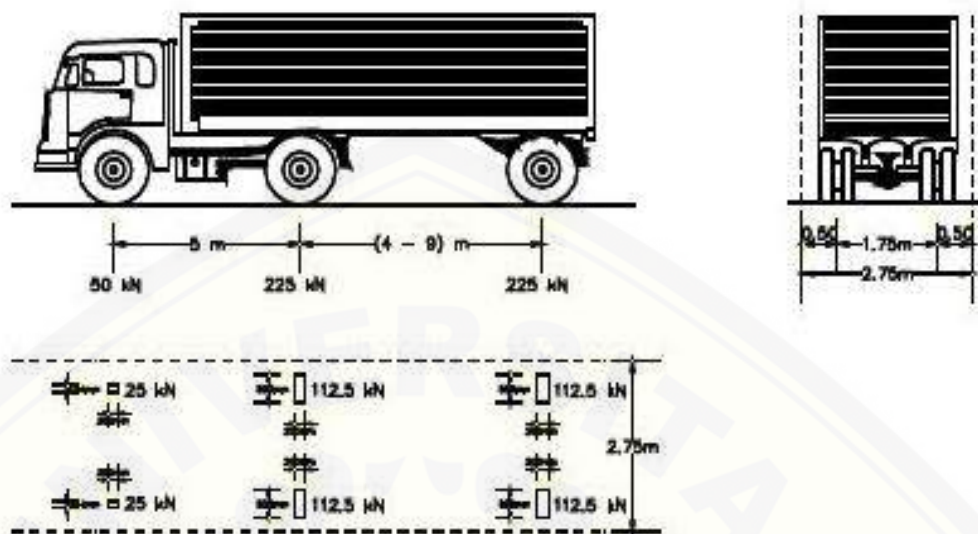
momen, dan reaksi dalam keadaan maksimum. Sedangkan pada arah melintang, beban “D” harus disusun sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan komponen-komponen BTR dan BGT dari beban “D” pada arah melintang dilakukan berdasarkan ketentuan pada Pasal 6.3.2 RSNI T-02 2005 sebagai berikut:



Gambar 2.3 Penyebaran beban “D” pada arah melintang

b. Beban truk “T”

Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti terlihat dalam Gambar 2.4. Berat masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Beban truk “T” harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana.



Gambar 2.4 Pembebanan Truk “T”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan menyebar beban truk tunggal “T” pada balok memanjang dengan faktor distribusi yang telah ditetapkan untuk pelat lantai beton di atas balok beton pratekan dengan jumlah jalur tunggal yaitu:

$$S/4,2 \dots\dots\dots (5)$$

dengan S merupakan bentang efektif atau jarak rata-rata antar balok memanjang yang diambil sesuai ketentuan berikut:

- i. untuk pelat lantai yang bersatu dengan balok atau dinding (tanpa peninggian),
 $S =$ bentang bersih;
- ii. untuk pelat lantai yang didukung pada gelagar dari bahan berbeda atau tidak dicor menjadi kesatuan, $S =$ bentang bersih + $\frac{1}{2}$ lebar dudukan tumpuan.

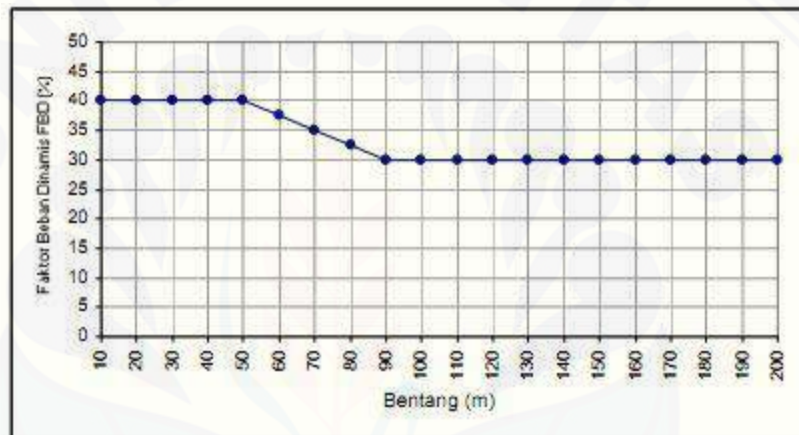
Apabila $S > 3,0$ m, beban pada tiap balok memanjang adalah reaksi beban roda dengan menganggap lantai antara gelagar sebagai balok sederhana.

Momen lentur ultimit rencana akibat pembebanan truk “T” yang diberikan dapat digunakan untuk pelat lantai yang membentangi gelagar atau balok dalam arah melintang dengan bentang antara 0,6 dan 7,4 m. Geser balok

dihitung untuk beban roda dengan reaksi $2S$ yang disebarkan oleh $S/\text{faktor} \geq 0,5$.

c. Faktor Beban Dinamis (FBD)

FBD merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen. Untuk pembebanan truk "T", FBD diambil 30%. Sedangkan untuk pembebanan "D", FBD merupakan fungsi dari panjang ekuivalen seperti tercantum dalam gambar berikut:



Gambar 2.5 Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk BGT, pembebanan lajur "D".

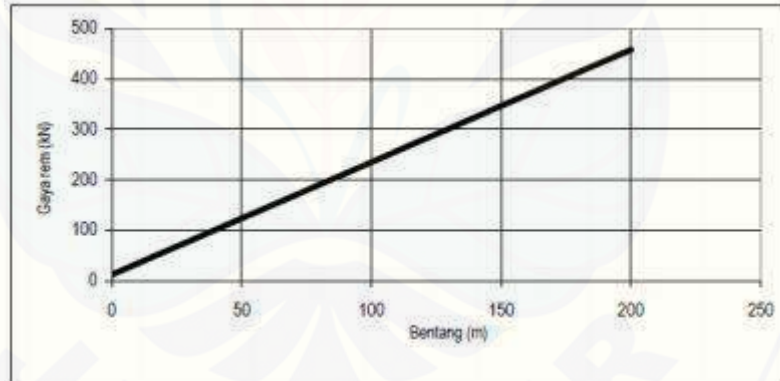
d. Gaya Rem

Bekerjanya gaya-gaya di arah memanjang jembatan akibat gaya rem dan traksi harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai gaya rem sebesar 5% dari beban lajur "D" yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas. Gaya rem tersebut dianggap bekerja secara horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,8 m di atas permukaan lantai kendaraan.



Gambar 2.6 Gaya rem dari beban lajur “D”.

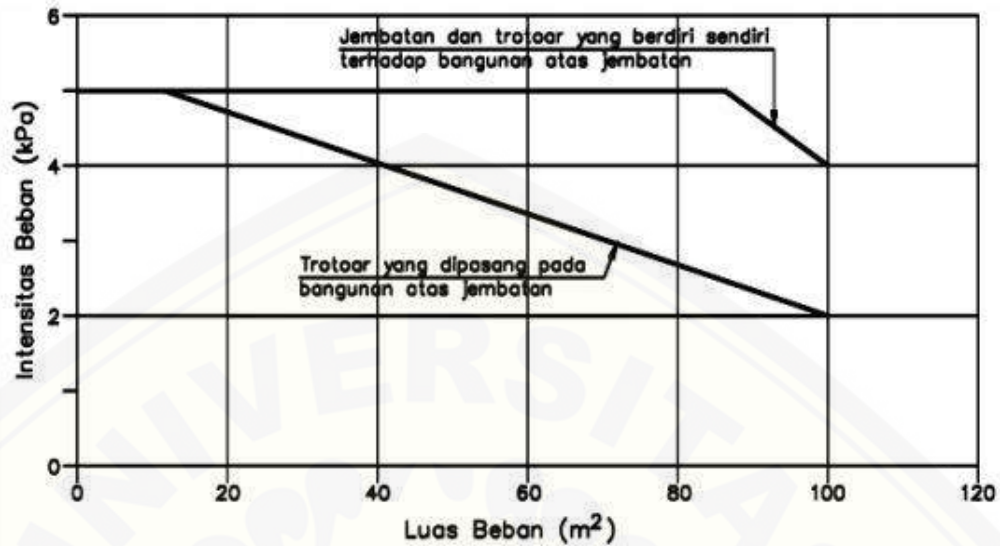
Hubungan antara besar gaya rem yang diperhitungkan dengan panjang bentang jembatan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Gaya rem per lajur 2,75 meter keadaan batas ultimit (KBU).

e. Pembebanan Untuk Pejalan Kaki

Trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani seperti pada Gambar 2.8. Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau untuk jembatan, pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki tidak boleh diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit.



Gambar 2.8 Pembebanan untuk pejalan kaki.

3. Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan yang diperhitungkan dalam pembebanan jembatan yaitu:

a. Beban Angin

Gaya nominal ultimit dan daya layan jembatan akibat angin bergantung pada kecepatan angin rencana sebagai berikut:

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ [kN]} \dots\dots\dots (6)$$

dengan,

V_w = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau.

Kecepatan angin rencana diambil berdasarkan Tabel 2.2.

C_w = koefisien seret – lihat Tabel 2.3.

A_b = luas ekuivalen bagian samping jembatan (h x L) (m²).

Tabel 2.2 Kecepatan angin rencana, V_w .

Keadaan batas	Lokasi	
	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimit	35 m/s	30 m/s

Sumber: Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum (2005)

Tabel 2.3 Koefisien seret, C_w .

Tipe Jembatan	C_w
Bangunan atas masif	
$b/d = 1,0$	2,1
$b/d = 2,0$	1,5
$b/d \geq 6,0$	1,25
Bangunan atas rangka	1,2

Catatan (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran.
 Catatan (2) Untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linear.
 Catatan (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi, C_w harus dinaikkan sebesar 3% untuk setiap derajat superelevasi, dengan kenaikan maksimum 2,5%.

Sumber: Badan Litbang PU Departemen Pekerjaan Umum (2005)

Luas ekuivalen bagian samping jembatan (Ab) adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan.

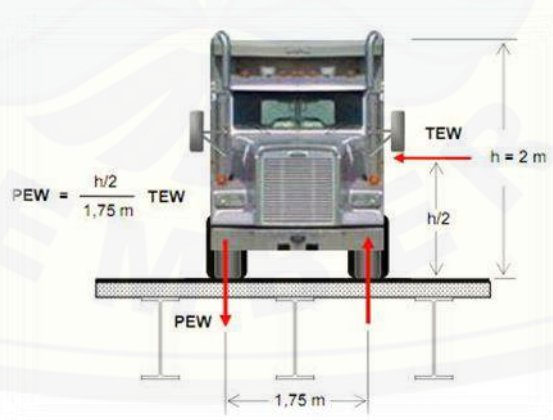
Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus diterapkan pada permukaan lantai dengan rumus berikut:

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 Ab \text{ [kN]} \dots\dots\dots (7)$$

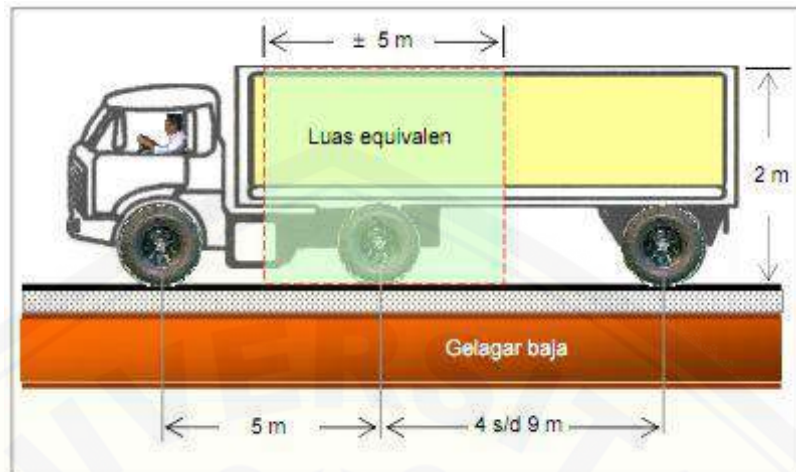
dengan,

$$C_w = 1,2$$

$$Ab = \text{luas bagian samping kendaraan (m}^2\text{)}$$



Gambar 2.9 Beban akibat angin (PEW) yang dipikul lantai jembatan.



Gambar 2.10 Luas ekuivalen bagian samping kendaraan (*Ab*).

b. Pengaruh Gempa

Pada perencanaan jembatan, pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimit. Berdasarkan RSNI-T-02-2005, untuk perencanaan jembatan-jembatan sederhana, pengaruh gempa dihitung dengan metode beban statis ekuivalen. Beban rencana gempa minimum diperoleh dari rumus berikut:

$$T^*_{EQ} = K_h I W_T \dots \dots \dots (8)$$

$$K_h = C S \dots \dots \dots (9)$$

dengan,

T^*_{EQ} = Gaya geser dasar total dalam arah tinjau (kN).

K_h = Koefisien beban gempa horizontal

I = Faktor kepentingan, Tabel 32 RSNI T-02-2005

C = Koefisien geser dasar untuk daerah, waktu, dan kondisi setempat yang sesuai, Gambar 14 RSNI T-02-2005

S = Faktor tipe bangunan, Tabel 33 RSNI T-02-2005

W_T = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah dengan beban mati tambahan (kN).

2.4 Pelat Lantai Kendaraan

Pelat lantai kendaraan merupakan salah satu elemen struktur jembatan yang mempunyai fungsi penting dalam pelayanan jembatan sebagaimana dijelaskan pada subbab 2.1. Oleh karena itu, pelat lantai kendaraan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban yang bekerja di atasnya dan menyalurkan pada elemen struktur di bawahnya yaitu gelagar jembatan. Adapun tahapan perencanaan pelat lantai kendaraan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tebal pelat lantai

Pelat lantai kendaraan harus memenuhi persyaratan tebal minimum sebagaimana diatur dalam RSNI T-12-2004, yaitu:

$$t_s \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (10)$$

$$t_s \geq (100 + 40 l) \text{ mm} \dots\dots\dots (11)$$

dengan,

l = bentang pelat diukur dari pusat ke pusat tumpuan (m)

2. Pembebanan dan statika pelat lantai kendaraan

Pembebanan pelat lantai kendaraan meliputi beban mati dan beban hidup sebagaimana dijelaskan pada sub bab 2.3. Sedangkan untuk statika pelat lantai ditinjau masing-masing pembebanan sehingga diperoleh momen lentur akibat beban mati dan momen lentur akibat beban hidup. Kemudian kedua momen lentur tersebut dikombinasikan untuk memperoleh momen ultimit yang nantinya digunakan dalam perencanaan penulangan pelat lantai kendaraan.

3. Penulangan pelat lantai kendaraan

Berikut ini tahapan perencanaan penulangan pelat lantai kendaraan:

a. Menghitung rasio tulangan,

$$\rho_{min} = 1,0 / f_y \dots\dots\dots (12)$$

$$\rho_b = \beta_1 \cdot 0,85 \cdot \frac{f_c'}{f_y} \frac{600}{600 + f_y} \dots\dots\dots (13)$$

$$\rho_{max} = 0,75 \cdot \rho_b \dots\dots\dots (14)$$

b. Menghitung momen nominal,

Momen nominal diperoleh dari rumus berikut:

$$Mn = Mu / \phi \dots\dots\dots (15)$$

dengan,

ϕ = faktor reduksi yang besarnya 0,80

c. Menghitung tahanan momen nominal,

$$Rn = \frac{Mn}{b.d^3} \dots\dots\dots (16)$$

dengan,

b = lebar pelat yang ditinjau (1000 mm)

d = tinggi efektif yang diperoleh dari selisih tebal pelat dengan tebal selimut beton

d. Menghitung tahanan momen maksimum,

$$Rmaks = \rho_{max} . fy . \left(1 - \frac{1/2 \rho_{max} . fy}{0,85 . fc'} \right) \dots\dots\dots (17)$$

e. Kontrol $Rn < Rmaks$

f. Menghitung rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0,85 \frac{fc'}{fy} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2,353 . Rn}{fc'}} \right) \dots\dots\dots (18)$$

g. Menentukan rasio tulangan yang digunakan,

Penentuan rasio tulangan yang akan digunakan untuk perhitungan berikutnya harus memenuhi persyaratan berikut:

jika $\rho < \rho_{min}$, maka digunakan ρ_{min} ,

jika $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, maka digunakan ρ ,

jika $\rho > \rho_{max}$, maka digunakan ρ_{max} .

h. Menghitung luas tulangan yang diperlukan,

$$As = \rho . b . d \dots\dots\dots (19)$$

Luas tulangan yang telah dihitung harus memenuhi persyaratan minimum yang telah ditetapkan dalam RSNI T-12-2004 untuk pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding,

$$\frac{A_s}{b.d} = \frac{1,0}{f_y} \dots\dots\dots (20)$$

i. Menentukan jarak antar tulangan,

$$s = \frac{1/4 \pi . d_t^2 . b}{A_s} \dots\dots\dots (21)$$

dengan,

d_t = diameter tulangan yang digunakan

Berdasarkan RSNI T-12-2004, untuk tulangan bagi pada arah memanjang jembatan diambil 30%-67% dari luas tulangan lentur (A_s).

2.5 Beton Prategang

Beton prategang merupakan salah satu material yang saat ini sering digunakan dalam konstruksi jembatan, baik jembatan *aqueduct* maupun *viaduct*. Menurut ACI, beton prategang adalah beton yang mengalami tegangan dalam dengan besar dan distribusi sedemikian rupa sehingga dapat mengimbangi sampai batas tertentu tegangan yang terjadi akibat beban luar.

Beton prategang terdiri atas material beton mutu tinggi dan tendon baja prategang. Dalam pelaksanaannya terdapat dua metode dalam pemberian gaya konsentris pada beton prategang, yaitu sistem pra tarik dan paska tarik. Cara kerja sistem pra tarik ialah dengan memberikan gaya prategang terlebih dahulu pada tendon baja sebelum beton dicor. Sedangkan untuk metode paska tarik, beton dicor terlebih dahulu, kemudian tendon baja dimasukkan dalam lubang yang telah tersedia dalam beton untuk selanjutnya gaya prategang diberikan.

Dalam perencanaan dan konstruksi jembatan, sistem paska tarik sering digunakan dengan menggunakan beton pracetak sebagai material betonnya. Fabrikasi

beton pracetak untuk beton prategang telah banyak berkembang. Untuk persyaratan ukuran dan jenis penampang gelagar beton prategang telah diatur dalam AASHTO.

2.5.1 Sifat dan Karakteristik Material

1) Beton

a. Kuat tekan

Dalam hal komponen struktur beton prategang sehubungan dengan pengaruh gaya prategang pada tegangan dan regangan beton baik dalam jangka waktu pendek maupun jangka waktu panjang, maka kuat tekan beton disyaratkan untuk tidak lebih rendah dari 30 Mpa (Badan Stadarisasi Nasional, 2004:11).

b. Tegangan ijin

Tegangan ijin penampang beton dihitung pada kondisi transfer gaya prategang dan pada kondisi beban layan. Berdasarkan RSNI-T-12-2004 tegangan ijin ditentukan sebagai berikut:

- Pada kondisi transfer

- Tegangan tekan

$$\sigma_{tekan} \leq 0,6 f_{c_i}' \dots\dots\dots (22)$$

- Tegangan tarik

1. Serat terluar yang mengalami tegangan tarik

$$\sigma_{tarik} \leq 0,25 \sqrt{f_{c}'} \dots\dots\dots (23)$$

2. Serat terluar pada tumpuan yang mengalami tegangan tarik

$$\sigma_{tarik} \leq 0,5 \sqrt{f_{c}'} \dots\dots\dots (24)$$

- Pada kondisi beban layan

$$\sigma_{tekan} \leq 0,45 f_{c}' \dots\dots\dots (25)$$

$$\sigma_{tarik} \leq 0,5 \sqrt{f_{c}'} \dots\dots\dots (26)$$

dengan,

f_{c_i}' = kuat tekan pada saat transfer gaya prategang yang diambil sebesar 65% dari f_{c}'
(MPa)

f_c' = kuat tekan beton pada kondisi layan (MPa)

c. Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas beton, E_c , dapat diambil sebesar:

$$E_c = w_c^{1.5} \cdot (0,043 \sqrt{f_c'}) \dots\dots\dots (27)$$

2) Baja Prategang

a. Kuat tarik putus dan leleh

Kuat tarik baja prategang, f_{pu} , diambil sebesar mutu baja yang disebutkan oleh fabrikator berdasarkan sertifikat fabrikasi resmi (Badan Standarisasi Nasional, 2004:19).

Kuat leleh baja prategang, f_{py} , ditentukan sesuai dengan RSNI-T-12-2004:

- untuk kawat baja prategang = $0,75 f_{pu}$ (28)

- untuk semua kelas *strand* dan tendon baja bulat = $0,85 f_{pu}$ (29)

b. Tegangan ijin

Seperti halnya beton, tegangan ijin baja prategang dihitung pada kondisi transfer dan kondisi beban layan. Berdasarkan RSNI-T-12-2004 tegangan ijin ditentukan sebagai berikut:

- Pada kondisi transfer

$$\sigma_{tarik} \leq 0,74 f_{pu} \dots\dots\dots (30)$$

- Pada kondisi beban layan

$$\sigma_{tarik} \leq 0,6 f_{pu} \dots\dots\dots (31)$$

c. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas baja prategang, E_p , dapat diambil sebesar:

- untuk kawat tegang-lepas = 200000 MPa
- untuk *strand* tegang-lepas = 195000 MPa
- untuk baja ditarik dingin dengan kuat tarik tinggi = 170000 MPa

d. Gaya prategang awal

Besarnya gaya prategang awal, f_{pi} , ditentukan berdasarkan mutu baja prategang yang digunakan.

$$f_{pi} = 0,82 f_{py} \dots \dots \dots (32)$$

e. Jenis-jenis baja prategang

Karena tingginya kehilangan rangkai dan susut pada beton, maka prategang efektif dapat dicapai dengan menggunakan baja mutu sangat tinggi hingga 1862 MPa atau lebih tinggi lagi (Nawy, 2000:53). Baja bermutu tinggi dapat mengimbangi kehilangan di beton sekitarnya dan mempunyai taraf tegangan sisa yang dapat menahan gaya prategang yang dibutuhkan.

Baja prategang dapat berbentuk kawat-kawat tunggal, *strands* yang terdiri atas beberapa kawat yang dipuntir membentuk elemen tunggal dan batang-batang bermutu tinggi.

Tabel 2.4 Kawat-Kawat untuk Beton Prategang

Diameter nominal (in.)	Kuat tarik minimum (psi)		Tegangan minimum pada ekstensi 1% (psi)	
	Tipe BA	Tipe WA	Tipe BA	Tipe WA
0,192		250.000		212.500
0,196	240.000	250.000	204.000	212.500
0,250	240.000	240.000	204.000	204.000
0,276	235.000	235.000	199.750	199.750

Sumber: Nawy, E.G (2001)

Tabel 2.5 *Strand* Standar untuk Beton Prategang

Diameter nominal <i>strand</i> (in.)	Kuat patah <i>strand</i> (min. lb)	Luas baja nominal <i>strand</i> (in. ²)	Berat nominal <i>strand</i> (lb/1000 ft)*	Beban minimum pada ekstensi 1% (lb)
MUTU 250				
1/4 (0,250)	9.000	0,036	122	7.650
5/16 (0,313)	14.500	0,058	197	12.300
3/8 (0,375)	20.000	0,080	272	17.000
7/16 (0,438)	27.000	0,108	367	23.000
1/2 (0,500)	36.000	0,144	490	30.600
3/5 (0,600)	54.000	0,216	737	45.900
MUTU 270				
3/8 (0,375)	23.000	0,085	290	19.550
7/16 (0,438)	31.000	0,115	390	26.350
1/2 (0,500)	41.300	0,153	520	35.100
3/5 (0,600)	58.600	0,217	740	49.800

*100.000 psi = 689,5 MPa

0,1 in = 2,54 mm, 1 in.² = 645 mm²

berat: kalikan dengan 1,49 untuk mendapatkan berat dalam kg per 1000 m.

1000 lb = 4448 N

Sumber: Nawy, E.G (2001)

Tabel 2.6 *Strand* 7 Kawat yang Dipadatkan untuk Beton Prategang

Diameter nominal <i>strand</i> (in.)	Kuat patah <i>strand</i> (min. lb.)*	Luas baja nominal <i>strand</i> (in. ²)	Berat nominal <i>strand</i> (/1000 ft-lb)*
1/2	47.000	0,174	600
0,6	67.440	0,256	873
0,7	85.430	0,346	1176

*1000 lb = 4448 N

Mutu 270: kuat ultimit $f_{pu} = 270.000$ psi (1862 MPa)

1 in. = 25,4 mm, 1 in.² = 645 mm²

Sumber: Nawy, E.G (2001)

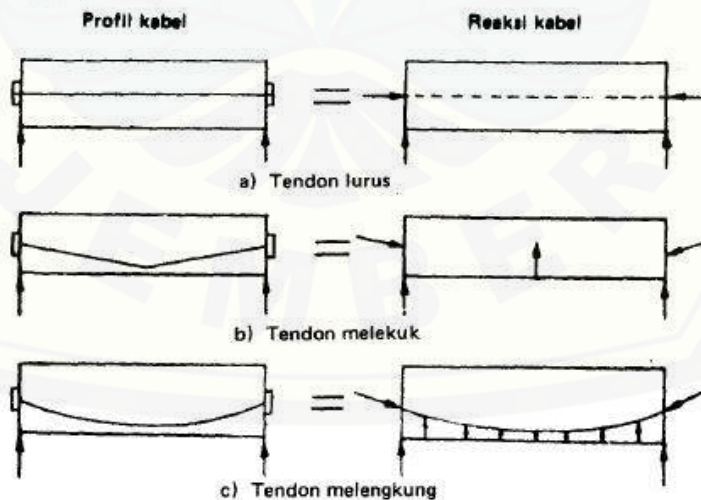
2.5.2 Profil Kabel

Pada suatu penampang tertentu suatu balok beton prategang, pengaruh kombinasi dari prategang dan beban luar yang diterapkan akan menghasilkan suatu

distribusi tegangan beton yang dapat digabungkan menjadi suatu gaya tunggal. Tempat kedudukan titik-titik tangkap gaya resultan ini pada suatu struktur disebut garis tekan atau garis desakan (Raju, 1989:51).

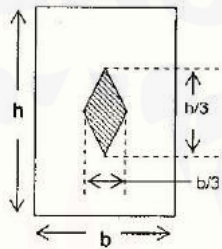
Dalam hal batang beton prategang, lokasi garis tekanan tergantung pada besar serta arah momen-momen yang diberikan pada prategang melintangnya dan besar serta distribusi tegangan yang disebabkan oleh gaya prategang. Adalah mungkin untuk memilih profil kabel pada batang beton prategang sedemikian rupa sehingga komponen transversal gaya kabel mengimbangi jenis beban luar tertentu.

Berbagai tipe reaksi kabel terhadap suatu batang beton tergantung pada bentuk profil kabel sebagaimana terlihat pada Gambar 2.11. Bagian kabel yang lurus tidak menimbulkan reaksi apapun kecuali pada ujung-ujungnya, sedangkan kabel yang melengkung menimbulkan beban terbagi rata. Sudut tajam pada suatu kabel menimbulkan beban terpusat. Konsep perimbangan beban berguna dalam pemilihan profil tendon yang dapat memberikan sistem gaya yang paling disukai pada beton (Raju, 1989:55). Pada umumnya persyaratan ini akan dipenuhi jika profil kabel pada suatu batang beton prategang sesuai dengan bentuk diagram momen lentur yang dihasilkan oleh beban luar.



Gambar 2.11 Reaksi kabel terhadap balok

Dalam menentukan letak kabel perlu diperhatikan daerah aman kabel agar kabel yang terpasang tidak menyebabkan terjadinya tegangan yang melebihi tegangan izin, baik tekan maupun tarik. *Central kern* merupakan daerah sepanjang balok prategang dimana gaya aksial tekan tidak akan menyebabkan tegangan tarik di serat atas maupun bawah. Hal ini dapat terjadi bila garis tekan bekerja pada k_t dan k_b dan kern bawah. Sedangkan *limit kern* adalah daerah sepanjang balok dimana gaya aksial tekan tidak akan menyebabkan tegangan yang melebihi tegangan izinnnya.



Gambar 2.12 *Central kern*

$$k_{t,b} = \pm I / (A_c \cdot y_{t,b}) \dots\dots\dots (33)$$

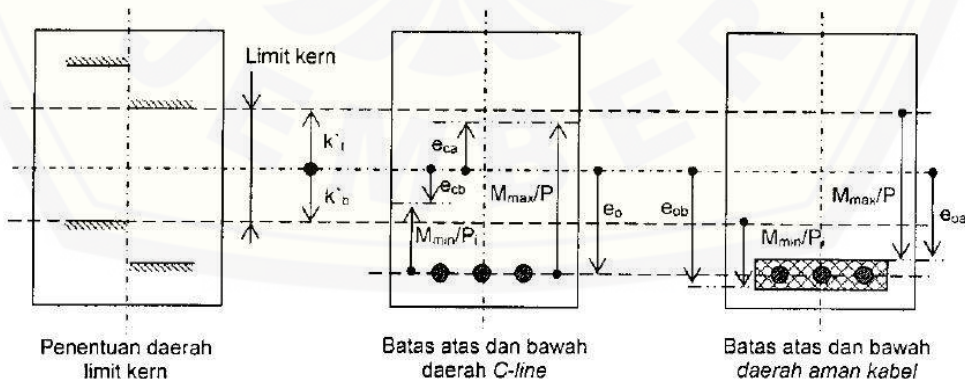
dengan,

$k_{t,b}$ = jarak dari pusat titik berat ke batas atas/bawah kern

I = momen inersia penampang

A_c = luas penampang beton

$y_{t,b}$ = jarak dari pusat titik berat ke serat atas/bawah



Gambar 2.13 *Limit kern* dan daerah aman kabel

Limit kern diperoleh dari pertidaksamaan tegangan

Dari Gambar 2.13 diperoleh nilai e_o berada pada:

$$k'_t + M_{max} / P \leq e_o \leq k'_b + M_{min} / P_i \dots\dots\dots (34)$$

sehingga daerah aman kabel pada serat atas dan bawah adalah sebagai berikut:

$$e_{oa} = k'_t + M_{max} / P \dots\dots\dots (35)$$

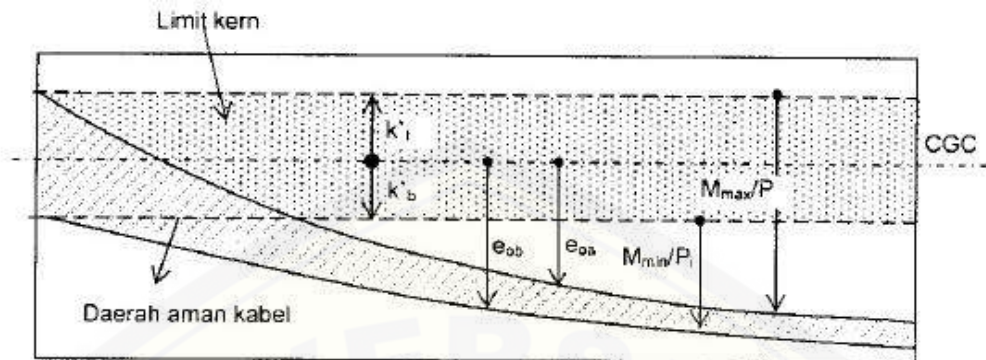
$$e_{ob} = k'_b + M_{min} / P_i \dots\dots\dots (36)$$

$$k'_t \left(\frac{\sigma_{ts}}{\sigma_g} + 1 \right) \dots\dots\dots (37)$$

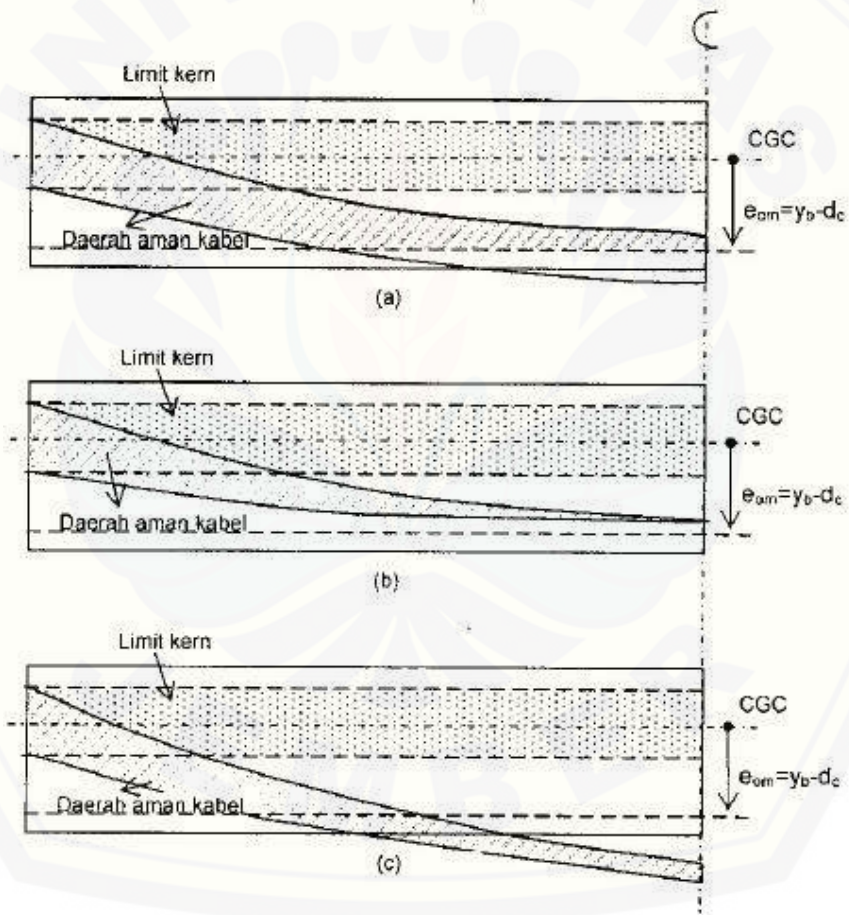
$$k'_b = \min \left\{ \begin{array}{l} k'_b \left(\frac{\sigma_{ti}}{\sigma_g} + 1 \right) \\ k'_t \left(\frac{\sigma_{ci}}{\sigma_g} + 1 \right) \end{array} \right. \dots\dots\dots (38)$$

dengan,

- k'_t = limit kern atas
- k'_b = limit kern bawah
- e_o = daerah aman kabel
- M_{max} = momen total maksimum yang bekerja pada kondisi akhir atau layan
- M_{min} = momen maksimum yang bekerja pada kondisi awal, biasanya momen akibat berat sendiri balok saat transfer
- σ_{cs} = tegangan tekan ijin kondisi layan
- σ_{ts} = tegangan tarik ijin kondisi layan
- σ_{ci} = tegangan tekan ijin kondisi transfer
- σ_{ti} = tegangan tarik ijin kondisi transfer
- P_i = gaya prategang awal
- P = gaya prategang setelah semua kehilangan / losses



Gambar 2.14 Hubungan antara *limit kern* dengan daerah aman kabel



Gambar 2.15 Bentuk tipikal daerah aman kabel

- a) Desain normal, b) Desain optimum (hanya ada satu solusi P dan e_o),
- c) Penampang tidak kuat (preliminary)

2.5.3 Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada tendon pada tahap-tahap pembebanan. Secara umum kehilangan gaya prategang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Kehilangan segera

Ini adalah kehilangan gaya prategang langsung atau segera setelah beton diberi gaya prategang. Kehilangan gaya prategang secara langsung ini disebabkan oleh:

a. Perpendekan elastis beton

1. Sistem Pra-Tarik

Kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis (*elastic shortening*) tergantung pada rasio antara modulus elastisitas beton dan tegangan beton dimana baja prategang terletak dan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$ES = \frac{E_s}{E_c} \cdot f_c' \dots\dots\dots (39)$$

dengan,

ES = kehilangan gaya prategang

f_c' = tegangan beton ditempat baja prategang.

E_s = modulus elastisitas baja prategang.

E_c = modulus elastisitas beton.

2. Pasca -Tarik

Pada metode *post tension* (pasca tarik) yang hanya menggunakan kabel tunggal tidak ada kehilangan prategang akibat perpendekan elastis beton, karena gaya prategang diukur setelah perpendekan elastis beton terjadi. Jika kabel prategang menggunakan lebih dari satu kabel, maka kehilangan gaya prategang ditentukan oleh kabel yang pertama ditarik dan memakai harga setengahnya untuk mendapatkan harga rata-rata semua kabel.

Kehilangan gaya prategang pada metode *post tension* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$ES = \frac{n \cdot Ti}{Ac} \dots\dots\dots (40)$$

dengan,

ES = kehilangan gaya prategang

Ti = gaya prategang awal

n = rasio modulus elastisitas (Es/Ec)

Es = modulus elastisitas kabel/baja prategang

Ec = modulus elastisitas beton

b. Kehilangan pada sistem angkur, antara lain akibat slip di angkur

Besarnya slip pada pengangkura ini tergantung pada tipe baji di pengangkuran dan tegangan pada tendon. Slip dipengangkuran besarnya rata-rata mencapai 2,5 mm. Besarnya perpanjangan total tendon:

$$\Delta L = \frac{f_{pi}}{Es} L$$

Kehilangan gaya prategang akibat slip:

$$ANC = \frac{S_{rata-rata}}{\Delta L} \times 100\% \dots\dots\dots (41)$$

dengan,

ANC = kehilangan gaya prategang akibat slip angkur

ΔL = deformasi pada angkur

f_{pi} = tegangan pada tendon

Es = modulus elastisitas tendon

L = panjang tendon

$S_{rata-rata}$ = harga rata-rata slip angkur

c. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Geseran Sepanjang Tendon

Pada struktur beton prategang dengan tendon yang dipasang melengkung ada gesekanantara sistem penarik (*jacking*) dan angkur, sehingga tegangan yang ada padatendon atau kabel prategang sehingga akan lebih kecil dari pada bacaan pada

alat baca tegangan (*pressure gauge*). Kehilangan prategang akibat gesekan pada tendon akan sangat dipengaruhi oleh :

- Pergerakan dari selongsong (*wobble*) kabel prategang, untuk itu dipergunakan koefisien *wobble* K .
- Kelengkungan tendon/kabel prategang, untuk itu digunakan koefisien geseran μ

Untuk tendon type 7 wire strand pada selongsong yang fleksibel, harga koefisien *wobble* $K = 0,0016 \sim 0.0066$ dan koefisien kelengkungan $\mu = 0,15-0,25$.

Kehilangan gaya prategang total sepanjang kabel akibat lenkungan kabel adalah :

dengan,

$$f_{pf} = f_i \cdot e^{-(\mu\alpha + KL)} \dots\dots\dots (42)$$

dengan,

- f_i = tegangan awal
- α = sudut pada tendon
- μ = koefisien geseran
- K = koefisien *wobble*
- L = panjang kabel prategang

2. Kehilangan jangka panjang

Ini adalah kehilangan gaya prategang akibat dari pengaruh waktu, yang mana hal ini disebabkan oleh:

- a. Rangkak (*creep*) dan Susut pada beton.

Untuk struktur dengan lekatan yang baik antara tendon dan beton (*bonded members*) kehilangan tegangan akibat rangkak dapat diperhitungkan dengan persamaan :

$$CR = K_{cr} \frac{E_s}{E_c} (f_{ci} - f_{cd}) \dots\dots\dots (43)$$

dengan,

CR = kehilangan prategang akibat creep (rangkak)

K_{cr} = koefisien rangkak, yang besarnya :

pratarik (*pre-tension*) = 2,0

pasca tarik (*post-tension*) = 1,6

E_s = modulus elastisitas baja prategang

E_c = modulus elastisitas beton

f_{ci} = tegangan beton pada posisi/level baja prategang sesaat setelah transfer gaya prategang.

f_{cd} = tegangan beton pada pusat berat tendon akibat *dead load* (beban mati).

Kehilangan tegangan akibat penyusutan beton dapat dihitung dengan persamaan:

$$SH = \epsilon_{sh} \cdot K_{sh} \cdot E_s \dots\dots\dots (44)$$

SH = Kehilangan tegangan pada tendon akibat penyusutan beton

E_s = Modulus elastisitas baja prategang

ϵ_{sh} = Susut efektif yang dapat dicari dari persamaan berikut ini :

$$\epsilon_{sh} = 8,2 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S} \right) (100 - RH)$$

V = Volume beton dari suatu komponen struktur beton prategang

S = Luas permukaan dari komponen struktur beton prategang

RH = Kelembaban udara relative

K_{sh} = Koefisien penyusutan, harganya ditentukan terhadap waktu antara akhir pengecoran dan saat pemberian gaya prategang, dan dapat dipergunakan angka-angka dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.7 Koefisien Susut

Selisih waktu antara pengecoran dan prategangan (hari)	1	3	5	7	10	20	30	60
K_{sh}	0,92	0,85	0,80	0,77	0,73	0,64	0,58	0,45

b. Relaksasi baja prategang.

Relaksasi baja prategang terjadi pada baja prategang dengan perpanjangan tetap selama suatu periode yang mengalami pengurangan gaya prategang. Pengurangan gaya prategang ini akan tergantung pada lamanya waktu berjalan dan rasio antara prategang awal (f_{pi}) dan prategang akhir (f_{py}). Besarnya kehilangan

tegangan pada baja prategang akibat relaksasi baja prategang dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$RE = C [K_{re} - J (SH + CR + ES)] \dots\dots\dots (45)$$

dengan,

RE = Kehilangan tegangan akibat relaksasi baja prategang

C = Faktor Relaksasi yang besarnya tergantung pada jenis kawat/baja prategang.

K_{re} = Koefisien relaksasi, harganya berkisar 41 ~ 138 N/mm²

J = Faktor waktu, harganya berkisar antara 0,05 ~ 0,15

SH = Kehilangan tegangan akibat penyusutan beton.

CR = Kehilangan tegangan akibat rangkai (*creep*) beton.

ES = Kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis.

2.6 Perencanaan Terhadap Geser

Sifat beton untuk menahan tarik lebih kecil kekuatannya dibandingkan tekan. Gaya geser dapat menimbulkan tegangan tarik utama di penampang kritis yang melebihi kuat tarik beton. Sehingga desain terhadap geser menjadi hal yang penting untuk semua jenis struktur beton.

Gaya tendon prategang mengurangi gaya geser akibat dari gaya transversal eksternal. Gaya tekan dari tendon akan mengurangi lentur tarik sehingga besarnya retak lentur pada struktur beton prategang berkurang. Untuk mendesain terhadap geser dengan metode rinci, perlu ditentukan apakah geser lentur atau geser badan menentukan pemilihan kuat geser beton V_c . V_c diambil nilai terkecil dari persamaan berikut.

a. Kondisi retak geser lentur

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c'}}{20} b_w d_p + V_d + \frac{V_i M_{cr}}{M_{max}} \leq \frac{\sqrt{f_c'}}{7} b_w d_p \dots\dots\dots (46)$$

$$M_{cr} = Z \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{2} + f_{pc} - f_d \right) \dots\dots\dots (47)$$

$$Z = \frac{I}{y_t} \dots\dots\dots (48)$$

dengan,

V_{ci} = Kuat geser beton pada kondisi retak geser lentur

b_w = lebar badan balok

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

V_d = gaya geser pada penampang akibat beban mati tidak terfaktor

V_i = gaya geser terfaktor pada penampang akibat beban luar yang terjadi bersamaan dengan M_{max}

M_{cr} = momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar

M_{max} = momen maksimum pada penampang akibat kombinasi beban

b. Kondisi retak geser bagian badan

$$V_{cw} = 0,3 (\sqrt{f_c'} + f_{pc}) b_w \cdot d_p + V_p \dots\dots\dots (49)$$

Gaya geser yang disumbangkan oleh tulangan geser, V_s , dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \dots\dots\dots (50)$$

Tahapan desain berikutnya adalah sebagai berikut:

1. Jika $\frac{V_u}{\phi} \leq \frac{1}{2} V_c$, maka tulangan sengkang tidak dibutuhkan
2. Jika $\frac{1}{2} V_c < \frac{V_u}{\phi} \leq V_c$, gunakan tulangan geser minimum
3. Jika $\frac{V_u}{\phi} > V_c$ dan $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c \leq \frac{2}{3} \sqrt{f_c'} b_w \cdot d_p$, rencanakan baja tulangan sengkang
4. Hitung tulangan minimum yang jaraknya adalah $s \leq 0,75 h$ atau 600 mm, diambil nilai terkecil

$$A_{v_{min}} = \frac{b_w \cdot s}{3f_y} \dots\dots\dots (51)$$

Jika $f_{pe} \geq 0,4 f_{pu}$, maka A_v diambil nilai terkecil dari:

$$A_v = \frac{A_{ps} \cdot f_{pu} \cdot s}{80 f_y \cdot d_p} \sqrt{\frac{d_p}{b_w}} \dots\dots\dots (52)$$

$$A_v = \frac{b_w \cdot s}{3f_y} \dots\dots\dots (53)$$

dengan,

A_v = luas penampang tulangan geser

d_p $\geq 0,8 h$

s = jarak tulangan geser

h = tinggi penampang

f_{pe} = gaya prategang efektif

5. Menghitung jarak sengkang

$$s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_p}{Vu / \phi} \leq 0,75 h \geq \frac{3 \cdot A_v \cdot f_y}{b_w \cdot s} \dots\dots\dots (54)$$

6. Jika $V_s > \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w \cdot d_p$, maka jarak sengkang diambil setengah dari jarak yang dibutuhkan pada langkah 5.

2.7 Lendutan

Adanya eksentrisitas pada kabel prategang, elemen balok prategang, biasanya melengkung ke atas pada saat momen luar yang bekerja masih kecil (Dirjen Bina Marga:2011,2-14). Defleksi ke atas ini disebut *camber*. Sebaliknya defleksi ke bawah pada balok akibat momen luar yang bekerja disebut lendutan. Perjanjian tanda untuk defleksi diatur sebagai berikut, tanda (+) untuk defleksi ke bawah / lendutan, dan tanda (-) untuk defleksi ke atas / *camber*.

Dalam perencanaan, besarnya defleksi harus diperiksa terhadap batas defleksi yang diijinkan. Ketentuan mengenai batasan defleksi pada balok jembatan dapat dilihat pada Tabel 2.8.


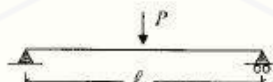
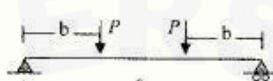
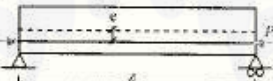
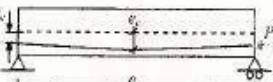
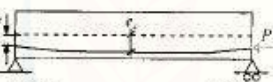
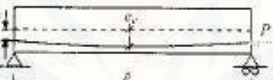
Tabel 2.8 Batasan Lendutan Pada Balok Jembatan

Jenis Elemen	Defleksi yang Ditinjau	Defleksi Maksimum yang Diijinkan	
		Beban Kendaraan	Beban Kendaraan + Pejalan Kaki
Bentang sederhana atau menerus	Defleksi seketika akibat beban hidup layan dan beban impak	1/800	1/1000
Kantilever		1/800	1/375

Sumber: *Bridge Management System*(1992)




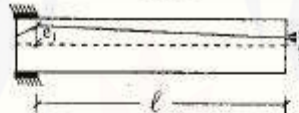
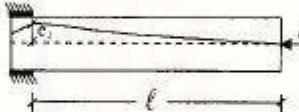

Untuk elemen beton prategang yang belum retak, defleksi dan *camber* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan elastis seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.9 dan Tabel 2.10.

Tabel 2.9 Defleksi Akibat Pembebanan dan Gaya Prategang Pada Balok Sederhana

Kondisi Pembebanan dan Profil Tendon	Defleksi di Tengah Bentang Δ
Beban Merata	 $\Delta = \frac{5}{384} \frac{w l^4}{EI}$
Beban Terpusat (1)	 $\Delta = \frac{1}{48} \frac{P l^3}{EI}$
Beban Terpusat (2)	 $\Delta = \frac{1}{24} \frac{P b (3 l^2 - 4 b^2)}{EI}$
Eksentrisitas Konstan	 $\Delta = \frac{1}{8} \frac{P e l^2}{EI}$
Titik Harping Tunggal	 $\Delta = \frac{2 e_c + e_e}{24} \frac{P l^2}{EI}$
Titik Harping Ganda	 $\Delta = \left[\frac{e_c}{8} - \frac{\beta^2}{6} (e_c - e_e) \right] \frac{P l^2}{EI}$
Profil Parabola	 $\Delta = \left[e_e + \frac{5}{6} (e_c - e_e) \right] \frac{P l^2}{8 EI}$

Sumber: Manual Perencanaan Beton Pratekan untuk Jembatan (2011)

Tabel 2.10 Defleksi Akibat Pembebanan dan Gaya Prategang Pada Balok Kantilever

Kondisi Pembebanan dan Profil Tendon		Defleksi di Tengah Bentang Δ
Beban Merata		$\Delta = \frac{1}{8} \frac{w \ell^4}{EI}$
Beban Terpusat		$\Delta = \frac{1}{3} \frac{P \ell^3}{EI}$
Beban Momen		$\Delta = \frac{1}{2} \frac{M \ell^2}{EI}$
Eksentrisitas gradual		$\Delta = -\frac{P \ell^2}{2EI} \left(e_1 + \frac{2(e_1 - e_2)}{3} \right)$
Eksentrisitas parabolik		$\Delta = -\frac{P e_1 \ell^2}{4EI}$
Eksentrisitas konstan		$\Delta = -\frac{P e_1 \ell^2}{4EI}$

Sumber: Manual Perencanaan Beton Pratekan untuk Jembatan (2011)

Pengaruh jangka panjang akibat rangkai dan susut pada estimasi *camber* dan lendutan dapat diperhitungkan dengan menerapkan faktor pengali berikut.

Tabel 2.11 Faktor Pengali untuk Perhitungan *Camber* dan Defleksi Jangka Panjang

	Tanpa Topping Komposit	Dengan Topping Komposit
Pada Tahapan Ereksi		
(1) Komponen defleksi - diberlakukan pada defleksi elastik akibat berat sendiri.	1,85	1,85
(2) Komponen <i>camber</i> - diberlakukan pada <i>camber</i> elastik akibat prategang.	1,80	1,80
Pada Tahapan Akhir		
(3) Komponen defleksi - diberlakukan pada defleksi elastik akibat berat sendiri.	2,70	2,40
(4) Komponen <i>camber</i> - diberlakukan pada defleksi <i>camber</i> elastik akibat prategang.	2,45	2,20
(5) Defleksi - diberlakukan pada defleksi elastik akibat beban mati tambahan.	3,00	3,00
(6) Defleksi - diberlakukan pada defleksi elastik yang disebabkan topping komposit.	-	2,30

Sumber: Manual Perencanaan Beton Pratekan untuk Jembatan (2011)

Untuk penampang yang retak, penggunaan momen inersia dalam perhitungan defleksi akan menghasilkan nilai defleksi yang lebih kecil dari seharusnya. Sehingga untuk menghitung defleksi pada penampang retak adalah dengan menggunakan konsep momen inersia efektif yang merupakan nilai inersia rata-rata di sepanjang bentang balok (Dirjen Bina Marga:2011,2-17).

BAB 3. METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian kegiatan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap awal ini disusun hal-hal yang penting yang harus segera dilakukan dengan tujuan untuk mengefektifkan waktu dan pekerjaan. Tahap persiapan ini meliputi kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan informasi terkait jembatan yang akan direncanakan.
- b. Studi pustaka terhadap materi desain untuk menentukan garis besarnya.
- c. Menentukan kebutuhan data.
- d. Pengumpulan data.
- e. Pembuatan proposal penyusunan tugas akhir.
- f. Perencanaan jadwal pembuatan desain.

3.2 Pengumpulan Data dan Studi Literatur

Pengumpulan data merupakan sarana pokok untuk menemukan penyelesaian suatu masalah secara ilmiah. Data yang diperlukan dalam perencanaan ini berupa data sekunder.

Data sekunder tersebut diperoleh melalui studi literatur. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengumpulan data adalah :

- a. Jenis data dan tempat diperolehnya data.
- b. Jumlah data yang harus dikumpulkan agar diperoleh data yang memadai (cukup, seimbang dan tepat/akurat).

3.3 Preliminary Design

Pada tahap ini dilakukan penentuan bentuk, dimensi, material untuk struktur sekunder maupun struktur utama. Profil girder jembatan dipilih girder pracetak sesuai dengan tabel WIKA Beton. Sistem prategangan digunakan sistem *post-tension*.

Pemilihan tendon baja didasarkan pada ketersediaan bahan dipasaran. Untuk mutu bahan ditetapkan sedemikian rupa sesuai dengan yang umum dipasaran.

3.4 Perhitungan Struktur Sekunder

Perhitungan struktur sekunder ini meliputi perencanaan sandaran dan tiang sandaran. Perhitungan ini dilakukan untuk memperoleh desain yang sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga struktur sekunder tetap aman.

3.5 Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan

Perencanaan pelat lantai kendaraan meliputi penentuan tebal pelat dan rencana penulangan pelat lantai. Perencanaan ini dilakukan sesuai dengan tahapan dan teori pada Bab 2.

3.6 Perhitungan Pembebanan Jembatan

Setelah ditetapkan ukuran dan bentuk penampang, maka tahap selanjutnya adalah perhitungan pembebanan. Perhitungan pembebanan meliputi berat sendiri girder atau beban mati, beban mati tambahan, beban lalu lintas, dan aksi lingkungan berdasarkan standar pembebanan RSNI T-02-2005 yang telah dijabarkan dalam Bab 2.

3.7 Analisa Struktur Jembatan

Analisa struktur jembatan dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang bekerja yaitu momen lentur dan geser yang ditimbulkan akibat beban yang bekerja. Gaya-gaya dalam yang bekerja kemudian digambarkan dalam bentuk diagram untuk mempermudah perhitungan selanjutnya.

3.8 Analisa Penampang

Analisa penampang dilakukan untuk mengetahui tegangan kerja yang dialami suatu penampang girder akibat gaya prategang dan beban kerja. Kemudian tegangan penampang tersebut dikontrol terhadap tegangan ijin yang telah ditetapkan dalam peraturan untuk memperoleh penampang girder yang aman dan kuat menahan beban.

3.9 Perhitungan Kehilangan Gaya Prategang

Kehilangan gaya prategang diperhitungkan berdasarkan teori pada Bab 2. Besarnya kehilangan harus dikontrol terhadap standar agar diperoleh desain jembatan yang aman.

3.10 Perencanaan Terhadap Geser

Selain didesain terhadap lentur, balok beton pratekan juga perlu didesain terhadap pengaruh geser. Perhitungan perencanaan geser dihitung berdasarkan teori pada Bab 2.

3.11 Perhitungan Lendutan

Perhitungan lendutan dihitung berdasarkan beban kerja dan gaya prategang. Untuk memperoleh desain jembatan yang aman dan nyaman, lendutan yang terjadi harus dikontrol terhadap lendutan ijin yang telah disyaratkan dalam peraturan.

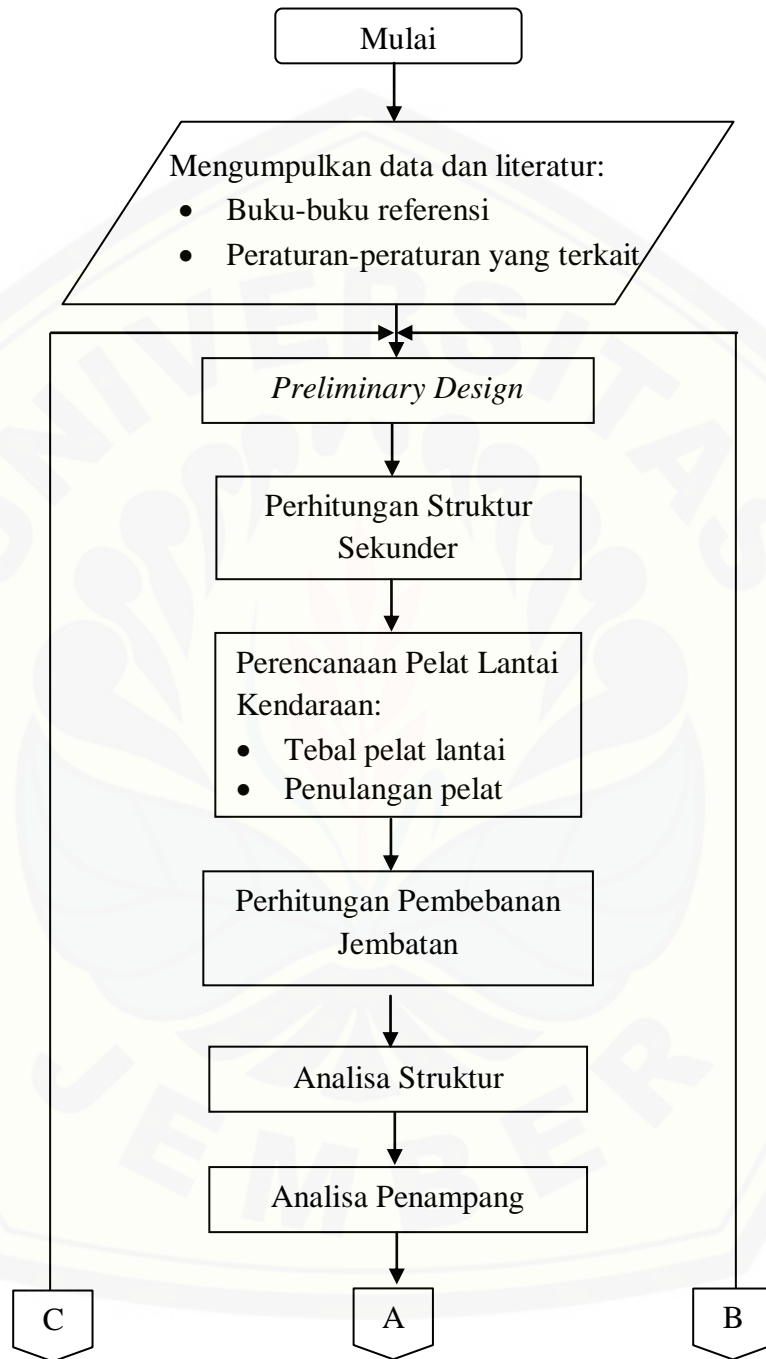
3.12 Penggambaran Detail Elemen Jembatan

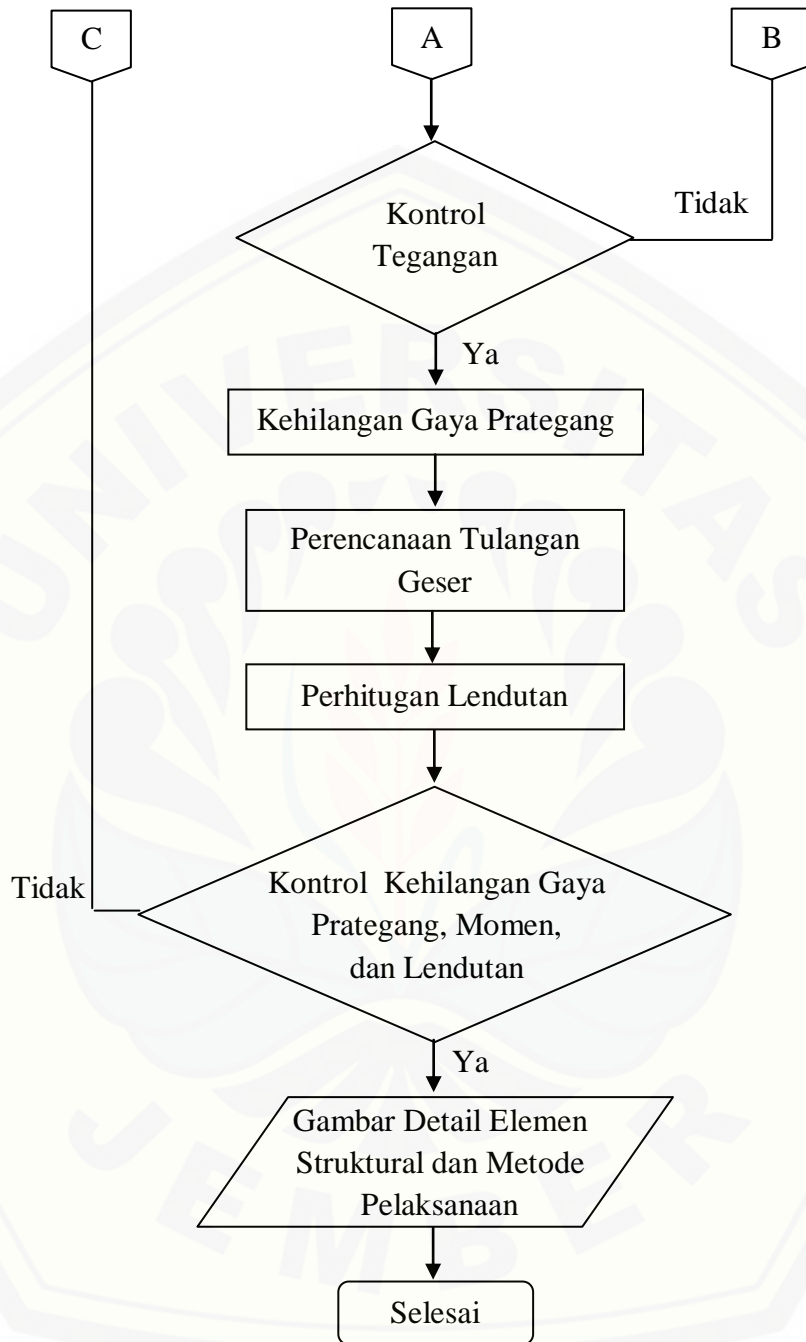
Setelah semua perhitungan dan kontrol desain selesai, maka desain yang telah direncanakan tersebut digambarkan dalam bentuk gambar detail untuk memudahkan dalam pembacaan informasi terkait desain jembatan.

3.13 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan yang dimaksud adalah metode pelaksanaan ereksi girder pratekan. Metode pelaksanaan dibahas secara umum

3.14 Diagram Alir





Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

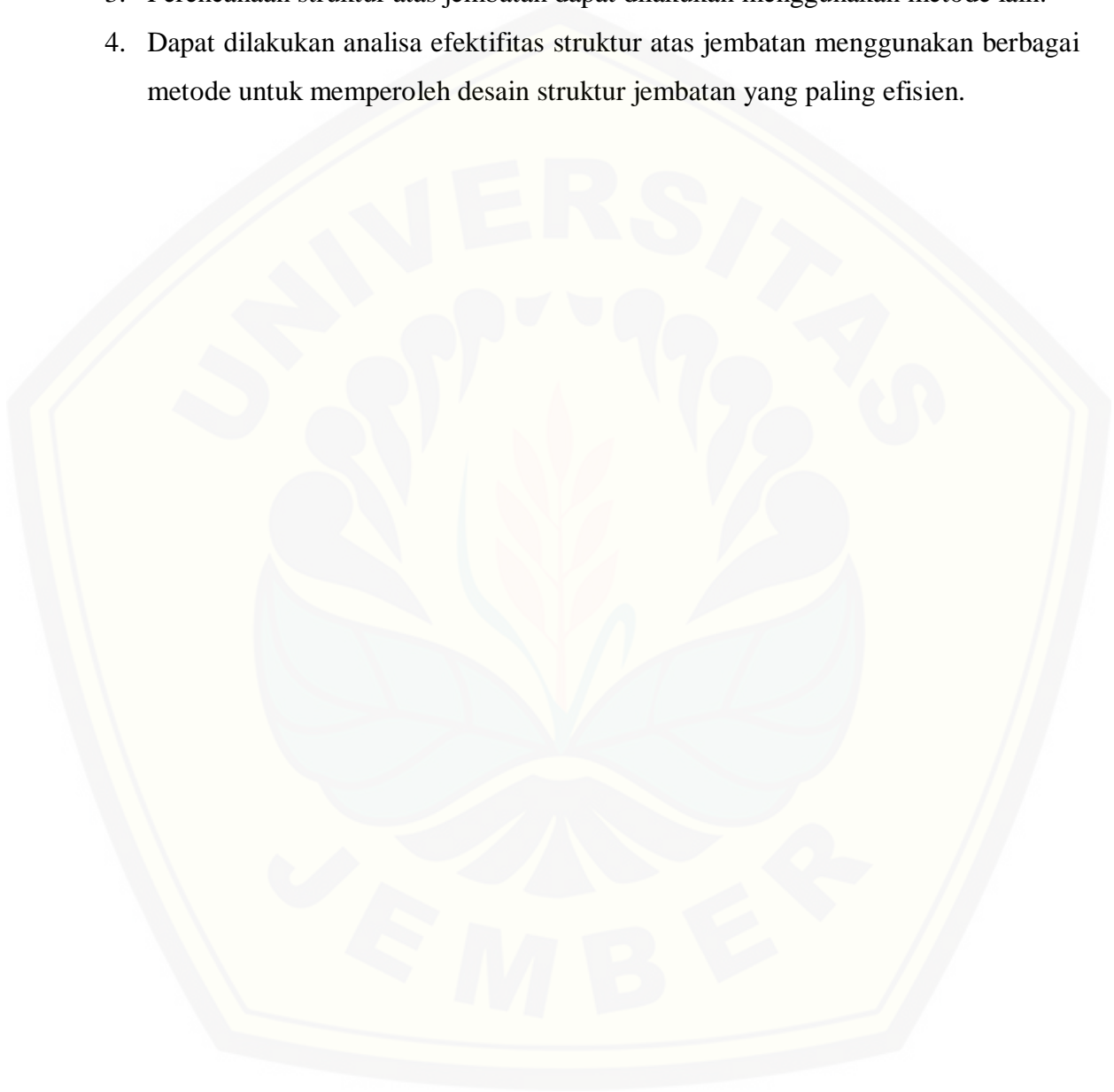
Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh desain jembatan sebagai berikut:

1. Panjang total jembatan 70 m dibagi menjadi dua bentang masing-masing 35 m dengan lebar total 10 m.
2. Gelagar utama menggunakan *Precast Concrete I* (PCI) Girder H210 dengan bentang 35 m dari PT.Wika Beton. Gelagar utama direncanakan sebanyak 4 buah yang dipasang dengan jarak 2,3 m.
3. Sandaran terdiri atas dua buah pipa sandaran dengan bahan pipa baja galvanis $\varnothing 76,3$ mm BJ-37, tiang sandaran dengan profil baja H setinggi 500 mm, dan dinding sandaran beton bertulang dengan tebal 25 cm setinggi 500 mm.
4. Pelat lantai kendaraan dan trotoar menggunakan beton bertulang dengan tebal 22 cm.
5. Diafragma menggunakan beton bertulang dengan ukuran 30 x 128 cm.
6. Gelagar utama merupakan beton pratekan dengan $P_i = 5500$ kN dan *7-wire strand super grade* sebanyak 38 buah yang disebar dalam 4 tendon.
7. Kehilangan gaya prategang yang terjadi adalah 13,43%.
8. Lendutan total yang terjadi adalah 2,7 mm ↓.
9. Tumpuan menggunakan elastomer laminasi dari *Freyssinet* dengan ukuran 400x500 sebanyak 5 lapis.
10. Sambungan pelat menerus menggunakan tulangan pokok D22-60 dan tulangan bagi D22-120.
11. Metode ereksi girder menggunakan bantuan alat *launcher*.

5.2 Saran

1. Hasil perencanaan ini dapat dijadikan salah satu alternatif desain jembatan baru Kali Manyar, Kabupaten Gresik.

2. Untuk perencanaan berikutnya dapat dilakukan perencanaan struktur bawah jembatan.
3. Perencanaan struktur atas jembatan dapat dilakukan menggunakan metode lain.
4. Dapat dilakukan analisa efektifitas struktur atas jembatan menggunakan berbagai metode untuk memperoleh desain struktur jembatan yang paling efisien.



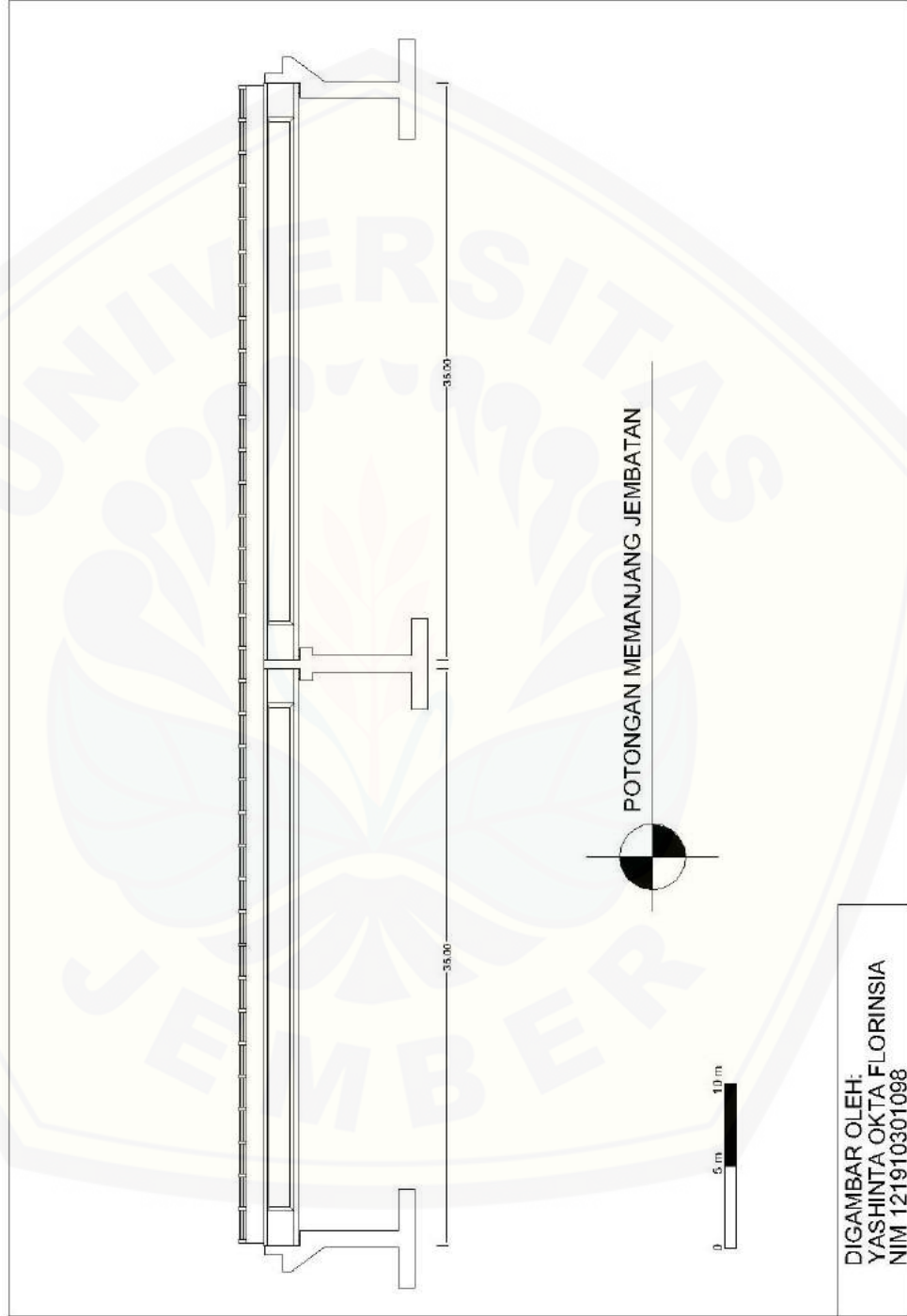
DAFTAR PUSTAKA

- Aris, Azhar. 2012. "Analisis Dampak Sosial Ekonomi Pengguna Jalan Akibat Kemacetan Lalu Lintas (Studi Kasus Area Universitas Brawijaya Malang)". Tidak Diterbitkan. Jurnal Ilmiah. Malang: Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Brawijaya.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *RSNI-T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *RSNI-T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Barnadib, Z. & G. Agung, R. 2005. *Perencanaan Jembatan Logung Ruas Jalan Kudus-Pati KM.SMG 59.580*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Chilmi, A.F. 2010. "Perencanaan Jembatan Pratekan Pada Simpang Susun Akses Tol Surabaya-Mojokerto di Sisi Mojokerto dengan Balok Menerus I Girder". Tidak Diterbitkan. Makalah. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Direktoral Jenderal Bina Marga. 1992. *Bridge Management System*. Jakarta: Direktoral Jenderal Bina Marga.
- Direktoral Jenderal Bina Marga. 2011. *Manual Perencanaan Beton Pratekan untuk Jembatan*. Jakarta: Direktoral Jenderal Bina Marga.
- Dirjen Perhubungan Darat. 2013. *Profil dan Kinerja Perhubungan Darat Propinsi Jawa Timur*.
- Hardiyono, S., Soebandono, B., Hakim, L. 2013. Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong Yogyakarta dengan Menggunakan Box Girder. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 16:10-20.

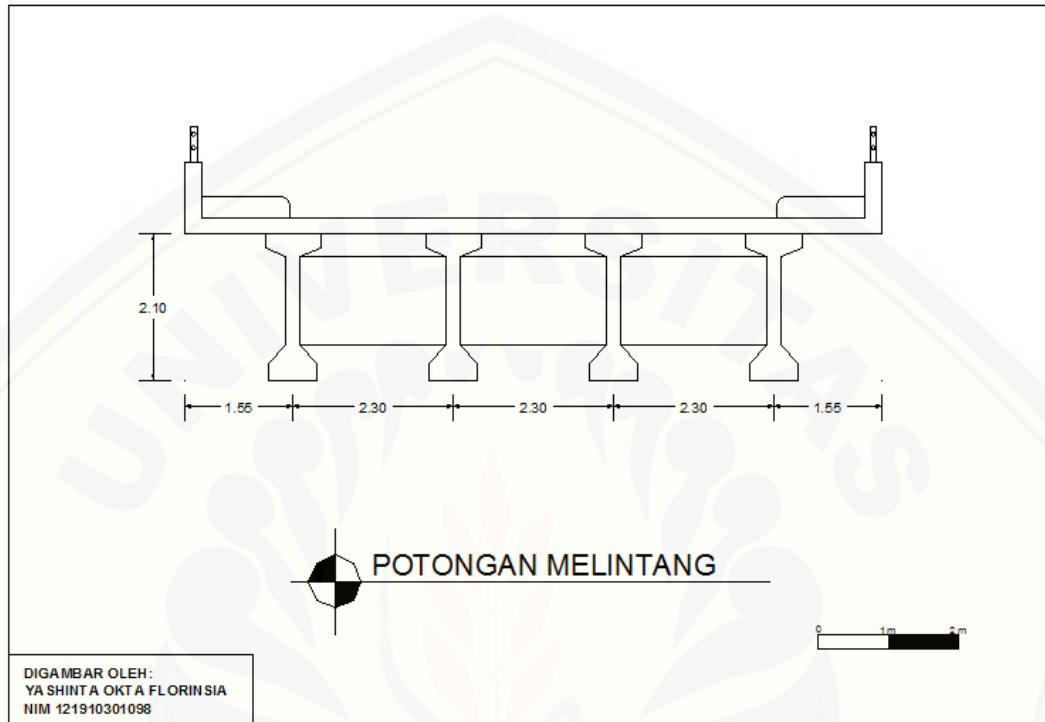
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2011. *Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Lin, T.Y., dan Burns, N.H. 1993. *Desain Struktur Beton Prategang Jilid 1*. Terjemahan Oleh Daniel Indrawan. Jakarta: Erlangga.
- Nawy, E.G. 2001. *Beton Prategang: Suatu Pendekatan Mendasar Jilid 1 Edisi III*. Terjemahan Oleh Bambang Suryoatmono. Jakarta: Erlangga.
- Puspitasari, N.D. 2011. "Perencanaan Jembatan Palu IV dengan Konstruksi Box Girder Segmental Metode Pratekan Statis Tak Tentu". Tidak Diterbitkan. Makalah. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Raju, Khrisna. 1989. *Beton Prategang Edisi Kedua*. Terjemahan Oleh Penerbit Erlangga. Jakarta: Erlangga
- Santoso, Idwan. 1997. *Manajemen Lalu Lintas Perkotaan*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Supriyadi, B., dan Muntohar, A.S. 2007. *Jembatan Edisi Pertama Cetakan IV*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wicaksono, N. 2007. *Perencanaan Flyover atingaleh Jalan Setia Budi – Teuku Umar Semarang*. Semarang: Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

LAMPIRAN A. LAYOUT JEMBATAN

A.1 Potongan Memanjang Jembatan



A.2 Potongan Melintang Jembatan

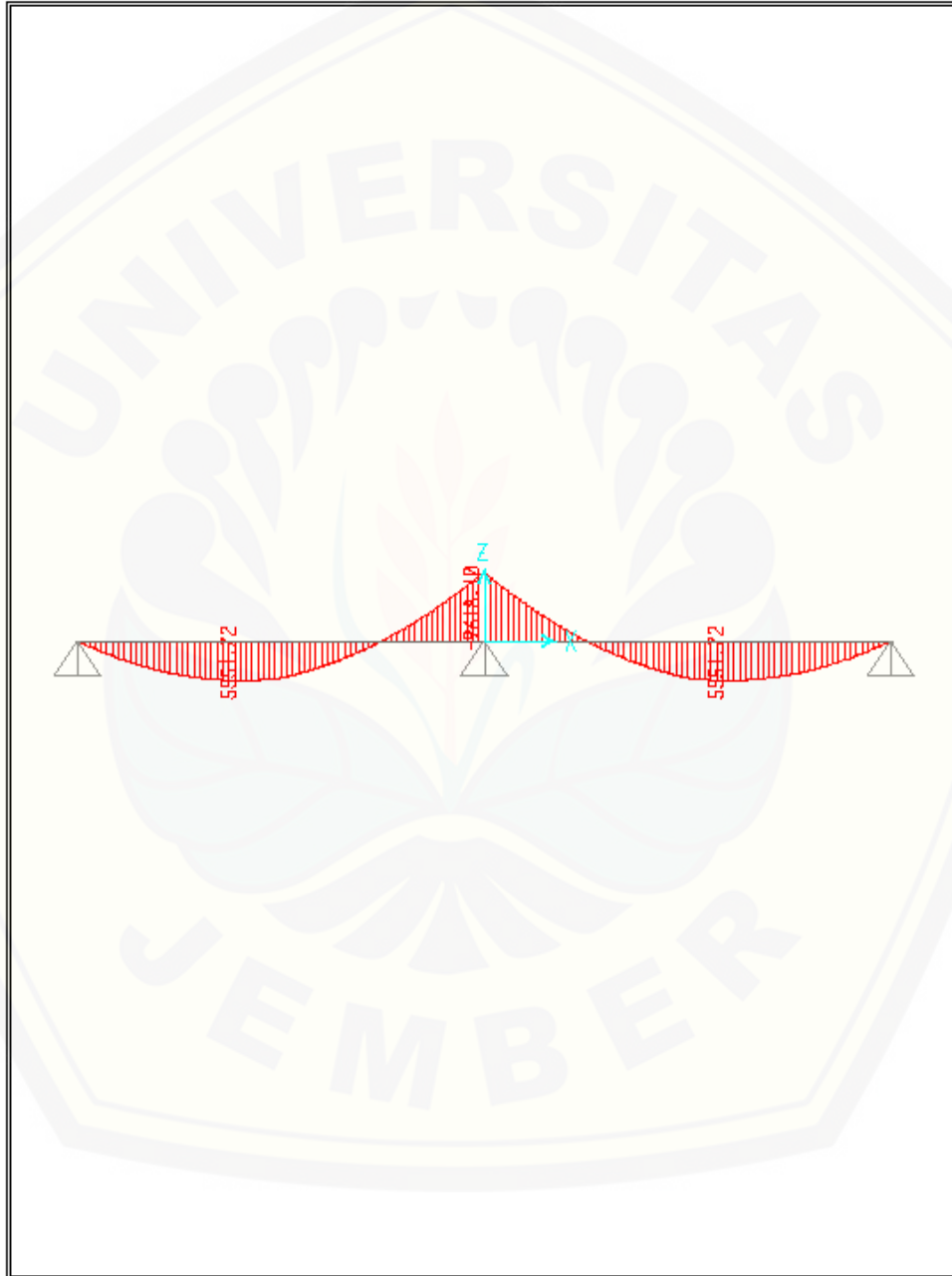


LAMPIRAN B. GAYA DALAM

B.1 Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 1

SAP2000

5/1/16 16:53:43

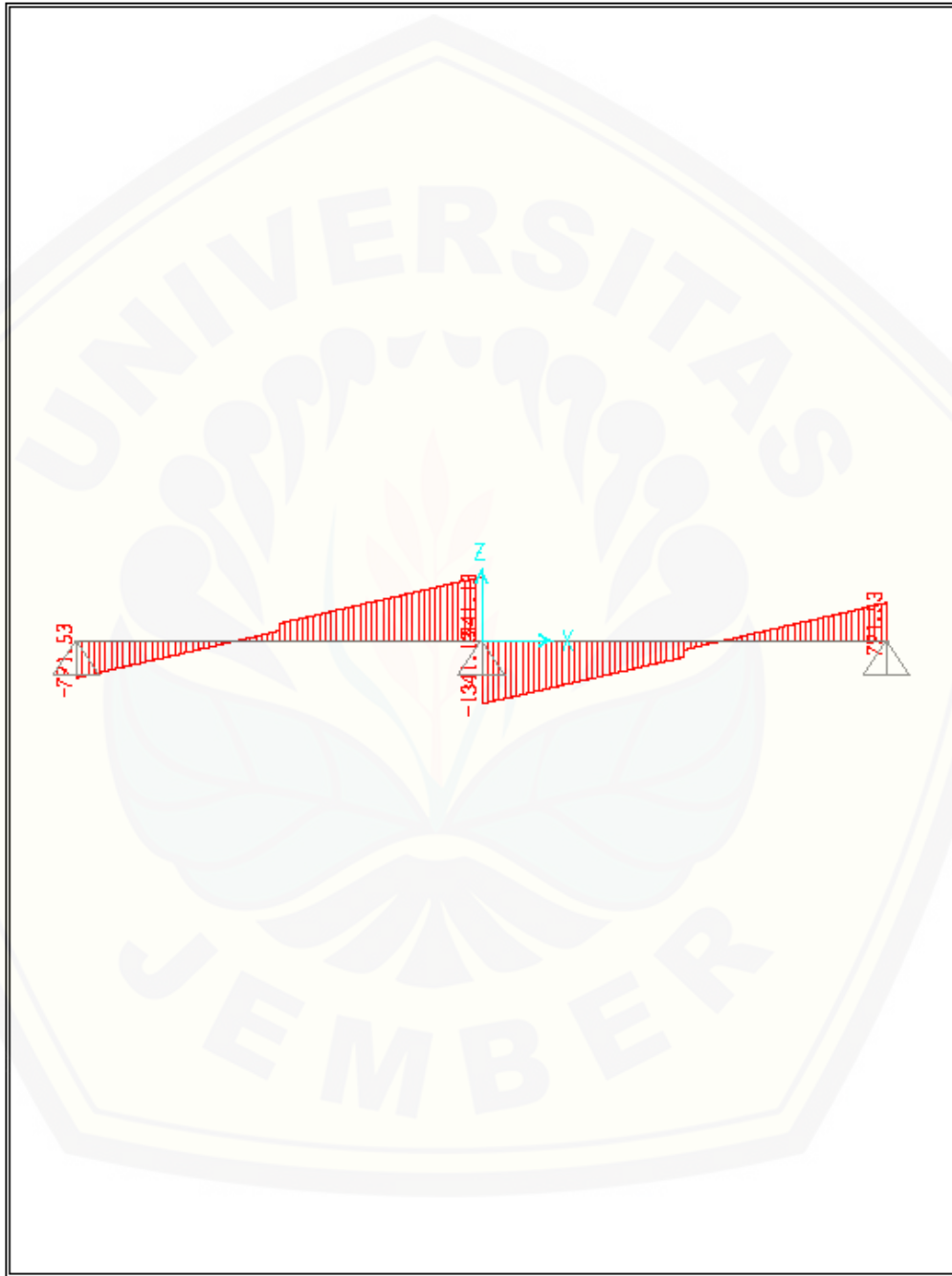


SAP2000 v14.0.0 - File:1 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.2 Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 1

SAP2000

5/1/18 16:53:54

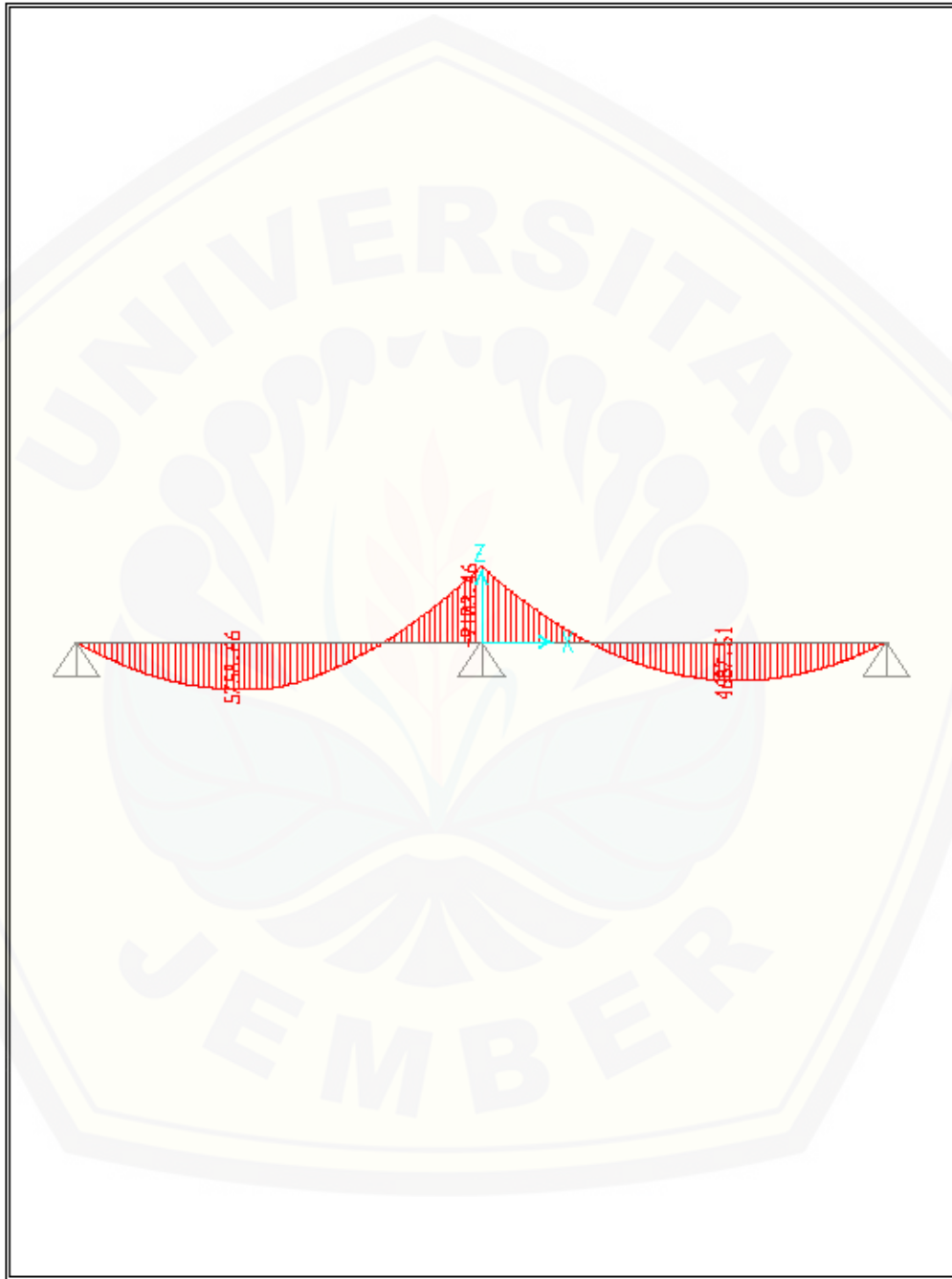


SAP2000 v14.0.0 - File:1 - Shear Force 2-2 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.3 Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 2

SAP2000

5/1/18 16:55:39

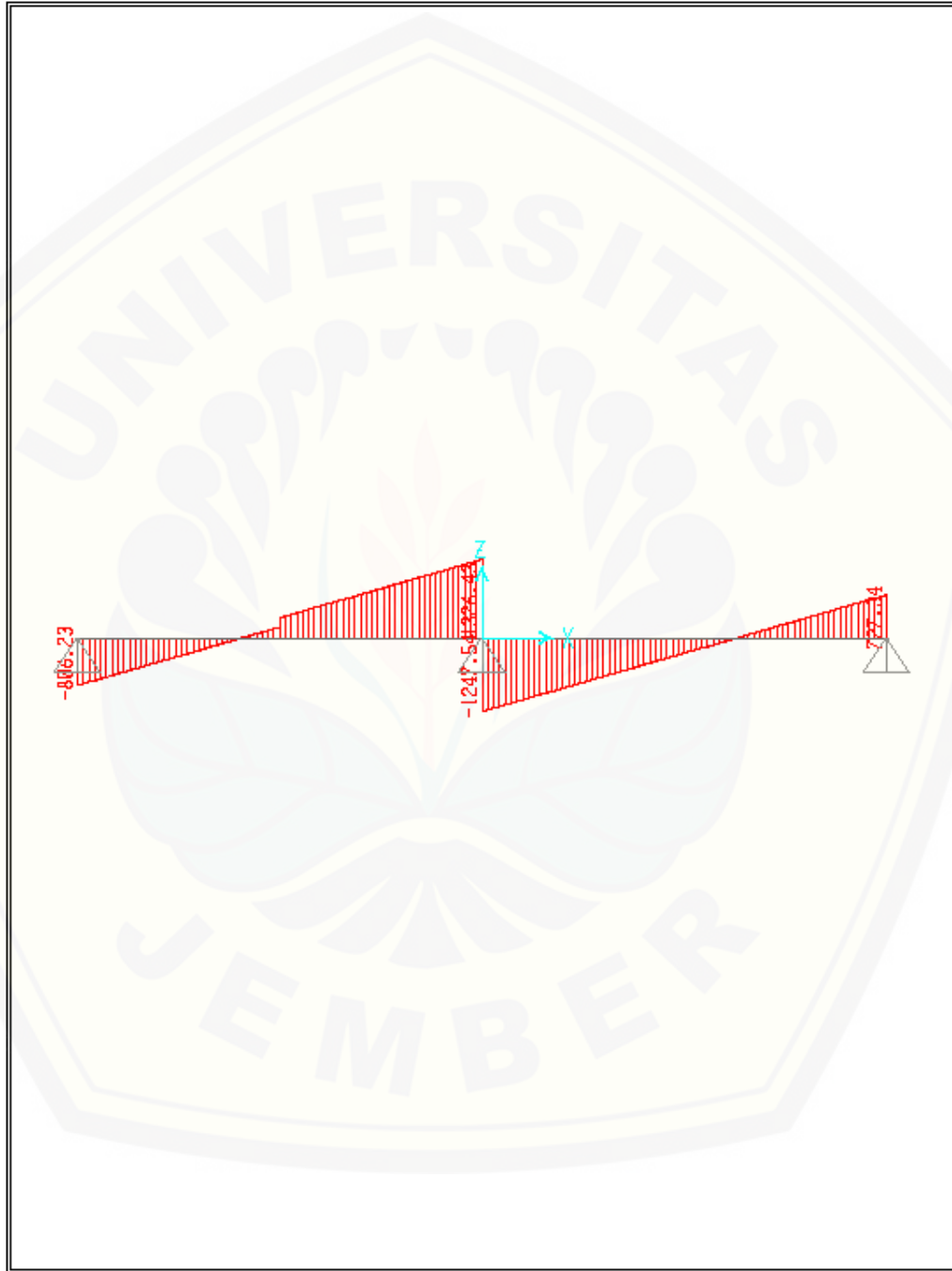


SAP2000 v14.0.0 - File:2 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.4 Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 2

SAP2000

5/1/18 16:55:22

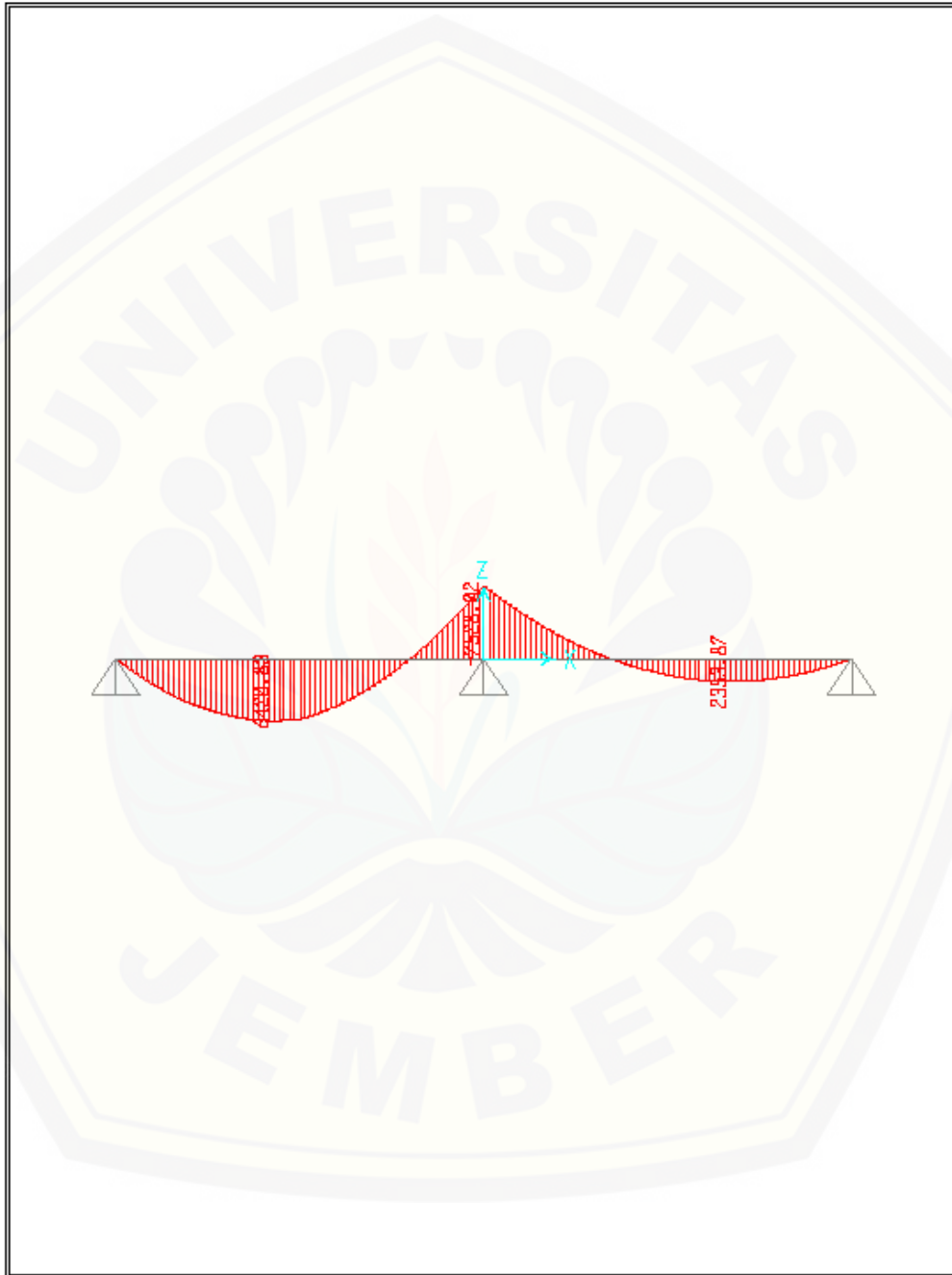


SAP2000 v14.0.0 - File:2 - Shear Force 2-2 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.5 Momen Akibat Konfigurasi Beban Hidup 3

SAP2000

5/1/16 16:58:18

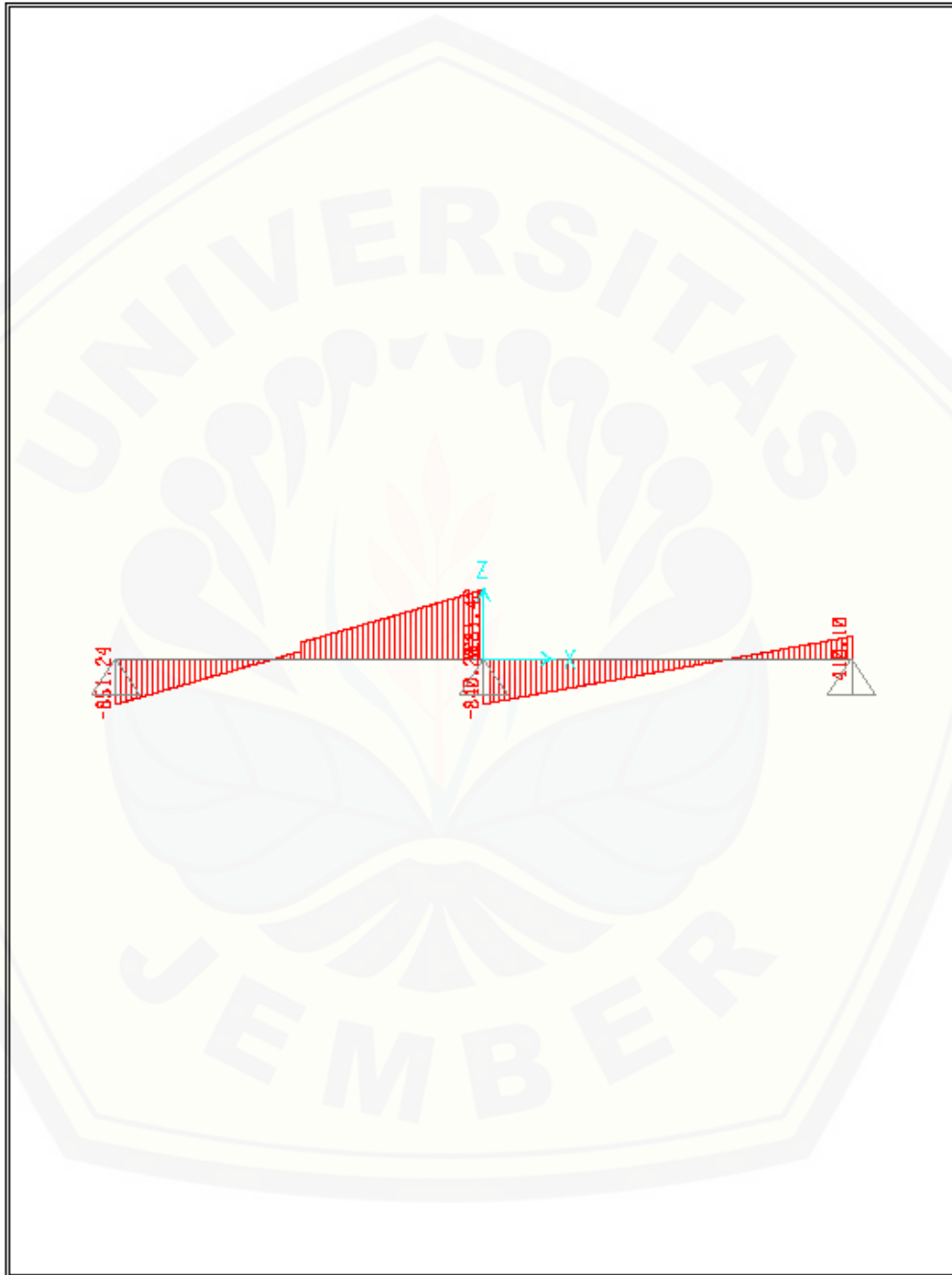


SAP2000 v14.0.0 - File:4 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.6 Gaya Geser Akibat Konfigurasi Beban Hidup 3

SAP2000

5/1/16 16:58:29

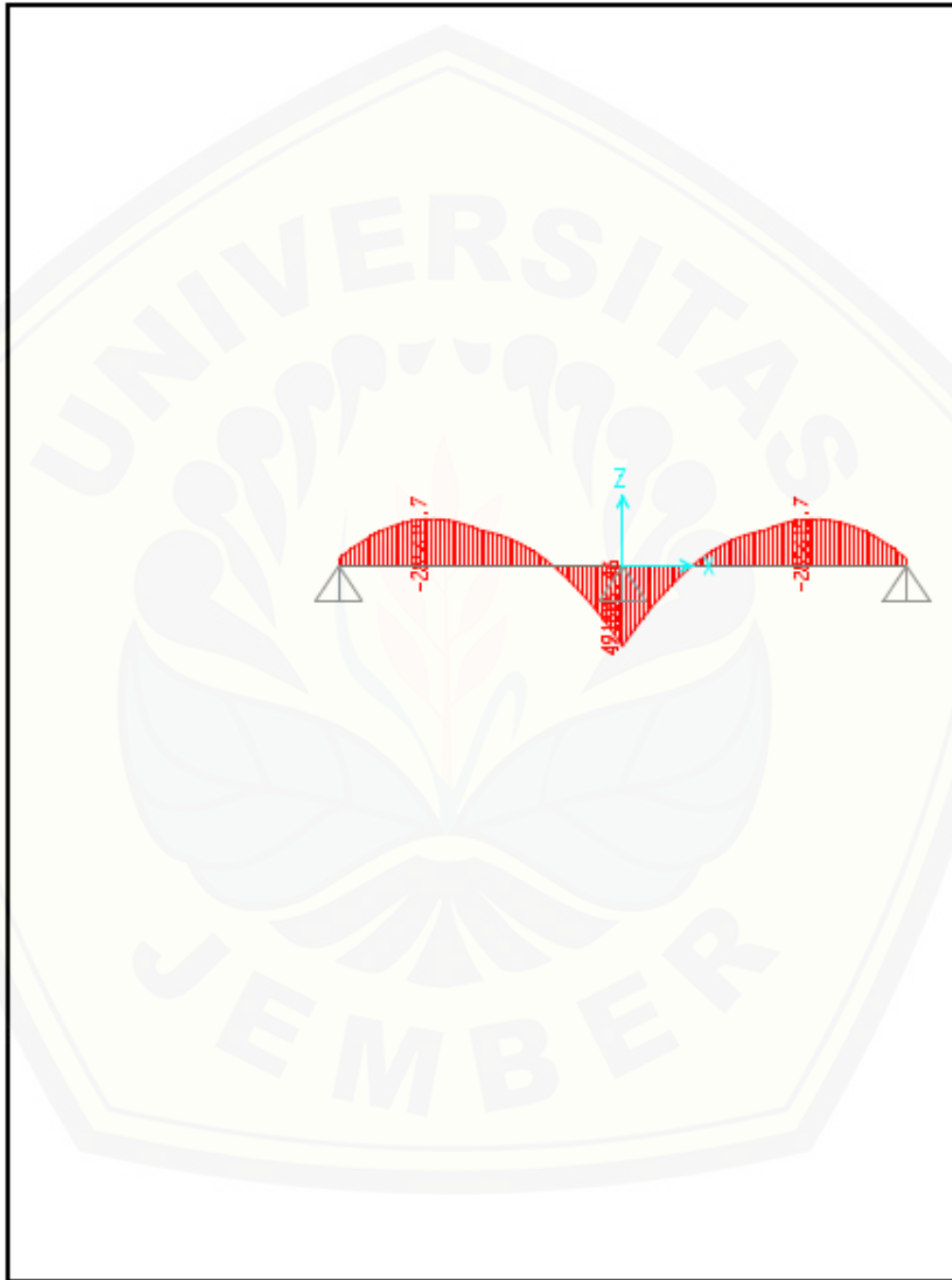


SAP2000 v14.0.0 - File:4 - Shear Force 2-2 Diagram (G+D+L) - KN, m, C Units

B.7 Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban 1

SAP2000

6/8/16 10:59:37

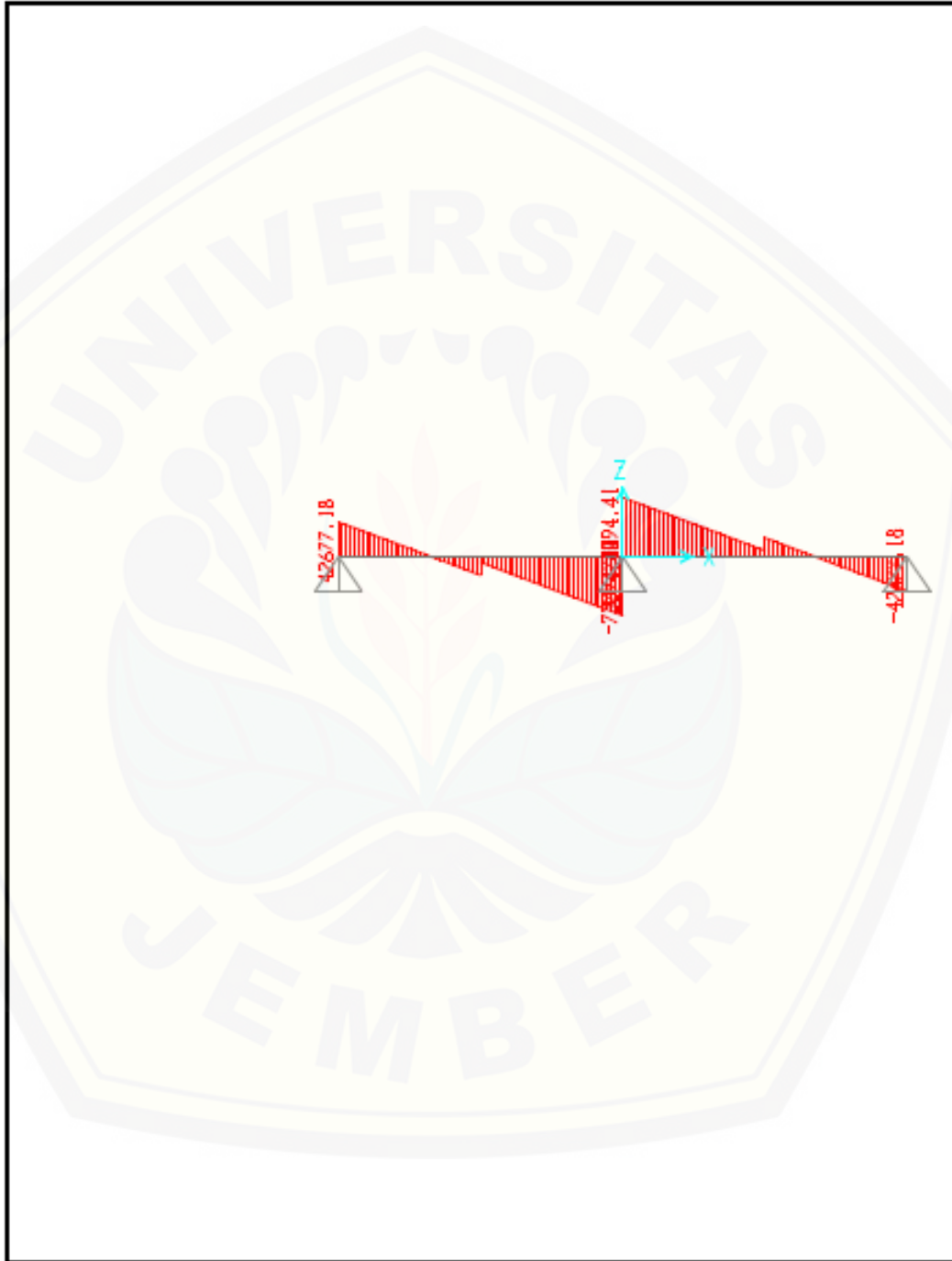


SAP2000 v14.0.0 - File:1 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L+P) - Kg, m, C Units

B.8 Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban Hidup 1

SAP2000

6/8/16 11:06:29

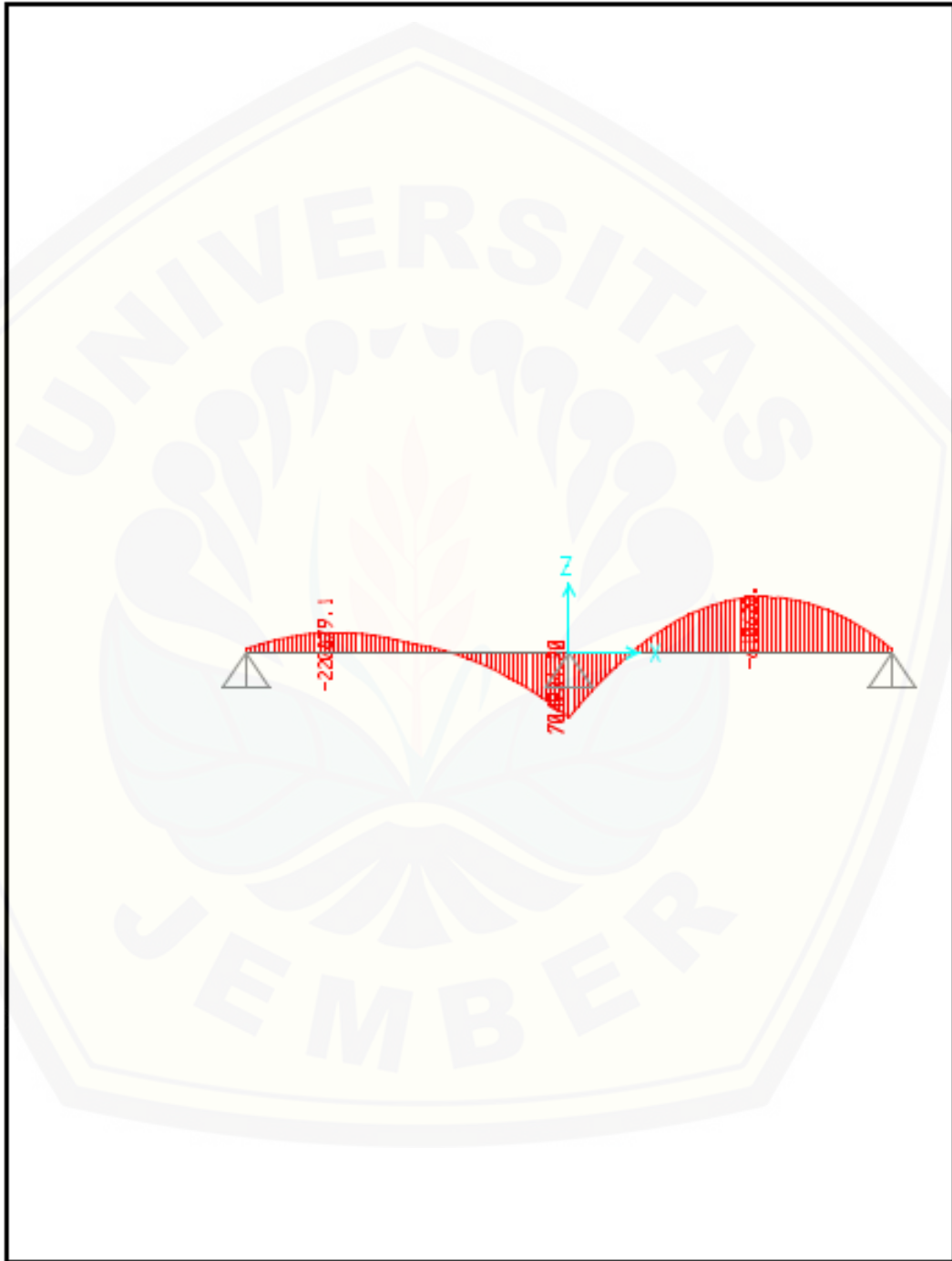


SAP2000 v14.0.0 - File:1 - Shear Force 2-2 Diagram (G+D+L+P) - Kgf, m, C Units

B.9 Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban Hidup 2

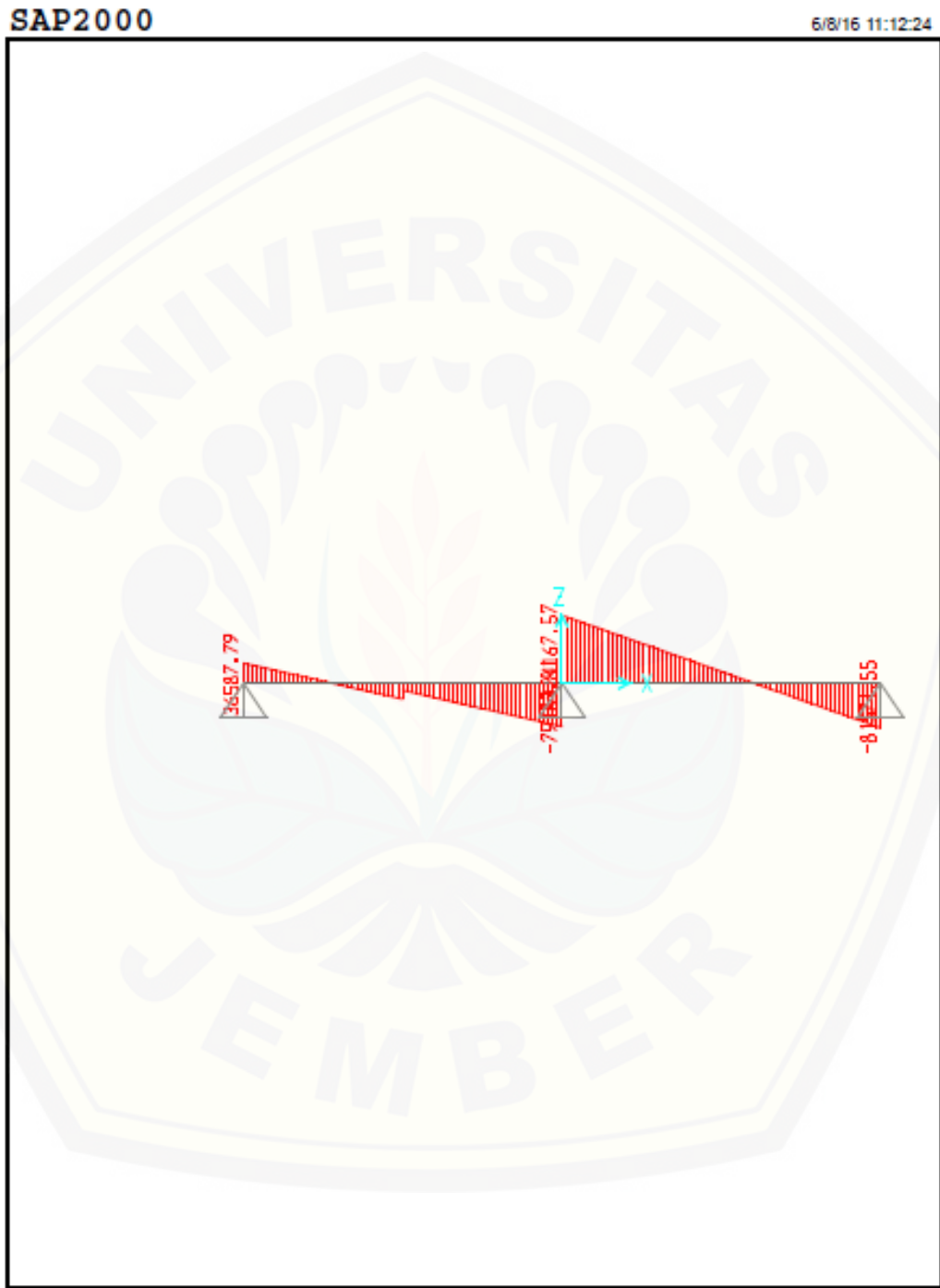
SAP2000

6/8/16 11:09:57

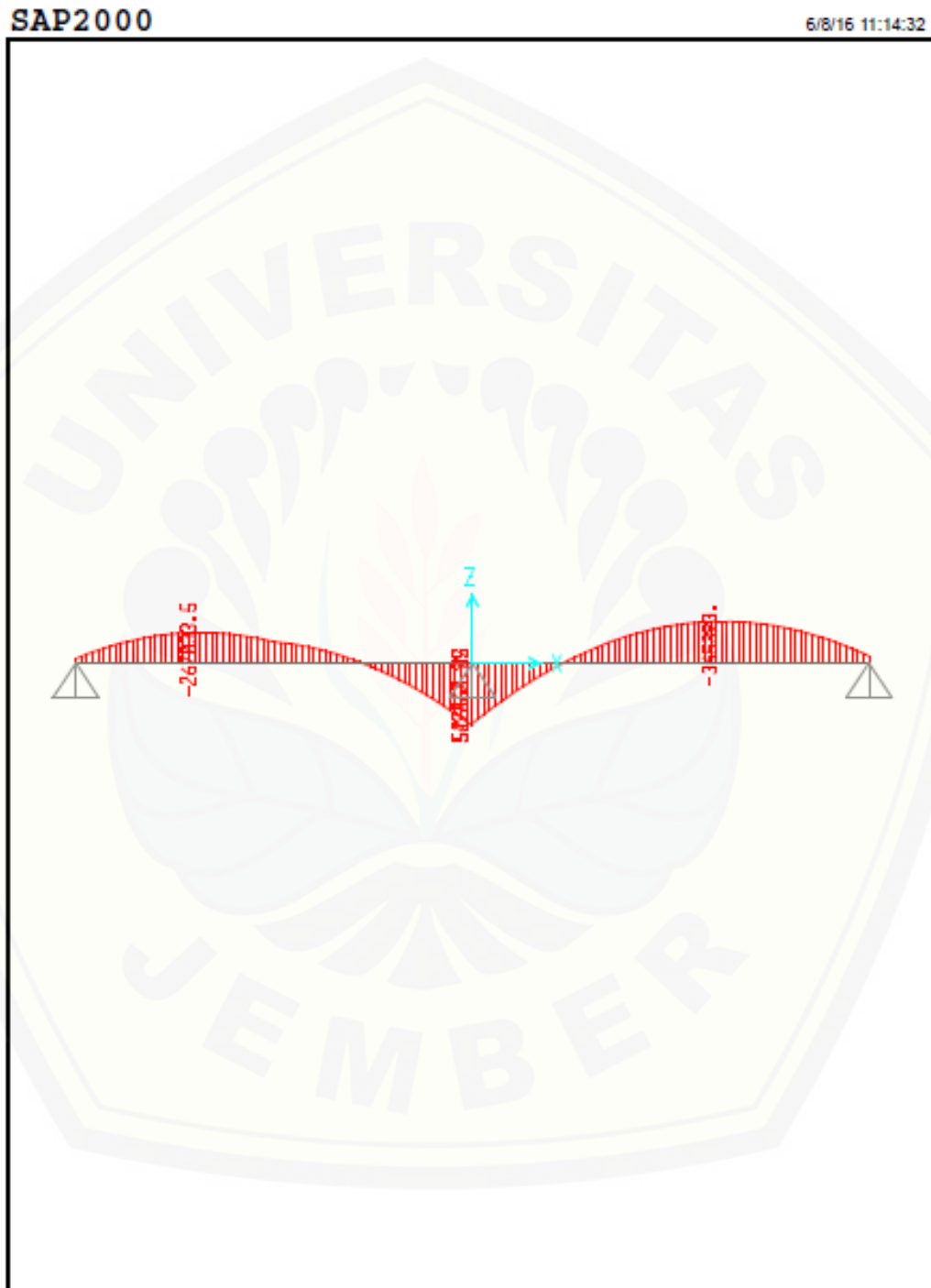


SAP2000 v14.0.0 - File:4 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L+P) - Kgf, m, C Units

B.10 Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban Hidup 2

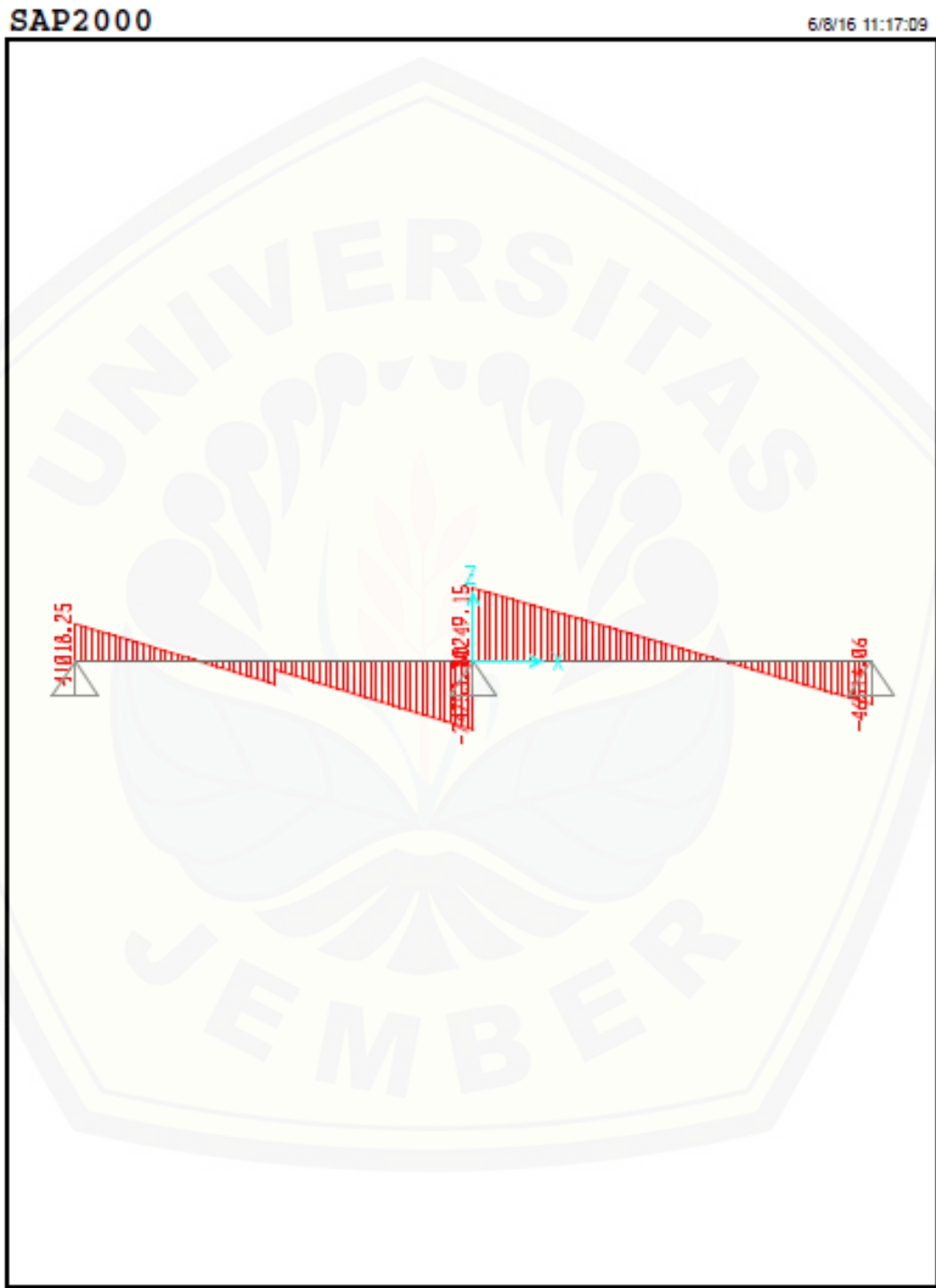


B.11 Momen Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban Hidup 3



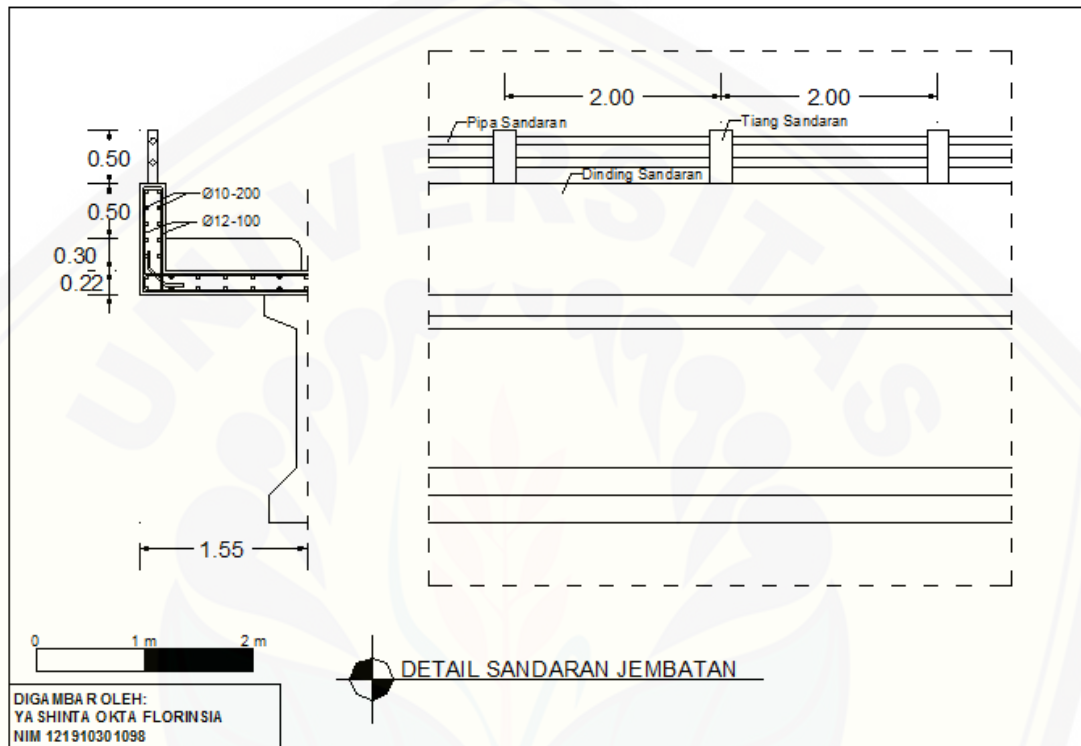
SAP2000 v14.0.0 - File:2 - Moment 3-3 Diagram (G+D+L+P) - Kgf, m, C Units

B.12 Gaya Geser Akibat Adanya Prategang Pada Konfigurasi Beban Hidup 3

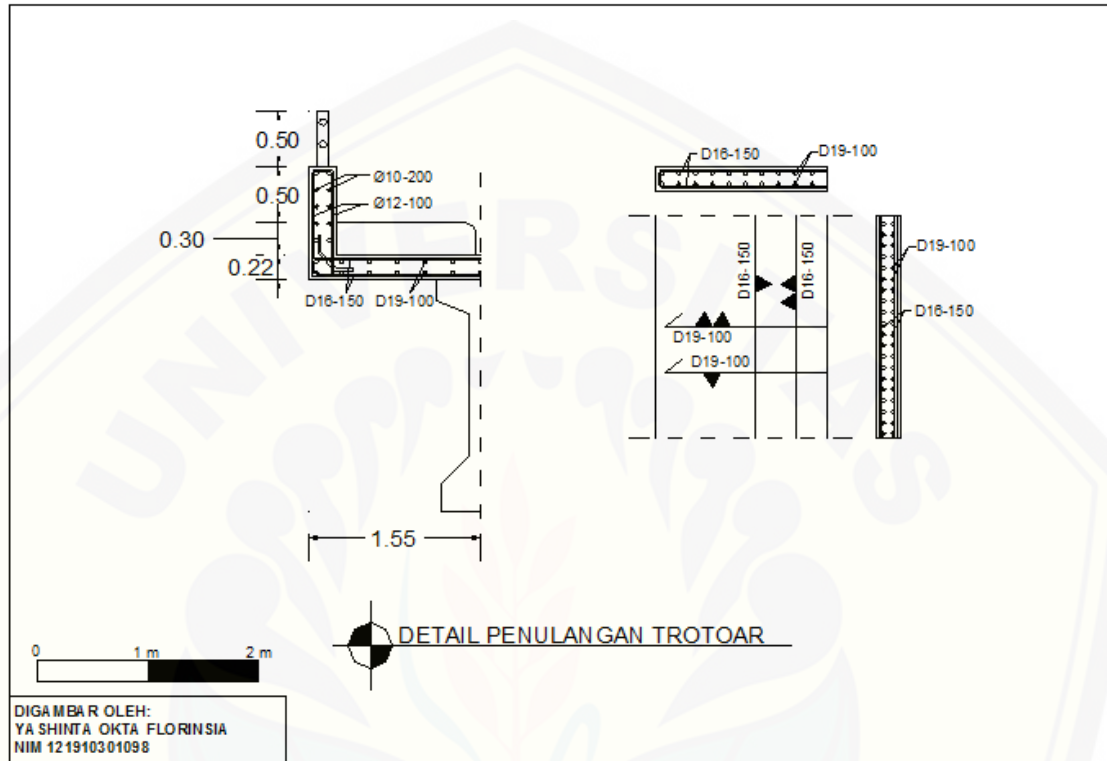


LAMPIRAN C. GAMBAR DETAIL ELEMEN STRUKTURAL

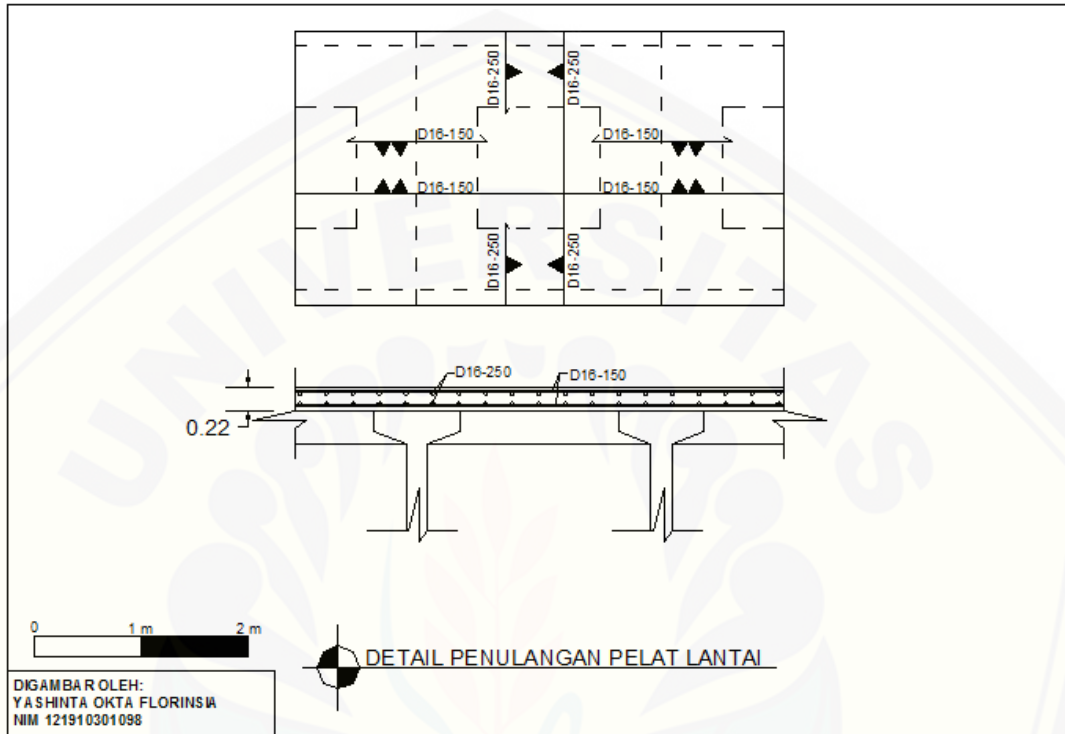
C.1 Gambar Detail Sandaran Jembatan



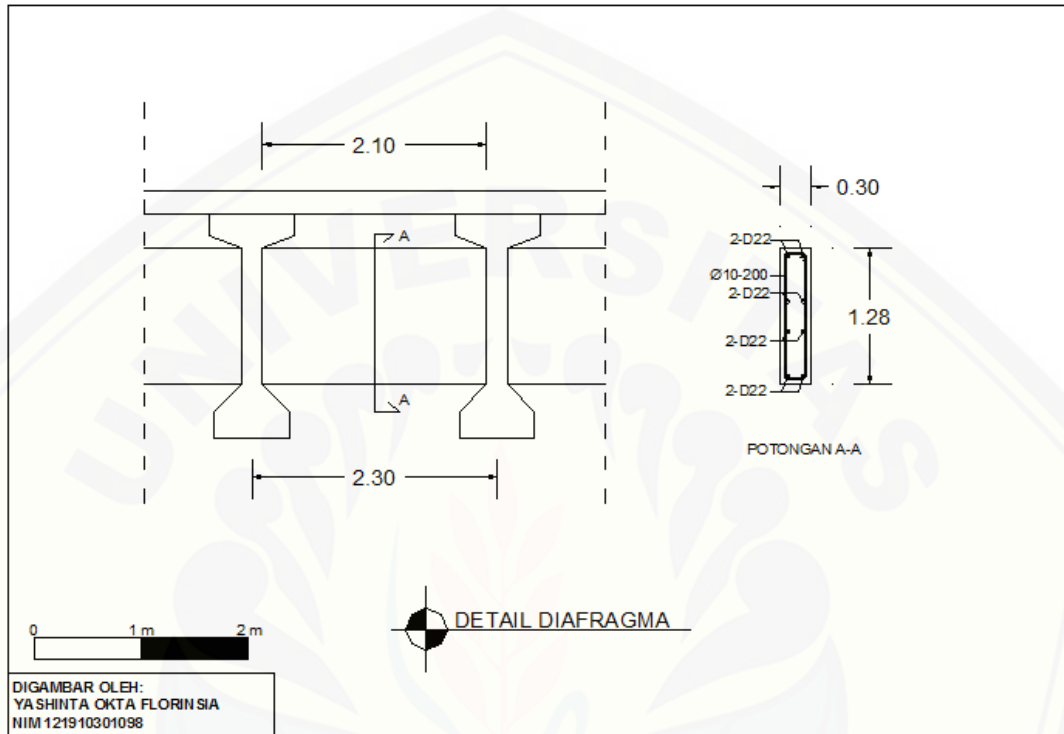
C.2 Gambar Detail Trotoar Jembatan



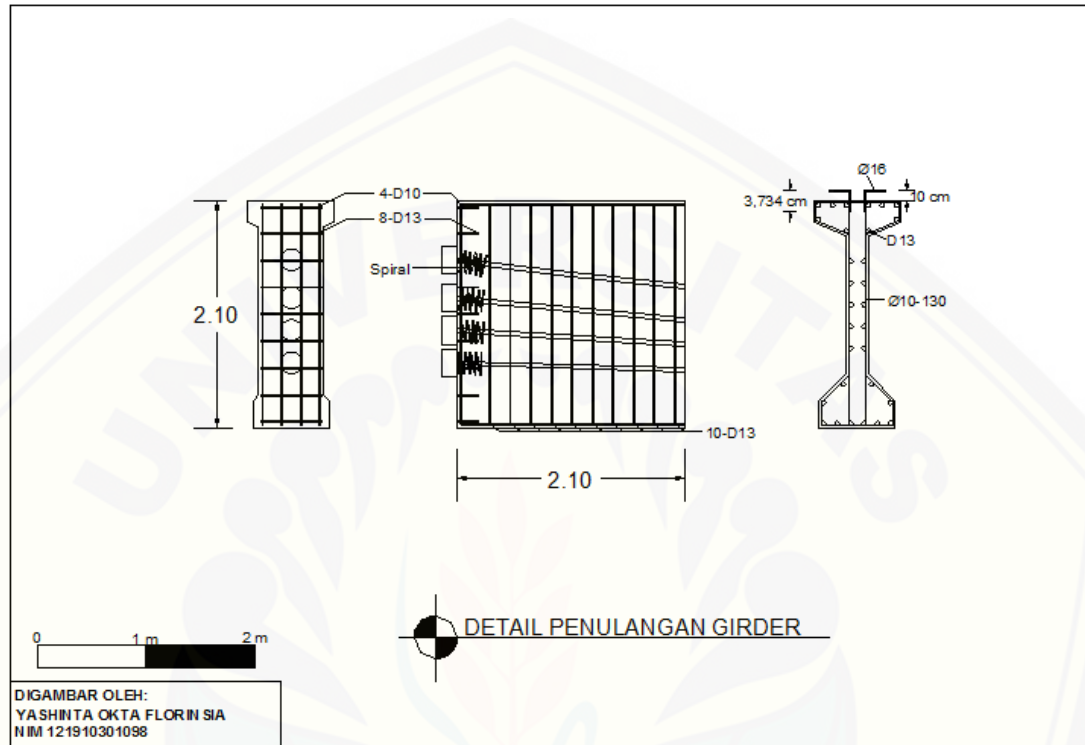
C.3 Gambar Detail Pelat Lantai Kendaraan



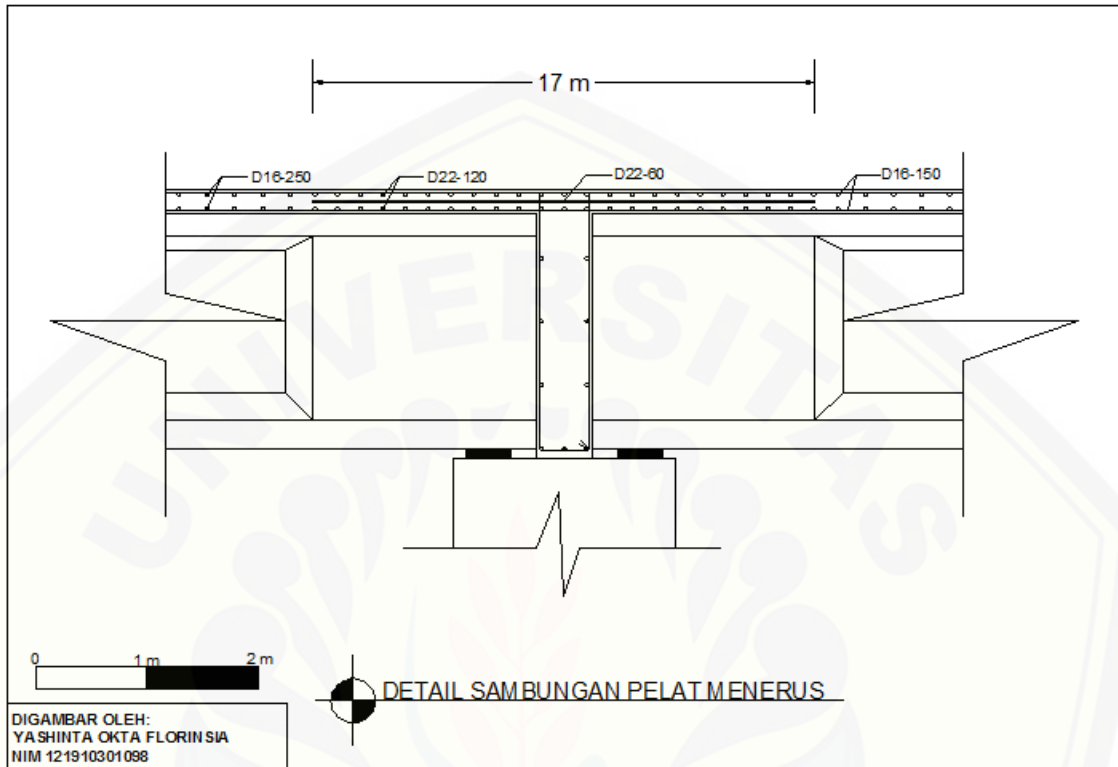
C.4 Gambar Detail Diafragma



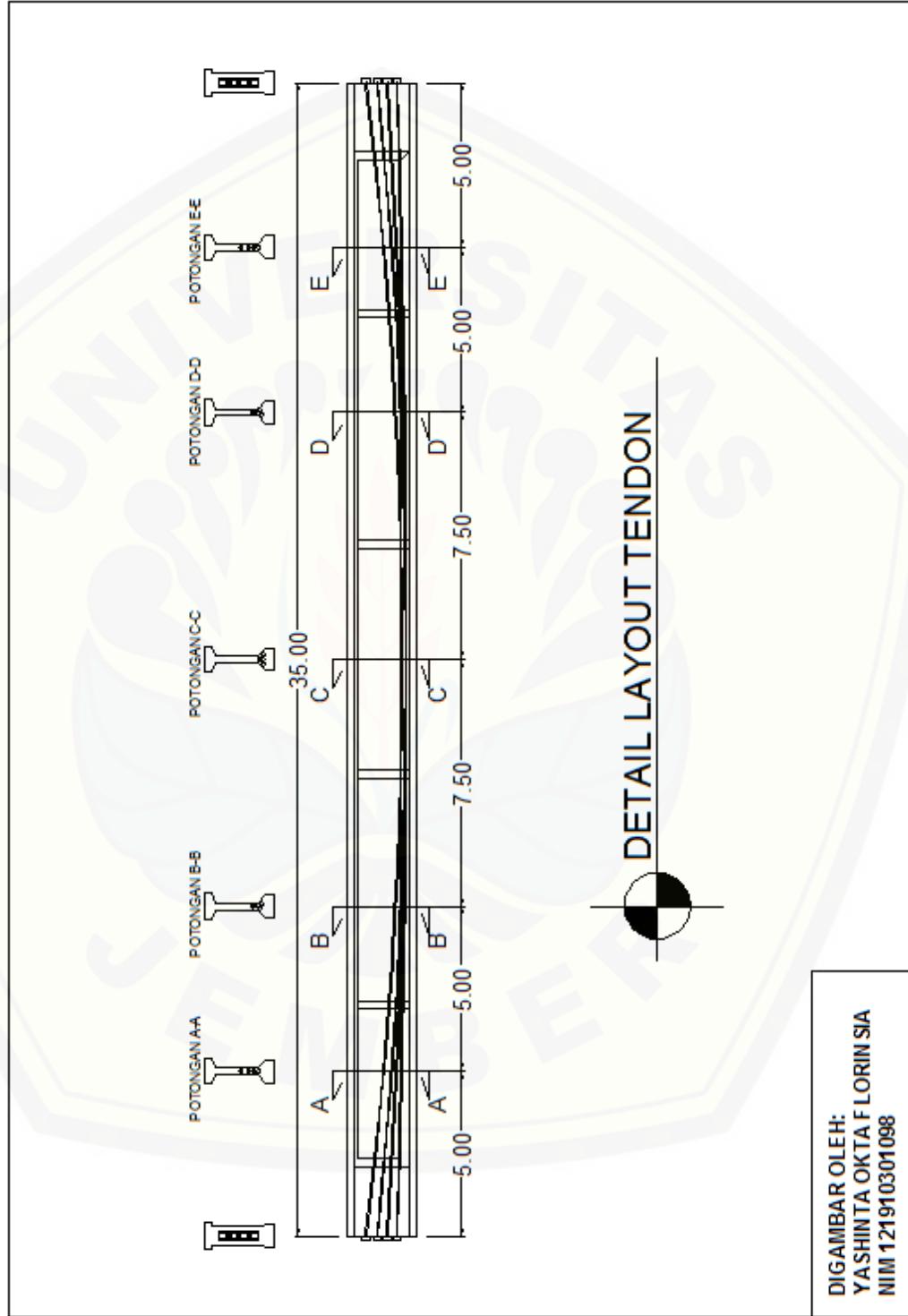
C.5 Gambar Detail Girder



C.6 Gambar Detail Sambungan Pelat Menerus



LAMPIRAN D. LAOYOUT TENDON



DIGAMBAR OLEH:
YASHINTA OKTA F LORIN SIA
NIM 121910301098

LAMPIRAN E. SPESIFIKASI PCI GIRDER PT. WIKA BETON


BRIDGE CONCRETE PRODUCTS

Description

Type of girder : PC I Girder
PC U Girder
PC Voided Slab

Prestressing System : Post-tension, Pretension

Production System : Segmental, non segmental

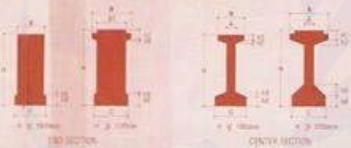


Innovation and Trust

Design and Manufacturing Reference

Design	SNI 03-1725-1989	Recommendation for Design Loading of Highway Bridges
	BMS 7 - 1992	Bridge Design Code
	AASHTO - 1992	Standard Specification for Highway Bridges
	ACI 318 - 2002	Building Code Requirements for Structural Concrete
	SNI 03-2647-2002	Indonesian Concrete Code
Manufacturing	WIKA BETON-09-IK-005	Girder Manufacturing Work Instruction

PC I GIRDER Shape and Dimension



Notation	Unit	90	125	160	170	210	230
h1	mm	75	75	125	200	200	200
h2	mm	75	75	75	120	120	120
h3	mm	100	100	100	250	250	250
h4	mm	125	125	225	250	250	250
h5	mm	62.5	62.5	21	50	50	50
h6	mm	-	-	-	40	40	40
A	mm	170	170	180	200	200	200
B	mm	350	350	550	800	800	800
B1	mm	-	-	-	600	600	600
C	mm	650	650	650	700	700	700

PC I GIRDER Classification

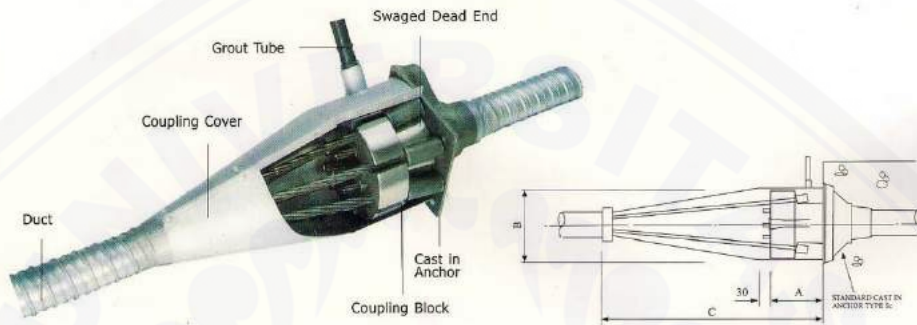
Span (m)	Beam Spacing (cm)						Span (m)	Beam Spacing (cm)					
	A - Class (Cube : 800 Kg/cm ²)							B - Class (Cube : 500 Kg/cm ²)					
	H-90	H-125	H-160	H-170	H-210	H-230		H-90	H-125	H-160	H-170	H-210	H-230
16	185	230					16	185	230				
17	140	230					17	140	230				
18	140	230					18	230					
19	140	230					19	140					
20		230					20	185	230				
21		230					21	185	230				
22		230					22	140	230				
23		230					23	140	230				
24		185	230				24	140	230				
25		185	230				25	230					
26		140	230				26	230					
27		140	230				27	185	230				
28		140	230				28	185	230				
29			230				29	185	230				
30			230				30	140	230				
31			230				31	140	230				
32			230				32	140	230				
33			230				33	140	185	230			
34			230				34	140	185	230			
35			185	230			35	140	230				
36			185	230			36	140	230				
37			185	230			37	140	185	230			
38			140	185	230		38	140	185	230			
39			140	185	230		39	140	185	230			
40			140	140	230		40		185	185			
41			140	140	230		41		140	185			
42			140	140	230		42		140	185			
43			140	140	230		43		140	185			
44				140	230		44		140	140			
45					185	230	45		185	140			
46					185	230	46						
47					185	230	47						
48					185	185	48						
49					185	185	49						
50					140	185	50						
51					140	185	51						
52					140	140	52						

LAMPIRAN F. SPESIFIKASI TIPE ANGKUR

F.1 ANGKUR HIDUP

COUPLING ANCHORAGE

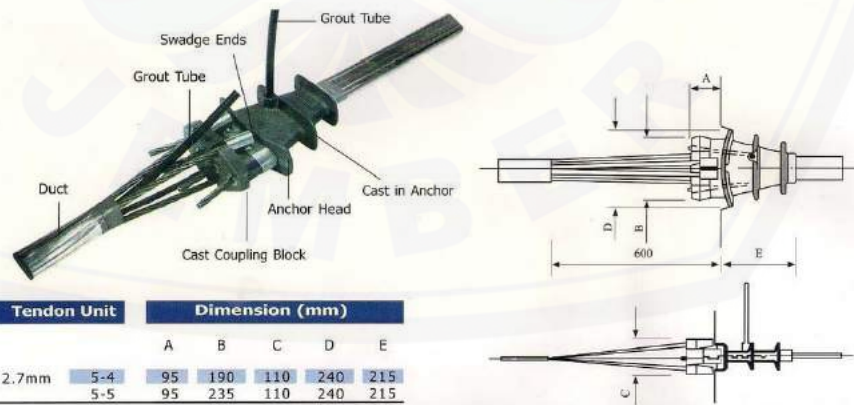
Coupling Anchorage Type C



	Tendon Unit	Dimension (mm)		
		A	B	C
STRAND TYPE 12.7mm	5-3	110	140	430
	5-4	110	160	500
	5-7	110	180	550
	5-12	110	210	650
	5-19	110	240	740
	5-22	110	260	830
	5-27	110	310	1000
	5-31	110	350	1140

	Tendon Unit	Dimension (mm)		
		A	B	C
STRAND TYPE 15.2mm	6-3	110	180	490
	6-4	110	180	520
	6-7	110	210	630
	6-12	110	240	730
	6-19	110	310	860
	6-22	110	350	930
	6-27	150	390	1000
	6-31	150	395	1090

Slab Coupling Anchorage Type S



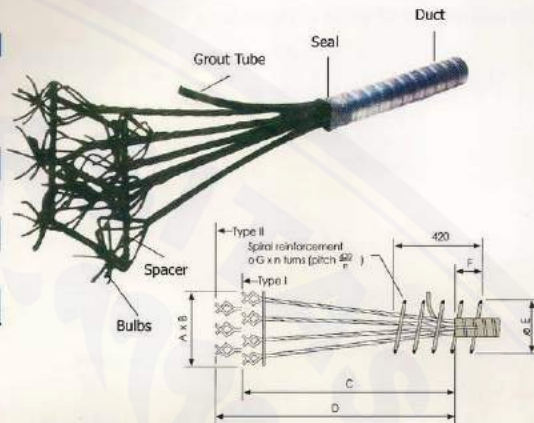
	Tendon Unit	Dimension (mm)				
		A	B	C	D	E
12.7mm	5-4	95	190	110	240	215
	5-5	95	235	110	240	215
15.2mm	6-4	95	190	110	240	215
	6-5	95	235	110	265	238

F2. ANGKUR MATI

DEAD END ANCHORAGE

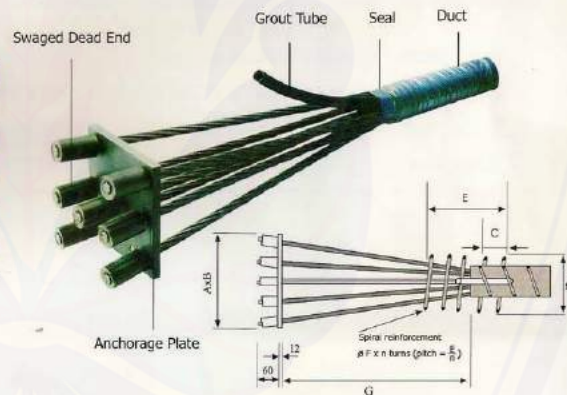
Dead end Anchorage Type H

Tendon unit	Alternative	Type	Dimension (mm)								
			A	B	C	D	∅E	F	∅G	n	
5-3	1	I	230	70	930						
			310	70	930						
5-4	1	I	150	170	930						
			370	70	1130	1280	180	155	13	4	
5-7	1	II	170	190	1130	1280	180	155	13	4	
			350	190	1130	1280	200	155	13	4	
5-12	1	II	310	270	1130	1280	200	155	13	4	
			470	190	1130	1280	230	155	13	5	
5-19	1	II	310	390	1130	1280	230	155	13	5	
			570	190	1130	1280	300	155	16	7	
5-22	1	II	390	390	1130	1280	300	155	16	7	
			670	310	1330	1480	350	155	16	7	
5-31	1	II	470	430	1330	1480	350	155	16	7	



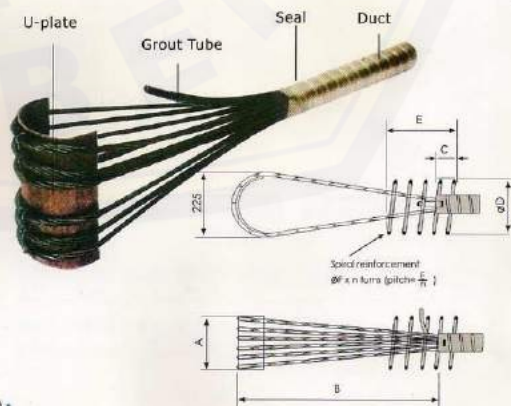
Dead End Anchorage Type P

Tendon unit	Dimension (mm)							
	A	B	G	C	∅D	E	∅F	n
5-3	100	100	100	80	130	190	8	4
5-4	120	120	150	80	130	190	8	4
5-7	150	150	250	80	200	320	13	4
5-12	200	200	350	80	200	320	13	4
5-19	250	250	500	80	250	400	13	5
5-22	300	250	500	130	260	320	16	5
5-27	300	300	650	130	260	320	16	5
5-31	350	300	650	130	260	320	16	5



Dead End Anchorage Type U

Tendon unit	Dimension (mm)						
	A	B	C	∅D	E	∅F	n
5-1	15	600					
5-3	75	600	80	130	190	8	4
5-7	165	600	80	200	320	13	4
5-12	275	700	80	200	320	13	4
5-19	400	800	80	250	400	13	5
5-22	440	900	130	260	320	16	5
5-31	640	1300	130	260	320	16	5



Dimension in mm.

Dimensions are valid for :

- Nominal concrete strength: 24 MPa (cube), 20 MPa (cylinder), at the time of stressing, for maximum stressing force of 80% of the tendon breaking load.
- n: number of spiral turns.

LAMPIRAN G. TABEL BITTNER
 G.1 FAKTOR MOMEN ARAH X

TABEL BITTNER

A. MITTENMOMENTE M_{Mm} BEI MITTIGER RECHTECKLAST

$\frac{t_y}{l_x}$	$t_x : l_x$										Faktor	
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1		0,05
1,0	0,0773	0,0851	0,0932	0,1016	0,1104	0,1196	0,1293	0,1396	0,1504	0,1620	0,1679	P
0,9	0,0796	0,0877	0,0961	0,1049	0,1141	0,1238	0,1342	0,1452	0,1571	0,1697	0,1763	P
0,8	0,0819	0,0903	0,0990	0,1081	0,1178	0,1282	0,1393	0,1512	0,1641	0,1781	0,1853	P
0,7	0,0841	0,0927	0,1017	0,1112	0,1215	0,1324	0,1444	0,1574	0,1716	0,1874	0,1957	P
0,6	0,0862	0,0950	0,1043	0,1142	0,1250	0,1366	0,1495	0,1638	0,1796	0,1975	0,2070	P
0,5	0,0880	0,0971	0,1067	0,1170	0,1283	0,1407	0,1546	0,1703	0,1882	0,2088	0,2201	P
0,4	0,0897	0,0989	0,1087	0,1195	0,1312	0,1444	0,1594	0,1768	0,1973	0,2216	0,2355	P
0,3	0,0910	0,1004	0,1104	0,1215	0,1338	0,1477	0,1638	0,1831	0,2067	0,2363	0,2539	P
0,2	0,0920	0,1015	0,1118	0,1230	0,1357	0,1503	0,1675	0,1887	0,2160	0,2533	0,2775	P
0,1	0,0926	0,1022	0,1126	0,1241	0,1370	0,1520	0,1700	0,1926	0,2237	0,2714	0,3086	P
0,05	0,0927	0,1023	0,1128	0,1243	0,1373	0,1524	0,1706	0,1937	0,2261	0,2788	0,3268	P

Zoom in

G.2 FAKTOR MOMEN ARAH Y

B. MITTENMOMENTE M_{ym} BEI MITTIGER RECHTECKLAST

$\frac{t_y}{l_k}$	$t_x : l_k$										Faktor	
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1		0.05
1.0	0,0210	0,0230	0,0250	0,0268	0,0285	0,0299	0,0312	0,0322	0,0330	0,0334	0,0335	P
0.9	0,0245	0,0269	0,0292	0,0315	0,0333	0,0351	0,0366	0,0378	0,0388	0,0393	0,0395	P
0.8	0,0286	0,0314	0,0341	0,0366	0,0390	0,0411	0,0430	0,0445	0,0456	0,0463	0,0465	P
0.7	0,0333	0,0366	0,0399	0,0428	0,0457	0,0483	0,0506	0,0525	0,0539	0,0548	0,0550	P
0.6	0,0388	0,0427	0,0464	0,0501	0,0535	0,0567	0,0596	0,0620	0,0639	0,0651	0,0654	P
0.5	0,0452	0,0496	0,0541	0,0585	0,0627	0,0667	0,0704	0,0736	0,0761	0,0778	0,0782	P
0.4	0,0525	0,0578	0,0630	0,0683	0,0735	0,0786	0,0834	0,0878	0,0914	0,0938	0,0945	P
0.3	0,0608	0,0670	0,0732	0,0796	0,0861	0,0927	0,0993	0,1053	0,1111	0,1193	0,1161	P
0.2	0,0703	0,0774	0,0849	0,0926	0,0908	0,1095	0,1186	0,1280	0,1372	0,1449	0,1471	P
0.1	0,0809	0,0892	0,0981	0,1075	0,1179	0,1293	0,1422	0,1569	0,1739	0,1921	0,1993	P
0.05	0,0867	0,0957	0,1053	0,1157	0,1273	0,1405	0,1558	0,1745	0,1979	0,2290	0,2472	P

Sumber : Vis, W.C. dan Kusuma Gideon (1993), Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang, Erlangga, Jakarta

LAMPIRAN H. SPESIFIKASI ELASTOMER

DIMENSIONS

The figures provided in this table relate to Type B and Type C bearings in accordance with EN 1337-3. The different values shown below may be changed as a function of the actual stresses on the bearing involved.

Plan dimensions of bearings	Compression load under zero displacement	Layer thickness	Number of layers	Number of reinforcing plates (TYPE B)	Reinforcing plates thickness	TYPE B			TYPE C				Allowable rotation
						Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	Thickness of thicker steel plates	Total elastomer thickness	Total thickness of bearing	Allowable displacement	
$a \times b, D$	F	t	n	ns	ts	te	T	w	ts	te	T	w	α
mm	kN	mm			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	rad
100x150	120	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	21
100x200	179		3	4		29	41	29		24	60	24	31
150x200	408	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	10
150x250	558		3	4		29	41	29		24	60	24	15
150x300	715		4	5		37	52	37		32	71	32	20
200x150	803	8	3	4	3	29	41	29	15	24	60	24	8
200x300	1043		4	5		37	52	37		32	71	32	10
200x350	1291		5	6		45	63	45		40	82	40	13
200x400	1547		6	7		53	74	53		48	93	48	16
Ø200	625	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	9
			3	4		29	41	29		24	60	24	14
			4	5		37	52	37		32	71	32	19
Ø250	1578	8	2	3	3	21	30	21	15	16	49	16	8
			3	4		29	41	29		24	60	24	12
			4	5		37	52	37		32	71	32	16
250x300	1608	8	3	4	3	29	41	29	15	24	60	24	6
250x400	2425		4	5		37	52	37		32	71	32	8
			5	6		45	63	45		40	82	40	10
			6	7		53	74	53		48	93	48	12
			7	8		61	85	61		56	104	56	14
Ø300	2230	8	4	5	3	37	52	37	15	32	71	32	9
			5	6		45	63	45		40	82	40	11
			6	7		53	74	53		48	93	48	14
Ø350	3598	8	3	4	3	29	41	29	15	24	60	24	5
			4	5		37	52	37		32	71	32	7
			5	6		45	63	45		40	82	40	9
			6	7		53	74	53		48	93	48	10
			7	8		61	85	61		56	104	56	12
300x400	2036	12	3	4	4	41	57	41	20	36	84	36	8
300x500	2787		4	5		53	73	53		48	100	48	10
300x600	3569		5	6		65	89	65		60	116	60	13
			6	7		77	105	77		72	132	72	15
350x450	3091	12	3	4	4	41	57	41	20	36	84	36	7
			4	5		53	73	53		48	100	48	9
			5	6		65	89	65		60	116	60	11
			6	7		77	105	77		72	132	72	13
			7	8		89	121	89		84	148	84	15
Ø400	3220	12	3	4	4	41	57	41	20	36	84	36	7
			4	5		53	73	53		48	100	48	10
			5	6		65	89	65		60	116	60	12
			6	7		77	105	77		72	132	72	15
400x500	4454	12	4	5	4	53	73	53	20	48	100	48	7
			5	6		65	89	65		60	116	60	9
			6	7		77	105	77		72	132	72	11
			7	8		89	121	89		84	148	84	12
			8	9		101	137	101		96	164	96	14
400x600	5778	12	4	5	4	53	73	53	20	48	100	48	7
			5	6		65	89	65		60	116	60	8
			6	7		77	105	77		72	132	72	10
			7	8		89	121	89		84	148	84	12
			8	9		101	137	101		96	164	96	13