



**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BOX GIRDER  
DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK  
DI DESA PONDOKNONGKO  
KABUPATEN BANYUWANGI**

**SKRIPSI**

Oleh

**IDA BAGUS PUTRA MARDAWA MONA  
NIM 111910301090**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**



**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BOX GIRDER  
DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK  
DI DESA PONDOKNONGKO  
KABUPATEN BANYUWANGI**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**IDA BAGUS PUTRA MARDAWA MONA  
NIM 111910301090**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2019**

## PERSEMBAHAN

Sebuah dakian menuju puncak impian yang terkikis sedikit demi sedikit. Ketidakpercayaan atas kemampuan dalam mewujudkan kewajiban dalam agama-Mu (menuntut ilmu), *puji syukur* telah Engkau kabulkan mimpiku Ya Tuhan, terima kasih atas rahmat serta pencerahan-Mu kepadaku.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

1. Kedua Orangtuaku, Ibunda tercinta Susilowati yang senantiasa mendoakan anakmu ini. Ayahku tercinta Ida Bagus Kompiang S.pd yang telah memberikan semangat, do'a dan dukungan financial dan hal lain yang tak terhitung nilainya;
2. Adikku, Ida Bagus Anom Trikaya Weda selalu mendukungku dan menyemangati hingga ketika terjatuh mampu untuk bangkit lagi, lagi dan lagi;
3. Dosen pembimbingku Dwi Nurtanto, S.T., M.T., dan Gati Annisa Hayu, S.T., M.T., M.Sc., yang telah membimbingku dengan sabar;
4. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan membimbingku dengan sabar;
5. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2011, Terimakasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tiada henti.
6. Teman-teman UKMK Hindu Dharma, KMHDI, Peradah, terima kasih atas persahabatan yang tak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tiada henti.
7. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTTO

Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua.

(Aristoteles)

Bekerjalah bagaikan tak butuh uang. Mencintailah bagaikan tak pernah disakiti. Menarilah bagaikan tak seorang pun sedang menonton.

(Mark Twain)

Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil, kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.

(Evelyn Underhill)

Lihatlah Hal-Hal yang Baik, Dengarkan Hal-Hal yang Baik, Lakukan Perbuatan Yang Baik

(Maharaja Manu)

Janganlah Putus Asa, Jalan Itu Sangat Sulit, Seperti Berjalan Pada Mata Pisau Silet. Namun, Janganlah Putus Asa, Bangun dan Bangkitlah dan Capailah Tujuan Tertinggi

(Vedanta)

Hidup adalah Tantangan, Hadapilah. Hidup Adalah Impian, Sadarilah. Hidup Adalah Permainan, Mainkanlah. Hidup Adalah Kasih Sayang, Nikmatilah.

(Sai Baba)

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ida Bagus Putra Mardawa Mona

NIM : 111910301090

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Perencanaan Struktur Atas Jembatan Box Girder Dengan Menggunakan Beton Pracetak Di Desa Pondoknongko Kabupaten Banyuwangi" 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 penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 13 Maret 2018

Yang menyatakan,

Ida Bagus Putra Mardawa Mona

NIM 111910301090

**SKRIPSI**

**PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN BOX GIRDER  
DENGAN MENGGUNAKAN BETON PRACETAK  
DI DESA PONDOKNONGKO  
KABUPATEN BANYUWANGI**

Oleh

IDA BAGUS PUTRA MARDAWA MONA  
NIM 111910301090

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Gati Annisa Hayu, ST., MT., M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Perencanaan Struktur Atas Jembatan Box Girder Dengan Menggunakan Beton Pracetak Di Desa Pondoknongko Kabupaten Banyuwangi” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Senin  
Tanggal : 28 Januari 2019  
Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dwi Nurtanto, S.T., MT  
NIP. 197310151998021000

Gati Annisa Hayu, S.T., MT., M.Sc  
NIP. 760015715

Penguji I,

Penguji II,

Ir. Hernu Suyoso, M.T.  
NIP. 195511121987021000

Winda Tri Wahyuningtyas, S.T., M.T.  
NIP 760016772

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.  
NIP. 196612151995032000

## RINGKASAN

**Judul:** Perencanaan Struktur Atas Jembatan Box Girder Dengan Menggunakan Beton Pracetak Di Desa Pondoknongko Kabupaten Banyuwangi.

Jembatan ini terletak di Banyuwangi yang menghubungkan dua wilayah di desa Pondoknongko. Jembatan ini dibuat dengan menggunakan beton bertulang. Karena dimakan usia dan permukaan air sungai semakin tinggi, maka direncanakan kembali dengan menggunakan box girder. Girder direncanakan menggunakan struktur beton prategang secara segmental dengan penampang trapesium. Panjang total jembatan box girder yaitu 50 meter, tinggi 2,5 meter dan panjang 2,5 meter/segmen, sehingga dibutuhkan 20 segmen dalam perencanaan. Box girder ini juga menggunakan sistem beton prategang pascatarik dan sistem pelaksanaan beton pracetak. Digunakan baja pretegang tipe *uncoated 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270* dan menggunakan 16 angkur VSL tipe 22.

Perencanaan ini diawali dengan pengambilan data jembatan lama. Pengambilan data ini dilakukan dengan mengkaji kondisi eksisting jembatan. Data yang diperoleh adalah lebar jembatan, panjang jembatan, dan tinggi jembatan yang kemudian akan digunakan sebagai acuan desain struktur atas jembatan. Setelah itu, dilanjutkan dengan mencari literatur yang berkaitan dengan *box girder prestres* seperti buku-buku dan jurnal. Tahap selanjutnya adalah mendesain layout jembatan lama dan mendesain model jembatan box girder, seperti dimensi, komposisi bahan, dan persyaratan mengenai desain. Kemudian dilanjutkan dengan merencanakan struktur sekunder jembatan, seperti: desain pipa sandaran, tiang sandaran, dan trotoar. Setelah model jembatan dan struktur sekunder direncanakan kemudian tahap perhitungan pembebanan jembatan, meliputi: perhitungan beban berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas, beban pejalan kaki, beban rem, beban angin, dan beban gempa. Setelah kombinasi pembebanan dihitung, barulah mendesain struktur dan penentuan tendon. Tahap selanjutnya adalah mengontrol tegangan, lendutan dan



beban ultimit jembatan. Jika kontrol sesuai atau tidak melebihi syarat ijin, maka bisa dilanjutkan ke tahap berikut. Apabila belum sesuai, maka mengulang mendesain struktur dan penentuan tendon. Jika kontrol semua sesuai maka tahap selanjutnya adalah merencanakan tulangan dan slab box girder setiap segmen. Tahap terakhir adalah menggambar model jembatan yang direncanakan sebagai *outputnya* dan perencanaan selesai.

Jembatan box girder direncanakan panjang jembatan 50 meter (2,5 meter/segmen x 20 box girder), lebar 8,75 meter, dan ruas jalan 7 meter. Trotoar direncanakan dengan lebar 68 cm dan tebal 30 cm. Trotoar menggunakan tulangan 8 buah D22 – 250. Sandaran direncanakan menggunakan pipa galvanis Ø76,3 mm BJ-37 dan tulangan Ø10 – 100 mm untuk tulangan geser serta 3Ø10 mm untuk tulangan lentur. Setelah menghitung pembebanan kemudian didapatkan reaksi tumpuan maksimum di tepi sebesar 8374,327 kN. Dari perhitungan didapatkan jumlah tendon sebanyak 16 tendon yang akan melalui titik eksentrisitas jembatan. Kehilangan gaya prestress total sebesar 28,49 %. Dari perhitungan kontrol tegangan didapatkan tegangan terbesar  $f_a = -14828,29$  kPa dan  $f_b = 1953,29$  kPa pada kombinasi 5. Sedangkan lendutan terbesar adalah 0,02299 mm pada kombinasi 3. Dan momen ultimit terbesar berada di kombinasi 3 sebesar 64401,15 kN. Digunakan 4 buah sengkang D16 dengan jarak 100 mm, 150 mm dan 200 mm untuk plat dinding. Sedangkan diperlukan tulangan utama D22-350 untuk plat dinding, D16-300 untuk plat bawah dan D16-300 untuk plat atas. Dan terakhir adalah digunakan sengkang vertikal dan horizontal sebanyak 24 dengan ukuran D16.

## SUMMARY

**Title:** Top Structural Design of Box Girder Bridges using Precast Concrete In the Pondoknongko Village of Banyuwangi.

The bridge is located in Banyuwangi, connecting the two regions in the village Pondoknongko. The bridge is made using reinforced concrete. Because with age and the river level gets higher, then planned again using a box girder. Girder is planned to use prestressed concrete segmental structure with a trapezoidal cross-section. The total length of the bridge box girder that is 50 meters, height of 2,5 meters and a length of 2,5 meters / segments, so it takes 20 segments in planning. It also uses a box girder system prestressed concrete and precast concrete implementation of the system. Used prestress type of uncoated steel wire super strands 7 ASTM A-416 grade 270 and using 16 anchors VSL type 22.

Designing begins with the old bridge data retrieval. Data retrieval is done by reviewing the existing condition of the bridge. The data obtained is the width of the bridge, the bridge length, and height of the bridge which will then be used as a reference for the design of the bridge structure. After that, followed by searching the literature relating to the box girder prestres such as books and journals. The next step is to design the layout of the old bridge and the bridge box girder design models, such as dimensions, material composition, and requirements regarding design. Then proceed with the planned secondary structure of the bridge, such as pipeline design ottoman, ottoman pole, and sidewalks. After the model of the bridge and the secondary structure is planned later stage of calculation of loading bridges, comprising: a heavy load calculation itself, additional dead load, traffic load, the burden of pedestrians, brake load, wind load and earthquake loads. After the combination of loading is calculated, then designing the structure and determination of the tendon. The next stage is to control stress, deflection and ultimate load of the bridge. If control is appropriate or not exceed the permit requirements, it can proceed

to the next stage. If not appropriate, then repeat designing the structure and the determination of the tendon. If control all match then the next stage is planned the reinforcement and slab box girder of each segment. The last step is to draw a model of the bridge is planned as its output and the planning is complete.

Designed bridge box girder bridge 50 meters long (2,5 meters / segments x 20 box girder), width of 8.75 meters, and road 7 meters. The sidewalks are planned with 68 cm wide and 30 cm thick. Pavement using reinforcement 8 pieces D22 - 250. The backrest is planned to use pipes  $\varnothing 76,3$  mm galvanized BJ-37 and reinforcement  $\varnothing 10$  - 100 mm for shear and flexural  $3\varnothing 10$  mm. After calculating the loading and then obtain maximum support reaction on the edge of 8374,327 kN. From the calculation, the number of tendons by 16 tendons that are going through the point of eccentricity bridge. Prestress force lost a total of 28.49%. From the calculation of voltage control The voltage obtained -14,828.29 kPa and  $f_a = f_b = 1953,29$  kPa at the largest deflection 5. Meanwhile the combination is 0,02299 mm in combination 3. And the biggest ultimate moment is in the combination of 3 of 64401,15 kN , Used D16 4 pieces cross bar with a distance of 100 mm, 150 mm and 200 mm for the wall plate. While the reinforcement necessary to wall plate D22-350, D16-300 and D16-300 to the bottom plate to the top plate. And last is the use of vertical and horizontal cross bar as many as 24 with D16 size.

## PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perencanaan Struktur Atas Jembatan Box Girder Dengan Menggunakan Beton Pracetak Di Desa Pondoknongko Kabupaten Banyuwangi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Dwi Nurtanto, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama.
3. Gati Annisa Hayu, S.T., MT., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Anggota;
4. Ir. Hernu Suyoso, M.T., selaku Dosen Penguji Utama;
5. Dr. RR Dewi Junita Koesoemawati, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Anggota;
6. Mokhammad Hasanudin, S.T., MT., selaku Dosen Pembimbing Akademik;
7. Kedua orang tua-ku dan adikku yang telah memberikan dukungan moril dan materiiil selama penyusunan skripsi ini;
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 13 Maret 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xx
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xxiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xxiv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	2
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan</b> .....	2
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat Penulisan</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Jembatan</b> .....	4
<b>2.2 Struktur Jembatan</b> .....	4
2.2.1 Struktur Atas ( <i>Superstructures</i> ).....	5
2.2.2 Struktur Bawah ( <i>Substructures</i> ).....	6
2.2.3 Pondasi.....	7
<b>2.3 Pratekan/Prategang</b> .....	8
2.3.1 Pengertian .....	8
2.3.2 Konsep Pratekan/Prategang .....	10
2.3.3 Metode Prategangan .....	13
2.3.4 Tahap Pembebanan .....	15
<b>2.4 Jembatan Box Girder</b> .....	17
2.4.1 Jembatan Box Girder .....	17
2.4.2 Bagian Jembatan Box Girder.....	19
2.4.2.1 Abutmen/Kepala Jembatan.....	19

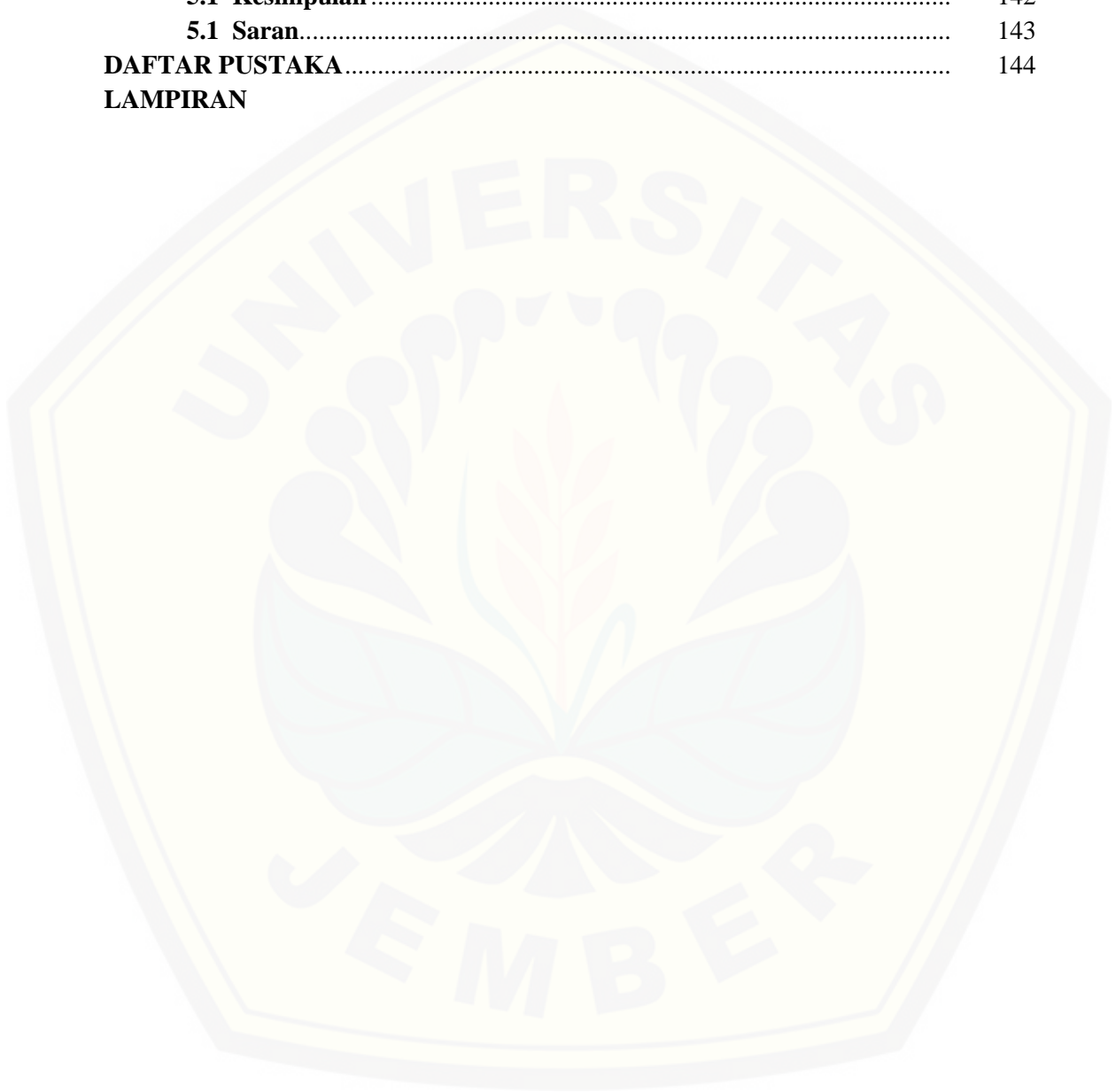
2.4.2.2 Pilar/Pier .....	19
2.4.2.3 Gelagar .....	20
2.4.2.4 Lock Up Device.....	20
2.4.2.5 Modular Expansion Joint.....	20
2.4.2.6 Mechanical Bearing.....	21
2.4.3 Pembebanan Jembatan .....	22
2.4.3.1 Berat Sendiri.....	22
2.4.3.2 Beban Mati Tambahan.....	22
2.4.3.3 Beban Lalu Lintas.....	22
2.4.3.4 Pembebanan untuk Pejalan Kaki .....	24
2.4.3.5 Gaya Rem .....	24
2.4.3.6 Beban Angin.....	25
2.4.3.7 Beban Gempa .....	26
2.4.4 Metode Desain .....	27
2.4.4.1 Menghitung Gaya Prestress .....	28
2.4.4.2 Jumlah dan Letak Tendon.....	29
2.4.4.3 Kehilangan Tegangan.....	30
2.4.4.4 Tegangan akimat Gaya Prestress .....	33
2.4.4.5 Lentutan .....	35
2.4.4.6 Tinjauan Ultimit .....	36
2.4.4.7 Pembesian End Block.....	37
2.4.4.8 Tinjauan terhadap Geser.....	37
2.4.4.9 Tinjauan Tumpuan Girder pada Pier Tepi.....	38
<b>BAB 3. METODE PERENCANAAN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1 Lokasi Jembatan .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2 Data yang diperlukan .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3 Metodologi .....</b>	<b>40</b>
<b>3.4 Diagram Alir Perencanaan Jembatan .....</b>	<b>41</b>
<b>BAB 4. PERENCANAAN JEMBATAN .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Kriteria Desain .....</b>	<b>43</b>
4.1.1 Data Teknis Perencanaan .....	43
4.1.2 Peraturan Struktur.....	43
4.1.3 Data-Data Bahan .....	44
4.1.3.1 Beton .....	44
4.1.3.2 Baja .....	45
<b>4.2 Perencanaan.....</b>	<b>46</b>
4.2.1 Dimensi Box Girder Prestres.....	46
4.2.2 Section Properties Box Girder Prestress.....	46

4.2.3 Perencanaan Struktur Sekunder.....	49
4.2.3.1 Perhitungan Sandaran.....	40
4.2.3.2 Perhitungan Trotar .....	53
4.2.3.3 Kontrol Tegangan Geser Pons.....	54
4.2.4 Pembebanan Box Girder Prestress .....	56
4.2.4.1 Berat Sendiri (MS) .....	56
4.2.4.2 Beban Mati Tambahan (MA) .....	57
4.2.4.3 Beban Lalu Lintas (TD) .....	58
4.2.4.4 Pembebanan Untuk Pejalan Kaki (TP).....	61
4.2.4.5 Gaya Rem (TB).....	62
4.2.4.6 Beban Angin (EW).....	64
4.2.4.7 Beban Gempa (EQ) .....	65
4.2.4.8 Momen pada Box Girder Prestress.....	69
4.2.4.9 Gaya Geser Box Girder Prestress.....	71
4.2.4.10 Reaksi Tumbuan.....	73
4.2.5 Gaya Prestress, Jumlah Tendon, dan Eksentrisitas.....	74
4.2.5.1 Kondisi Awal (Saat Transfer) .....	74
4.2.5.2 Kondisi Akhir (Saat Service) .....	76
4.2.6 Posisi Tendon .....	77
4.2.6.1 Lintasan Inti Tendon Posisi.....	77
4.2.6.2 Tendon di Tumpuan Tepi.....	79
4.2.6.3 Posisi Tendon pada Jarak $\frac{1}{4}$ L dan $\frac{3}{4}$ L dari Tepi.....	80
4.2.6.4 Posisi Tendon pada Jarak $\frac{1}{2}$ L dari Tepi.....	81
4.2.6.5 Eksentrisitas Masing-Masing Tendon.....	83
4.2.6.6 Trace Masing-masing Kabel .....	85
4.2.6.7 Sudut Angkur .....	87
4.2.7 Kehilangan Tegangan (Loss of Prestress) .....	88
4.2.7.1 Kehilangan Tegangan akibat Gesekan Angkur (Ancorage Friction) .....	88
4.2.7.2 Kehilangan Tegangan akibat Gesekan Kabel (Jack Friction) .....	88
4.2.7.3 Kehilangan Tegangan akibat Pemendekan Elastis (Elastic Shortening) .....	89
4.2.7.4 Kehilangan Tegangan akibat Pengangkuran (Anchoring).....	90
4.2.7.5 Kehilangan Tegangan (Relaxation of Tendon) .....	91
4.2.8 Tegangan Yang Terjadi akibat Gaya Prestress .....	95
4.2.8.1 Keadaan Awal (Saat Transfer) .....	96
4.2.8.2 Keadaan Setelah Loss of Prestress .....	97
4.2.9 Tegangan Pada Box Girder Akibat Beban .....	98

4.2.9.1 Tegangan akibat Berat Sendiri (MS).....	98
4.2.9.2 Tegangan akibat Beban Mati Tambahan (MA).....	98
4.2.9.3 Tegangan akibat Susut dan Rangkak (SR).....	99
4.2.9.4 Tegangan akibat Prategang (PR).....	102
4.2.9.5 Tegangan akibat Beban Lajur D (TD).....	103
4.2.9.6 Tegangan akibat Beban Truk (TT).....	103
4.2.9.7 Tegangan akibat Beban Pejalan Kaki (TP).....	103
4.2.9.8 Tegangan akibat Beban Rem (TB).....	104
4.2.9.9 Tegangan akibat Beban Angin (EW).....	104
4.2.9.10 Tegangan akibat Beban Gempa (EQ).....	105
4.2.9.11 Tegangan akibat Pengaruh Temperatur (ET).....	105
4.2.10 Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan.....	107
4.2.11 Lendutan Box Girder.....	109
4.2.11.1 Lendutan pada Keadaan Awal (Transfer).....	109
4.2.11.2 Lendutan Setelah Loss of Prestress.....	109
4.2.11.3 Lendutan Box Girder akibat Beban.....	110
4.2.11.4 Kontrol Lendutan Terhadap Kombinasi Beban.....	113
4.2.12 Tinjauan Ultimit Box Girder Prestress.....	114
4.2.12.1 Kapasitas Momen Positif Ultimit.....	114
4.2.12.2 Momen Ultimit akibat Beban.....	117
4.2.12.3 Resume Momen Positif Balok.....	118
4.2.12.4 Kontrol Kombinasi Momen Ultimit Positif.....	119
4.2.13 Pembesian End Block.....	120
4.2.13.1 Momen Statis Penampang Balok Bagian Atas.....	120
4.2.13.2 Momen Statis Penampang Balok Bagian Bawah.....	121
4.2.13.3 Perhitungan Sengang untuk Bursting Force.....	121
4.2.13.4 Tinjauan Terhadap Geser.....	123
4.2.14 Pembesian Box Girder.....	127
4.2.14.1 Tulangan Plat Dinding.....	127
4.2.14.2 Tulangan Plat Bawah.....	127
4.2.14.3 Tulangan Plat Atas.....	128
4.2.15 Tinjauan Slab Lantai Jembatan.....	128
4.2.15.1 Berat Sendiri (MS).....	129
4.2.15.2 Beban Mati Tambahan (MA).....	130
4.2.15.3 Beban Truk "T" (TT).....	131
4.2.15.4 Beban Angin (EW).....	133
4.2.15.5 Pengaruh Temperatur (ET).....	134
4.2.15.6 Momen Ultimit Pada Slab Lantai Jembatan.....	135
4.2.15.7 Pembesian Slab.....	135
4.2.15.8 Kontrol Lendutan Slab.....	137



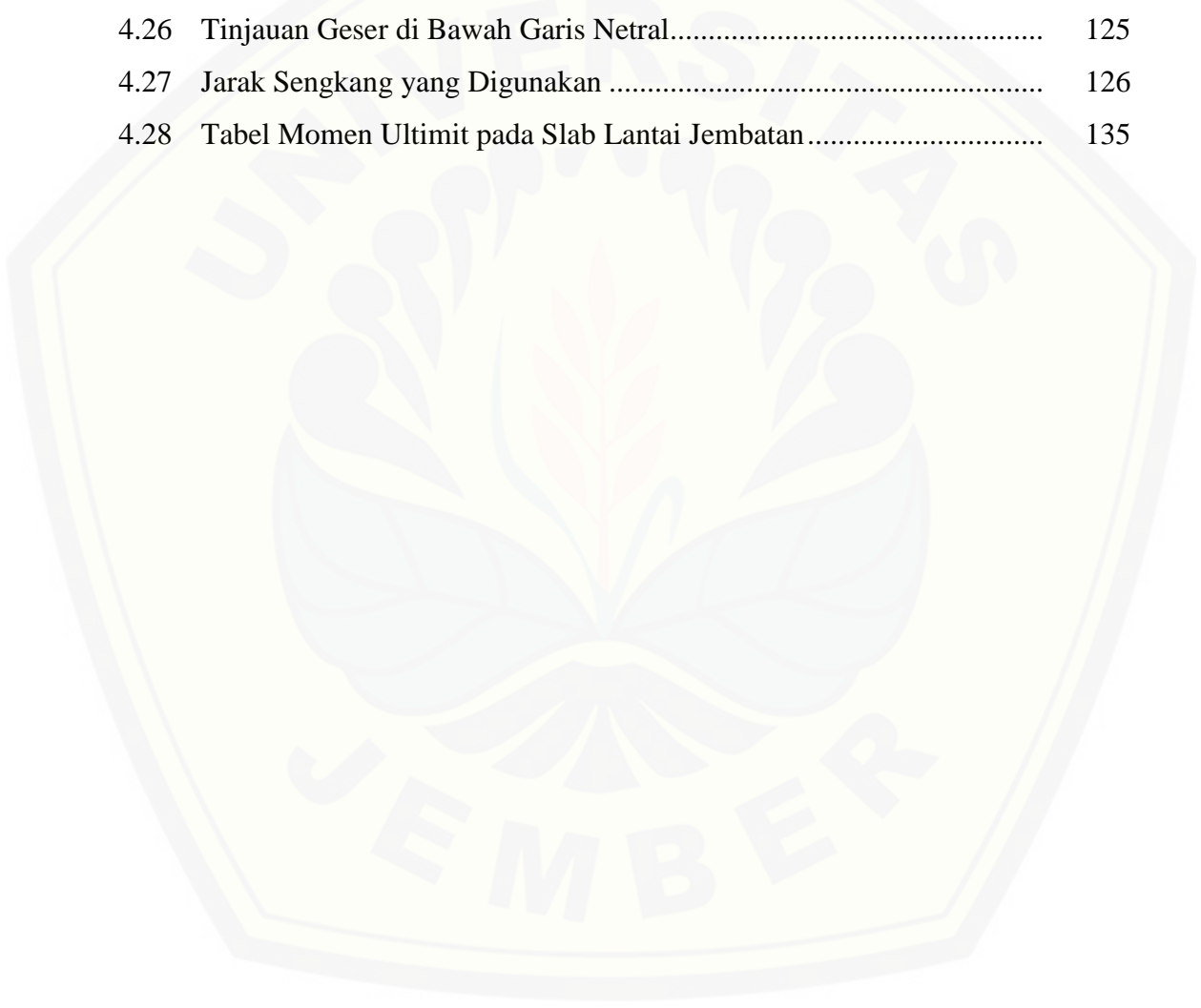
4.2.16 Tinjauan Tumpuan Girder (Port Bearing) Pada Pier Tepi.....	139
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	142
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	142
<b>5.1 Saran</b> .....	143
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	144
<b>LAMPIRAN</b>	



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu .....	25
2.2 Tekanan Angin Dasar .....	26
2.3 Faktor Modifikasi Respon ( $R_d$ ) Untuk Kolom dan Hubungan Dengan Bangunan Bawah .....	27
2.4 Koefisien Tanah (S) .....	27
2.5 Akselerasi Puncak PGA di Batuan Dasar Sesuai Periode Ulang .....	28
4.1 Jenis dan Berat Bahan .....	44
4.2 Perhitungan Luasan Penampang .....	47
4.3 Bahan Penyusun Berat Sendiri Jembatan .....	56
4.4 Penyusun Beban Mati Tambahan Jembatan.....	58
4.5 Resume Momen dan Gaya Pada Balok .....	69
4.6 Momen pada <i>Box Girder Prestress</i> .....	71
4.7 Gaya Geser pada <i>Box Girder Prestress</i> .....	72
4.8 Reaksi Tumpuan.....	73
4.9 Jumlah Strands .....	76
4.10 Koordinat Lintasan Inti Tendon .....	78
4.11 Kontrol Tegangan Setiap Segmen.....	82
4.12 Posisi Kabel.....	85
4.13 Sudut Angkur .....	87
4.14 Resume Kehilangan Gaya Prestress Total .....	95
4.15 Momen Akibat Temperatur .....	106
4.16 Kontrol Tegangan.....	107
4.17 Lendutan Terhadap Kombinasi Beban.....	113
4.18 Tabel Resume Momen Positif Balok .....	118
4.19 Kombinasi Momen Ultimit Positif pada Box Girder .....	119

4.20	Momen Statis Luasan Bagian Atas .....	120
4.21	Momen Statis Luasan bagian Bawah .....	121
4.22	Perhitungan Sengkang Arah Vertikal.....	122
4.23	Perhitungan Sengkang Arah Horizontal.....	122
4.24	Jumlah Sengkang untuk Bursting Force.....	123
4.25	Tinjauan Geser di Atas Netral .....	125
4.26	Tinjauan Geser di Bawah Garis Netral.....	125
4.27	Jarak Sengkang yang Digunakan .....	126
4.28	Tabel Momen Ultimit pada Slab Lantai Jembatan.....	135



## DAFTAR GAMBAR

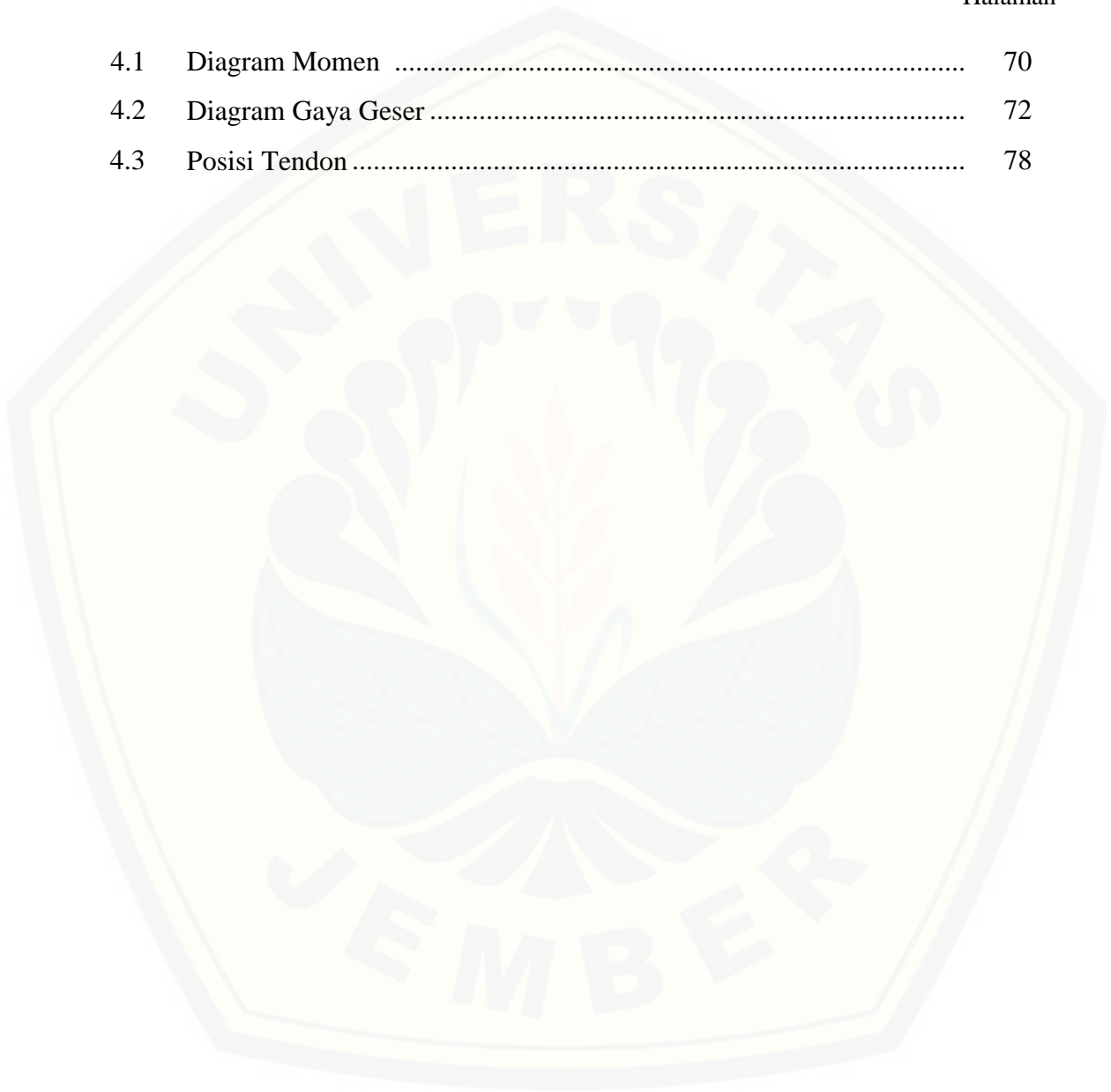
	Halaman
2.1 Bagian Jembatan .....	4
2.2 Contoh Struktur Atas Jembatan.....	5
2.3 Contoh Struktur Bawah Jembatan.....	6
2.4 Contoh Pondasi Jembatan .....	7
2.5 Penampang Beton Dengan Tegangan-Tegangan .....	8
2.6 Beton Dengan Gaya-Gaya.....	10
2.7 Beton Prategang dan Beton Bertulang .....	11
2.8 Lendutan Pada Beton Prategang .....	12
2.9 Metode Pratarik .....	13
2.10 Metode Pascatarik .....	14
2.11 Bentuk-Bentuk Box Girder .....	17
2.12 Macam-Macam Tinggi Box Girder.....	17
2.13 Box Girder Dengan Tendon .....	17
2.14 Bagian jembatan box girder .....	18
2.15 Lock up device .....	19
2.16 Modular expansion joint.....	20
2.17 Mechanical bearing .....	21
3.1 Lokasi Jembatan Pondoknongko.....	39
3.2 Flowchart Tahapan Perencanaan.....	42
4.1 Dimensi Rencana Box Girder .....	45
4.2 Dimensi Box Girder .....	47
4.3 <i>Section Properties</i> Box Girder .....	47
4.4 Momen Box Girder .....	49
4.5 Rencana Sandaran .....	50
4.6 Trotoar.....	54
4.7 Penyebaran Beban Pada Plat Lantai .....	56

4.8	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Berat Sendiri .....	57
4.9	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Beban Mati Tambahan	58
4.10	Penampang, Momen dan Bidang Geser Box Girder Dengan Beban Lajur .....	60
4.11	Beban Truk .....	61
4.12	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Beban Pejalan Kaki....	62
4.13	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Gaya Rem.....	63
4.14	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Beban Angin .....	65
4.15	Penampang dan Momen Box Girder Dengan Beban Gempa.....	66
4.16	Distribusi Gaya Tegang Pada Box Girder .....	74
4.17	Penampang Dengan Posisi Tendon Di Tumpuan Tepi .....	79
4.18	Penampang Dengan Posisi Tendon Di $\frac{1}{4}$ dan $\frac{3}{4}$ Panjang Jembatan	80
4.19	Penampang Dengan Posisi Tendon Di Tengah Jembatan .....	81
4.20	Posisi Angkur .....	87
4.21	Angkur Hidup VSL Tipe 22 Sc.....	87
4.22	Angkur Mati VSL Tipe 22 P .....	87
4.23	Distribusi Tegangan Saat Transfer .....	96
4.24	Distribusi Tegangan Saat Loss Of Prestress .....	97
4.25	Tegangan Akibat Berat Sendiri .....	98
4.26	Tegangan Akibat Berat Tambahan.....	99
4.27	Tegangan Akibat Susut .....	99
4.28	Tegangan Akibat Rangkak .....	100
4.29	Tegangan Akibat Prategang .....	102
4.30	Tegangan Akibat Beban Lajur “D” (TD) .....	103
4.31	Tegangan Akibat Beban Beban Truk (TT) .....	103
4.32	Tegangan Akibat Beban Pejalan Kaki (TP) .....	103
4.33	Tegangan Akibat Beban Rem (TB).....	104
4.34	Tegangan Akibat Beban Angin (EW) .....	104
4.35	Tegangan Akibat Beban Gempa (EQ) .....	105

4.36	Tegangan Akibat Pengaruh Temperatur.....	105
4.37	Lendutan Pada Box Girder .....	109
4.38	Kapasitas Momen Positif Box Girder .....	114
4.39	Pembesian End Block.....	120
4.40	Penampang Girder di Serat Atas .....	120
4.41	Penampang Girder di Serat Bawah .....	121
4.42	Sengkang pada Akur Hidup .....	121
4.43	Tegangan Geser Box Girder.....	123
4.44	Posisi Sengkang Geser Melintang.....	126
4.45	Posisi Sengkang Geser Memanjang .....	126
4.46	Penampang Box Girder .....	127
4.47	Penampang Box Girder .....	128
4.48	Tinjauan Slab Akibat Berat Sendiri .....	130
4.49	Tinjauan Slab Akibat Beban Mati Tambahan .....	130
4.50	Tinjauan Slab Akibat Beban Truk.....	131
4.51	Beban Truk Satu Roda .....	132
4.52	Beban Truk Dua Roda.....	133
4.53	Tinjauan Slab akibat Beban Angin.....	134
4.54	Posisi Penulangan Slab.....	139
4.55	Port Bearing Tepi .....	140
4.56	Bursting steel pada tumpuan tepi .....	141

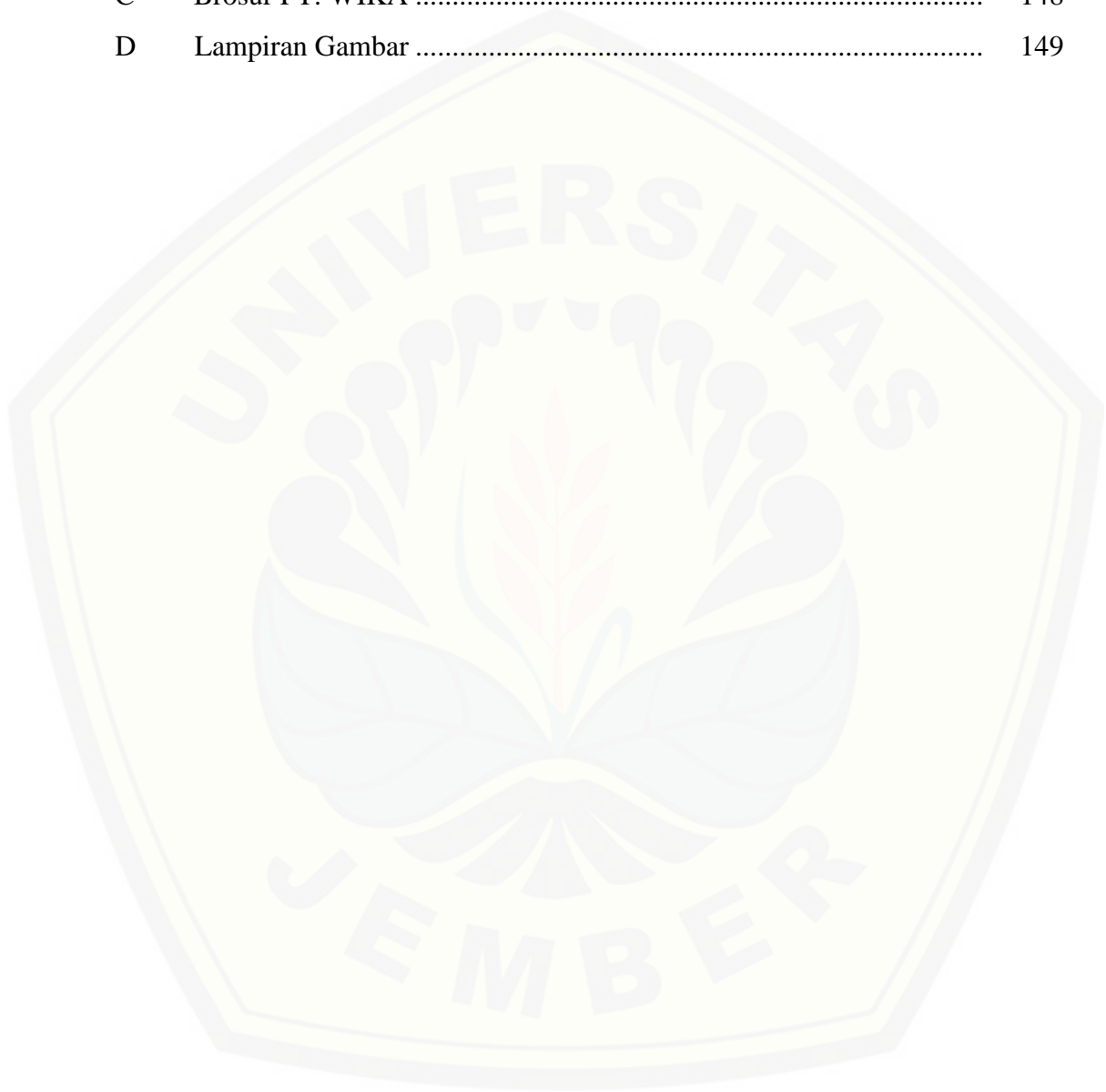
**DAFTAR GRAFIK**

	Halaman
4.1 Diagram Momen .....	70
4.2 Diagram Gaya Geser .....	72
4.3 Posisi Tendon .....	78



**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A Foto Riil Jembatan Lama .....	146
B Tabel VSL .....	147
C Brosur PT. WIKA .....	148
D Lampiran Gambar .....	149





## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan Pondoknongko terletak tak jauh dari Kota Banyuwangi atau sekitar 15 menit perjalanan dengan menggunakan kendaraan bermotor. Awalnya jembatan ini merupakan jembatan lama dengan konstruksi beton bertulang dengan panjang 50 meter, lebar 8 meter dan tinggi 6 meter dari permukaan air. Jembatan ini merupakan jembatan yang memiliki permukaan air sungai yang tergolong rendah. Seiring perjalanan waktu dan berbagai macam perubahan alam dan lingkungan, air sungai meluap dan hampir menyentuh bagian bawah struktur atas jembatan. Agar tidak terjadi hal yang merugikan, maka jembatan direncanakan ulang dengan bentuk dan metode yang berbeda.

Pada Tugas Akhir ini pembangunan jembatan alternatif direncanakan menggunakan Jembatan *Box Girder*. Dipilihnya Jembatan *Box Girder* karena jembatan ini akan lebih efektif bila digunakan pada bentang panjang lebih dari 100 meter. *Box girder* sendiri memiliki struktur yang terbuat dari beton prategang. Adapun pemakaian beton prategang itu sendiri dimaksudkan untuk mengurangi gaya tarik pada jembatan sehingga penggunaan bahan menjadi lebih sederhana dibandingkan gelagar parallel. Fungsi jembatan ini untuk mendukung pergerakan lalu lintas dan pengembangan kawasan serta peningkatan perekonomian suatu daerah.

Pada proses perencanaan Jembatan *Box Girder* ini akan mengacu pada peraturan SNI untuk menentukan segala desain dan pembebanan yang bekerja pada struktur jembatan tersebut untuk analisa perhitungan *superstructures* yang seluruhnya menggunakan bahan dari beton prategang dan *substructures* menggunakan beton bertulang. Akhirnya, jembatan ini direncanakan menggunakan metode *box girder* atau jembatan dengan menggunakan beton pracetak berupa beton prategang dan berongga trapesium. Jembatan didesain ulang dengan panjang 50 meter, lebar 9 meter dan tinggi 8 meter demi mengantisipasi permukaan air sungai yang meluap. Struktur utamanya yang dulu

kebanyakan dari beton bertulang diganti dengan *box girder*. Jembatan ini diproyeksikan untuk lalu lintas dan jembatan alternatif yang menghubungkan dua daerah yang dilintasi sungai besar dibawahnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut ini adalah rumusan masalah dalam perencanaan ini :

1. Bagaimana mendesain struktur Jembatan *Box Girder* yang aman untuk dapat digunakan sebagai lalu lintas kendaraan bermotor dan jembatan alternatif di Pondoknongko Kabupaten Banyuwangi?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan perencanaan ini adalah mendesain Jembatan *Box Girder* yang aman berdasarkan SNI, sebagai lalu lintas dan jembatan alternatif untuk memenuhi volume kendaraan yang meningkat setiap tahunnya.

## 1.4 Batasan Masalah

Batasan - batasan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Jembatan ini terletak di Desa Pondoknongko, Kabupaten Banyuwangi.
2. Direncanakan struktur atas menggunakan *box girder prestress posttension*
3. Mutu beton  $f_c' = 41,50$  MPa
4. Mutu baja prategang digunakan kabel jenis *strand seven wires stress relieved* dengan 22 kawat untai/tendon dan tipe dongkrak VSL 22
5. Perencanaan jembatan ini tidak termasuk pembangunan dinding penahan tanah dan abutmen

6. Perencanaan tidak termasuk perhitungan struktur bawah jembatan
7. Perencanaan tidak termasuk analisa harga satuan, rencana anggaran biaya pembangunan dan realisasi.
8. Perencanaan tidak termasuk metode pelaksanaan.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat yang didapatkan dari perencanaan Jembatan Pondoknongko di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi ini adalah :

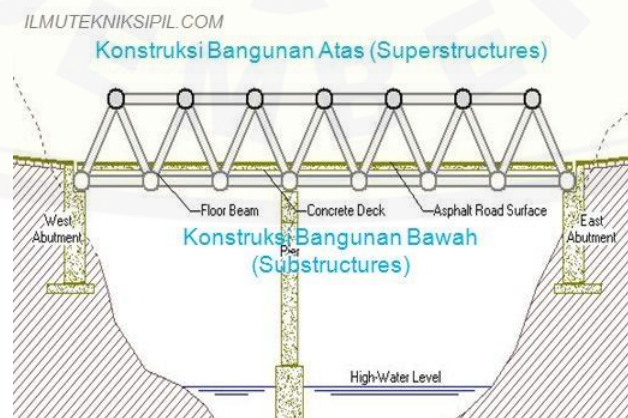
1. Bagi penulis bermanfaat untuk menambah wawasan dan ilmu mengenai ragam perencanaan jembatan.
2. Bagi mahasiswa teknik sipil bermanfaat sebagai referensi dalam mengerjakan tugas akhir maupun tugas perkuliahan.
3. Bagi masyarakat sekitar berguna untuk berpindah tempat dengan aman dan selamat melalui sungai besar dibawahnya, serta sebagai jembatan alternatif yang menghubungkan dua daerah yang terpisah.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 JEMBATAN

Definisi jembatan adalah suatu struktur yang menghubungkan alur transportasi melintasi rintangan yang ada tanpa menutupinya. Rintangan bisa berupa sungai, jurang, ruas jalan tidak sebidang dan lain sebagainya. Sehingga memungkinkan kendaraan, kereta api maupun pejalan kaki melintas dengan lancar dan aman. Konstruksi suatu jembatan terdiri dari bangunan atas, bangunan bawah dan pondasi. Sesuai dengan istilahnya bangunan atas berada pada bagian atas suatu jembatan yang berfungsi untuk menampung semua beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas kendaraan atau orang yang kemudian disalurkan ke bagian bawah. Sedang bangunan bawah terletak di bawah bangunan atas yang berfungsi untuk menerima atau memikul beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkan ke pondasi. Pondasi berfungsi menerima beban-beban dari bangunan bawah lalu disalurkan ke tanah. Jenis pondasi tergantung dari kondisi tanah dasarnya, dapat menggunakan tiang pancang, tiang bor, atau sumuran.

### 2.2 STRUKTUR JEMBATAN



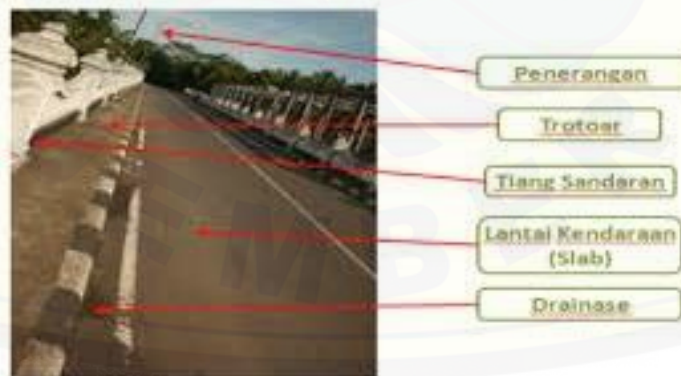
Gambar 2.1 Bagian Jembatan

Secara umum struktur jembatan dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu struktur atas, struktur bawah dan pondasi. Berikut penjelasannya:

### 2.2.1 Struktur Atas (*Superstructures*)

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan, gaya rem, beban pejalan kaki, dll. Struktur atas jembatan umumnya meliputi :

- a. Trotoar :
  - Sandaran dan tiang sandaran,
  - Peninggian trotoar (*Kerb*),
  - Slab lantai trotoar.
- b. Slab lantai kendaraan,
- c. Gelagar (*Girder*),
- d. Balok diafragma,
- e. Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang),
- f. Tumpuan (*Bearing*).

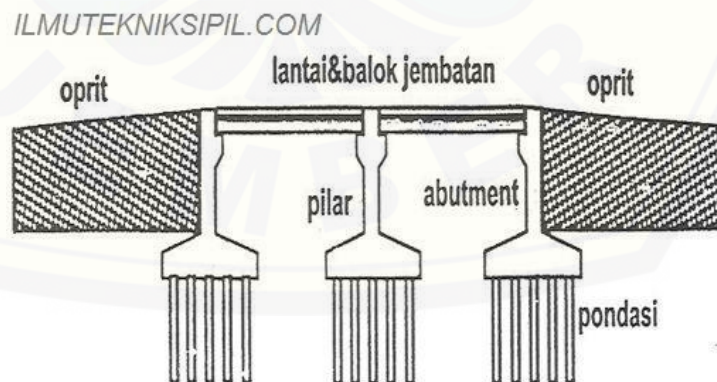


Gambar 2.2 Contoh Struktur Atas Jembatan

### 2.2.2 Struktur Bawah (*Substructures*)

Struktur bawah jembatan berfungsi memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air dan hanyutan, tumbukan, gesekan pada tumpuan dan sebagainya untuk kemudian disalurkan ke pondasi. Selanjutnya beban-beban tersebut disalurkan oleh pondasi ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan umumnya meliputi :

- a. Pangkal jembatan (*Abutment*),
  - Dinding belakang (*Back wall*),
  - Dinding penahan (*Breast wall*),
  - Dinding sayap (*Wing wall*),
  - Oprit, plat injak (*Approach slab*)
  - Konsol pendek untuk jacking (*Corbel*),
  - Tumpuan (*Bearing*).
- b. Pilar jembatan (*Pier*),
  - Kepala pilar (*Pier Head*),
  - Pilar (*Pier*), yang berupa dinding, kolom, atau portal,
  - Konsol pendek untuk jacking (*Corbel*),
  - Tumpuan (*Bearing*).

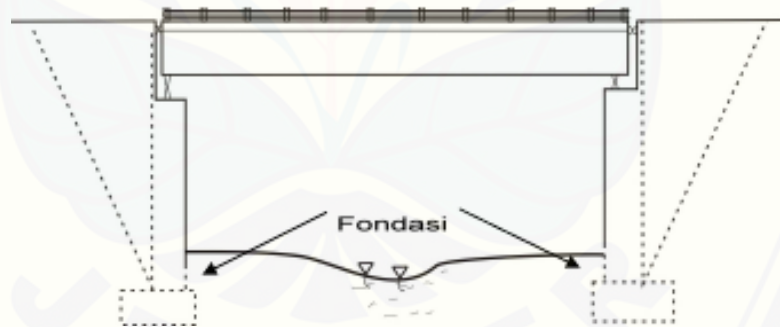


Gambar 2.3 Contoh Struktur Bawah Jembatan

### 2.2.3 Pondasi

Pondasi jembatan berfungsi meneruskan seluruh beban jembatan ke tanah dasar. Berdasarkan sistemnya, pondasi abutment atau pier jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam jenis, antara lain :

- a. Pondasi telapak (*spread footing*)
- b. Pondasi sumuran (*caisson*)
- c. Pondasi tiang (*pile foundation*)
  - Tiang pancang kayu (*Log Pile*),
  - Tiang pancang baja (*Steel Pile*),
  - Tiang pancang beton (*Reinforced Concrete Pile*),
  - Tiang pancang beton prategang pracetak (*Precast Prestressed Concrete Pile*), spun pile,
  - Tiang beton cetak di tempat (*Concrete Cast in Place*), *borepile*, *franky pile*,
  - Tiang pancang komposit (*Compossite Pile*)



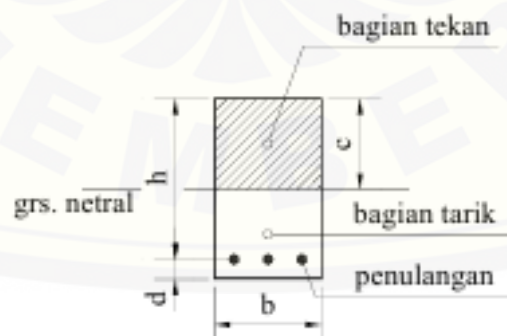
Gambar 2.4 Contoh Pondasi Jembatan

## 2.3 PRATEKAN/PRATEGANG

### 2.3.1 Pengertian

Konsep prategang adalah memberikan gaya tarik pada tendon sebagai tulangan tariknya serta memberikan momen perlawanan dari eksentrisitas yang ada sehingga selalu tercipta tegangan total negatif baik di saat atas maupun bawah yang besarnya selalu di bawah kapasitas tekan beton. Struktur akan selalu bersifat elastis karena beton tidak pernah mencapai tegangan tarik dan tendon tak pernah mencapai titik plastisnya. (Manual Konstruksi dan Bangunan – Pemeliharaan Jembatan *Box Girder*, 2011)

Seperti yang telah diketahui bahwa beton adalah suatu material yang tahan terhadap tekanan, akan tetapi tidak tahan terhadap tarikan. Sedangkan baja adalah suatu material yang sangat tahan terhadap tarikan. Dengan mengkombinasikan antara beton dan baja dimana beton yang menahan tekanan sedangkan tarikan ditahan oleh baja akan menjadi material yang tahan terhadap tekanan dan tarikan yang dikenal sebagai beton bertulang (*reinforced concrete*). Jadi pada beton bertulang, beton hanya memikul tegangan tekan, sedangkan tegangan tarik dipikul oleh baja sebagai penulangan (rebar). Sehingga pada beton bertulang, penampang beton tidak dapat efektif 100 % digunakan, karena bagian yang tertarik tidak diperhitungkan sebagai pemikul tegangan.



Gambar 2.5 Penampang beton dengan tegangan-tegangan

Hal ini dapat dilihat pada sketsa gambar diatas. Suatu penampang beton bertulang dimana penampang beton yang diperhitungkan untuk memikul



tegangan tekan adalah bagian di atas garis netral (bagian yang diarsir), sedangkan bagian di bawah garis netral adalah bagian tarik yang tidak diperhitungkan untuk memikul gaya tarik karena beton tidak tahan terhadap tegangan tarik.

Gaya tarik pada beton bertulang dipikul oleh besi penulangan (rebar). Kelemahan lain dari konstruksi beton bertulang adalah berat sendiri (*self weight*) yang besar, yaitu  $2.400 \text{ kg/m}^3$ , dapat dibayangkan berapa berat penampang yang tidak diperhitungkan untuk memikul tegangan (bagian tarik). Untuk mengatasi ini pada beton diberi tekanan awal sebelum beban-beban bekerja, sehingga seluruh penampang beton dalam keadaan tertekan seluruhnya, inilah yang kemudian disebut beton pratekan atau beton prategang (*prestressed concrete*).

Perbedaan utama antara beton bertulang dan beton prategang.

- Beton bertulang : Cara bekerja beton bertulang adalah mengkombinasikan antara beton dan baja tulangan dengan membiarkan kedua material tersebut bekerja sendiri-sendiri, dimana beton bekerja memikul tegangan tekan dan baja penulangan memikul tegangan tarik. Jadi dengan menempatkan penulangan pada tempat yang tepat, beton bertulang dapat sekaligus memikul baik tegangan tekan maupun tegangan tarik.
- Beton prategang : Pada beton pratekan, kombinasi antara beton dengan mutu yang tinggi dan baja bermutu tinggi dikombinasikan dengan cara aktif, sedangkan beton bertulang kombinasinya secara pasif. Cara aktif ini dapat dicapai dengan cara menarik baja dengan menahannya ke beton, sehingga beton dalam keadaan tertekan. Karena penampang beton sebelum beban bekerja telah dalam kondisi tertekan, maka bila beban bekerja tegangan tarik yang terjadi dapat dieliminir oleh tegangan tekan yang telah diberikan pada penampang sebelum beban bekerja.

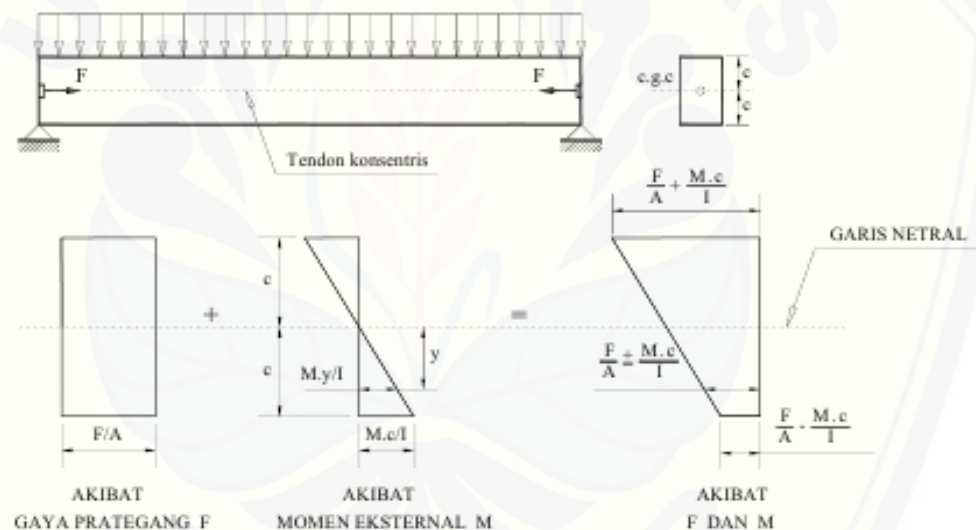
### 2.3.2 Konsep Pratekan/Prategang

Ada tiga konsep yang dapat dipakai untuk menjelaskan dan menganalisis sifat-sifat dasar dari beton prategang. Hal ini dapat diterangkan sebagai berikut :

#### Konsep Pertama :

Sistem Prategang untuk mengubah beton yang getas menjadi bahan yang Elastis. Eugene Freyssinet menggambarkan dengan memberikan tekanan terlebih dahulu (pratekan) pada bahan beton yang pada dasarnya getas akan menjadi bahan yang elastis. Dengan memberikan tekanan (dengan menarik baja mutu tinggi), beton yang bersifat getas dan kuat memikul tekanan, akibat adanya tekanan internal ini dapat memikul tegangan tarik akibat beban eksternal.

Hal ini dapat dijelaskan dengan gambar dibawah ini :



Gambar 2.6 Beton dengan gaya-gaya

Akibat diberi gaya tekan (gaya prategang)  $F$  yang bekerja pada pusat berat penampang beton akan memberikan tegangan tekan yang merata diseluruh penampang beton sebesar  $F/A$ , dimana  $A$  adalah luas penampang beton tersebut. Akibat beban merata (termasuk berat sendiri beton) akan memberikan tegangan tarik dibawah garis netral dan tegangan tekan diatas garis netral yang besarnya pada serat terluar penampang adalah :

$$\text{Tegangan lentur : } f = \frac{M.c}{I}$$

Dimana :  $M$  : momen lentur pada penampang yang ditinjau  
 $c$  : jarak garis netral ke serat terluar penampang  
 $I$  : momen inersia penampang.

Kalau kedua tegangan akibat gaya prategang dan tegangan akibat momen lentur ini dijumlahkan, maka tegangan maksimum pada serat terluar penampang adalah :

a. Diatas garis netral :

$$f_{total} = \frac{F}{A} + \frac{M.c}{I} \rightarrow \text{tidak boleh melampaui tegangan hancur beton.}$$

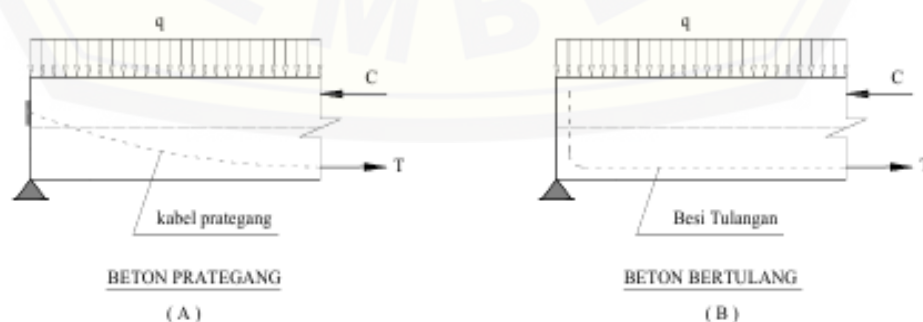
b. Dibawah garis netral :

$$f_{total} = \frac{F}{A} - \frac{M.c}{I} \geq 0 \rightarrow \text{tidak boleh lebih kecil dari nol.}$$

Jadi dengan adanya gaya internal tekan ini, maka beton akan dapat memikul beban tarik.

### Konsep Kedua :

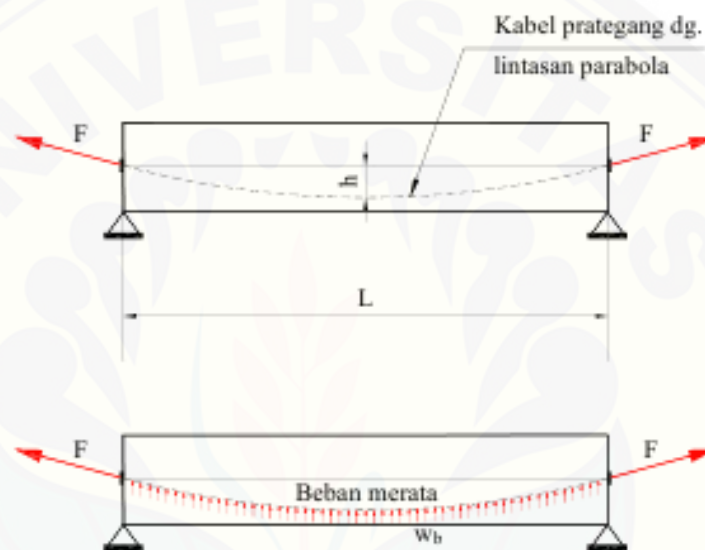
Sistem Prategang untuk kombinasi baja mutu tinggi dengan beton mutu tinggi. Konsep ini hampir sama dengan konsep beton bertulang biasa, yaitu beton prategang merupakan kombinasi kerja sama antara baja prategang dan beton, dimana beton menahan beban tekan dan baja prategang menahan beban tarik. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.7 Beton prategang dan beton bertulang

**Konsep Ketiga :**

Sistem Prategang untuk mencapai keseimbangan beban. Disini menggunakan prategang sebagai suatu usaha untuk membuat keseimbangan gaya-gaya pada suatu balok. Pada desain struktur beton prategang, pengaruh dari prategang dipandang sebagai keseimbangan berat sendiri, sehingga batang yang mengalami lendutan seperti plat, balok dan gelagar tidak akan mengalami tegangan lentur pada kondisi pembebanan yang terjadi. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.8 Lendutan pada beton prategang

Suatu balok beton diatas dua perletakan (*simple beam*) yang diberi gaya prategang  $F$  melalui suatu kabel prategang dengan lintasan parabola. Beban akibat gaya prategang yang terdistribusi secara merata ke arah atas dinyatakan :

$$M_{ba} = \frac{8 x P x e}{L^2}$$

Dimana :  $M_{ba}$  : beban merata kearah atas, akibat gaya prategang  $P$

$e$  : tinggi parabola lintasan kabel prategang.

$L$  : bentangan balok.

$P$  : gaya prategang.

Jadi beban merata akibat beban (mengarah ke bawah) diimbangi oleh gaya merata akibat prategang  $W_b$  yang mengarah keatas. Inilah tiga konsep dari

beton prategang (pratekan), yang nantinya dipergunakan untuk menganalisa suatu struktur beton prategang.

### 2.3.3. Metode Prategangan

Pada dasarnya ada 2 macam metode pemberian gaya prategang pada beton, yaitu :

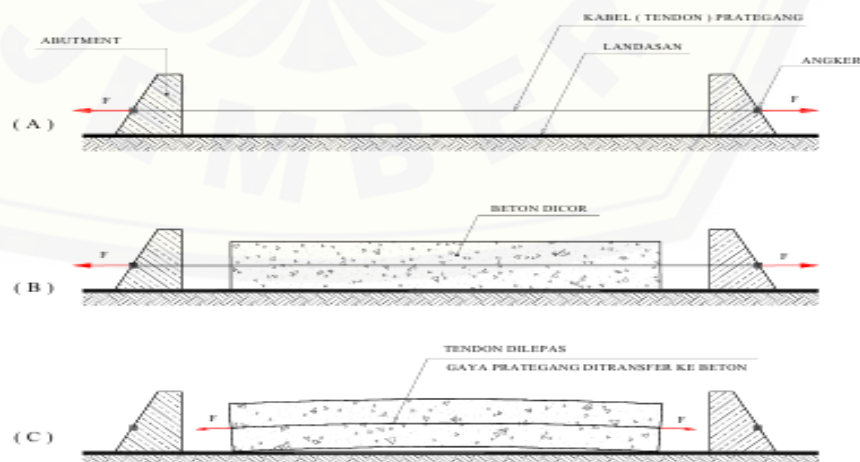
- Pratarik (*Pre-Tension Method*)

Metode ini baja prategang diberi gaya prategang dulu sebelum beton dicor, oleh karena itu disebut *pretension method*. Adapun prinsip dari Pratarik ini secara singkat adalah sebagai berikut :

Tahap 1 : Kabel (Tendon) prategang ditarik atau diberi gaya prategang kemudian diangker pada suatu abutment tetap.

Tahap 2 : Beton dicor pada cetakan (*formwork*) dan landasan yang sudah disediakan sedemikian sehingga melingkupi tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengering.

Tahap 3 : Setelah beton mengering dan cukup umur kuat untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan dilepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton.



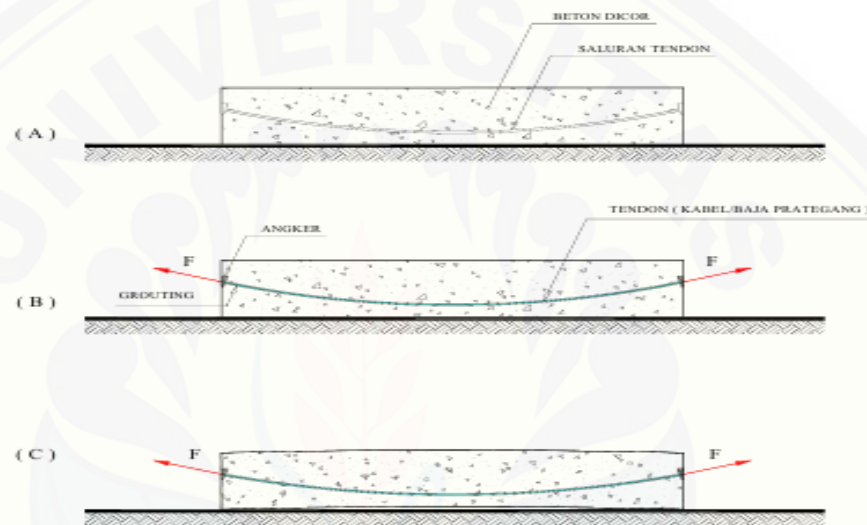
Gambar 2.9 Metode pratarik

Setelah gaya prategang ditransfer ke beton, balok beton tersebut akan melengkung ke atas sebelum menerima beban kerja. Setelah beban kerja bekerja, maka balok beton tersebut akan rata.

- Pascatarik (*Post-Tension Method*)

Pada metode Pascatarik, beton dicor lebih dahulu, dimana sebelumnya telah disiapkan saluran kabel atau tendon yang disebut *duct*.

Secara singkat metode ini dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 2.10 metode pascatarik

Tahap 1 : Dengan cetakan (*formwork*) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/selongsong kabel prategang (*tendon duct*) yang dipasang melengkung sesuai bidang momen balok, beton dicor.

Tahap 2 : Setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan dalam selongsong (*tendon duct*), kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini, salah satu ujung kabel diangker, kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Ada pula yang ditarik dikedua sisinya dan diangker secara bersamaan. Setelah diangkur, kemudian saluran digrouting melalui lubang yang telah disediakan.

Tahap 3 : Setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan, jadi gaya prategang telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya keatas, akibatnya balok melengkung keatas.

Karena alasan transportasi dari pabrik beton ke lokasi, maka biasanya beton prategang dengan sistem *post-tension* ini dilaksanakan secara segmental (balok dibagi-bagi, misalnya dengan panjang 1 ~ 1,5 m), kemudian pemberian gaya prategang dilaksanakan di lokasi, setelah balok segmental tersebut dirangkai.

#### 2.3.4. Tahap Pembebanan

Beton prategang dua tahap pembebanan, tidak seperti pada beton bertulang biasa. Pada setiap tahap pembebanan harus selalu diadakan pengecekan atas kondisi pada bagian yang tertekan maupun bagian yang tertarik untuk setiap penampang. Ada dua tahap pembebanan pada beton prategang, yaitu :

- **Tahap Transfer**

Untuk metode pratarik, tahap transfer ini terjadi pada saat anker dilepas dan gaya prategang ditransfer ke beton. Untuk metode pascatarik, tahap transfer ini terjadi pada saat beton sudah cukup umur dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini beban yang bekerja hanya berat sendiri struktur, beban pekerja dan peralatan, sedangkan beban hidup belum bekerja sepenuhnya, jadi beban yang bekerja sangat minimum, sementara gaya prategang yang bekerja adalah maksimum karena belum ada kehilangan gaya prategang.

- **Tahap Servis**

Setelah beton prategang digunakan atau difungsikan sebagai komponen struktur, maka mulailah masuk ke tahap servis, atau tahap layan dari beton prategang tersebut. Pada tahap ini beban luar seperti *live load*, angin, gempa dan lainnya. mulai bekerja, sedangkan pada tahap ini semua kehilangan gaya prategang sudah harus dipertimbangkan didalam analisa strukturnya.

Pada setiap tahap pembebanan pada beton prategang harus selalu dianalisis terhadap kekuatan, daya layan, lendutan terhadap lendutan ijin, nilai retak terhadap nilai batas yang diijinkan. Perhitungan untuk tegangan dapat dilakukan dengan pendekatan kombinasi pembebanan, konsep kopel internal (*internal couple concept*) atau metode beban penyeimbang (*load balancing method*).

## **2.4 JEMBATAN *BOX GIRDER***

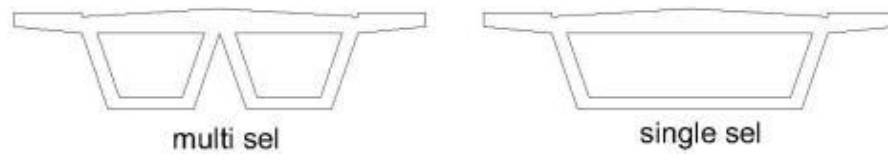
### **2.4.1 Jembatan *Box Girder***

Sistem Bangunan Jembatan telah diteliti dan dikembangkan selama bertahun-tahun. Konsep perencanaan struktur jembatan adalah berdasarkan atas seni (estetika) dan konstruksi jembatan itu sendiri. Berdasarkan dari fungsi komperhensif, maka nilai maksimum dari suatu jembatan akan ditentukan oleh: biaya konstruksi, kemudahan pelaksanaan, estetika dan pertimbangan lingkungan, dan biaya pemeliharaan.

Jembatan *box girder* adalah sebuah jembatan dimana struktur atas jembatan terdiri dari balok-balok penopang utama yang berbentuk kotak berongga. *Box girder* biasanya terdiri dari elemen beton pratekan, baja struktural, atau komposit baja dan beton bertulang. Bentuk penampang dari *box girder* umumnya adalah persegi atau trapesium dan dapat direncanakan terdiri



atas satu sel atau banyak sel. Berikut ini contoh gambar *box girder* dengan *single* sel dan *multi* sel:



Gambar 2.11 Bentuk-bentuk *box girder*

Tinggi elemen *box girder* dapat dibuat konstan maupun bervariasi, makin ke tengah makin kecil. Salah satu keuntungan dari jembatan *box girder* yaitu ketahanan torsi yang lebih baik, yang sangat bermanfaat untuk aplikasi jembatan yang melengkung. Berikut ini merupakan contoh gambar tinggi *box girder* yang konstan dan bervariasi:



Gambar 2.12 Macam-macam tinggi *box girder*

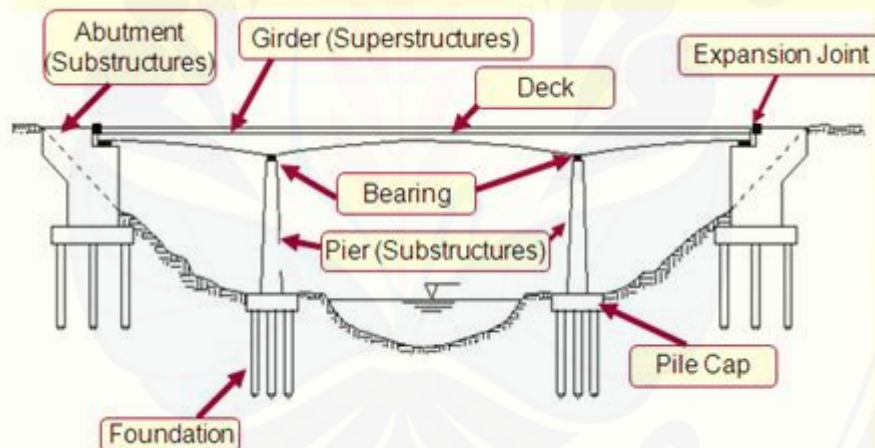
Berikut ini merupakan gambar *box girder* yang telah diisi dengan tendon atau kabel tarik yang terbuat dari kabel baja:



Gambar 2.13 *Box girder* dengan tendon

Metode pelaksanaan jembatan *box girder* kompleks dan bervariasi terhadap keadaan tanahnya, jenis tendon pratekannya apakah internal *prestressing* atau *external prestressing*, tergantung juga dari lekatan kabel dengan beton apakah *bonded* ataukah *unbonded*, pengaturan bentangan jembatan apakah menerus atau bentang sederhana, tinggi elemen *box girder* apakah bervariasi atau konstan serta proses pelaksanaan di lapangan apakah cor di tempat atau pracetak. Metode pelaksanaan yang umum digunakan adalah metode konvensional dengan perancah, *balance cantilever*, atau kombinasinya dan *incremental launching*. (Manual Konstruksi dan Bangunan – Pemeliharaan Jembatan *Box Girder*, 2011)

#### 2.4.2 Bagian Jembatan *Box Girder*



Gambar 2.14 Bagian jembatan *box girder*

##### 2.4.2.1 Abutmen / Kepala Jembatan

Merupakan bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan yang berfungsi memikul reaksi beban pada ujung jembatan dan dapat juga berfungsi sebagai dinding penahan tanah.

#### 2.4.2.2 Pilar / Pier

Perencanaan pilar merupakan hal yang sangat penting dan mendasar yang akan mempengaruhi estetika, keekonomisan serta perilaku struktur dari jembatan. Pilar akan menerima gaya dari gelagar. Secara prinsip pemakaian beton pada pilar mempunyai dasar yang kuat mengingat pilar akan mengalami gaya tekan yang besar. Pilar untuk jembatan *box girder* beton akan menerima gaya yang besar akibat bentang jembatan yang besar serta berat *box girder* itu sendiri. Penampang pilar dapat dibuat masif ataupun berongga.

#### 2.4.2.3 Gelagar

Merupakan penampang jembatan yang berfungsi sebagai penyokong beban atas jembatan. Bentuk penampang dari *box girder* umumnya adalah persegi atau trapesium dan dapat direncanakan terdiri atas satu sel atau banyak sel.

#### 2.4.2.4 Lock Up Device

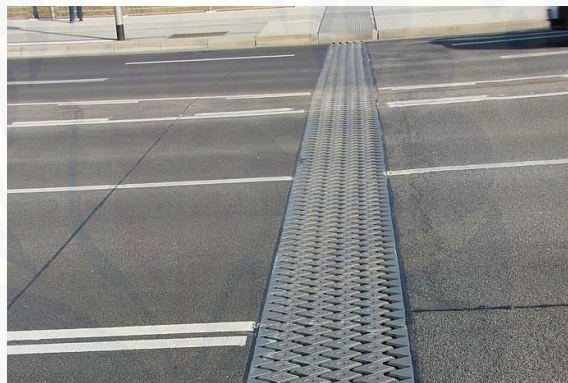


Gambar 2.15 *Lock up device*

Fungsi dari *Lock Up Device* adalah untuk memberikan suatu hubungan yang kaku (*rigid link*) antara dek jembatan dengan abutmen atau pilar jembatan, sehingga pada akibat beban yang cepat dengan durasi yang pendek seperti gempa, tabrakan, rem, gaya tersebut akan disalurkan ke perletakkan. Akibat beban yang terjadi perlahan-lahan seperti suhu, susut, dan rangkak, maka tidak terjadi hubungan kaku sehingga tidak terjadi penyaluran gaya.

#### 2.4.2.5 Modular Expansion Joint

Sebagaimana umumnya jembatan bentang panjang, pergerakan padadek jembatan akan selalu terjadi dan harus diakomodasi dengan baik.



Gambar 2.16 *Modular expansion joint*

Untuk mengakomodasi pergerakan yang relatif besar tersebut, umumnya digunakan *Expansion Joint* tipe modular.

#### 2.4.2.6 Mechanical Bearing

Sebagaimana umumnya jembatan bentang panjang, gaya-gaya perletakkan akan memiliki *magnitude* yang besar. Untuk itu, perletakkan yang digunakan pada jembatan bentang panjang adalah perletakkan yang mempunyai kemampuan menahan gaya yang besar. Tipe perletakkan

mekanik seperti *poit bearing* dan *spherical bearing* umum digunakan pada jembatan bentang panjang.



Gambar 2.17 *Mechanical bearing*

### 2.4.3 Pembebanan Jembatan

#### 2.4.3.1 Berat Sendiri

Berat sendiri (*self weight*) adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen non-struktural yang dipikulnya dan bersifat tetap.

#### 2.4.3.2 Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada girder jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan girder direncanakan mampu memikul beban mati tambahan berupa :

- a. Aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali di kemudian hari (*overlay*).

- b. Genangan air hujan setinggi 50 mm apabila saluran drainase tidak bekerja dengan baik.

### 2.4.3.3 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 jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Umumnya beban lajur “D” menjadi penentu dalam perhitungan jembatan bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban lajur “T” untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

#### a. Beban lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi rata/BTR dan beban garis/BGT. Beban terbagi rata mempunyai intensitas  $q$  (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total  $L$  yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus berikut:

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m ; } \quad q = 9,0 \text{ kPa}$$

$$\text{Jika } L > 30 \text{ m ; } \quad q = 9,0 \times \left( 0,5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa}$$

Beban garis mempunyai intensitas,  $p = 49,0 \text{ kN/m}$

Faktor beban dinamis (*Dinamic Load Allowance*) untuk BGT diambil sebagai berikut:

$$\text{DLA} = 0,4 \quad \text{untuk } L \leq 50 \text{ m}$$

$$\text{DLA} = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50) \quad \text{untuk } 50 < L < 90 \text{ m}$$

$$\text{DLA} = 0,3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

Lebar jalur lalu lintas,  $B = 7,00 \text{ m}$

Beban merata,  $q = 9,0 \times \left(0,5 + \frac{15}{L}\right)$

Beban merata pada *box girder*,  $Q_{TD} = \frac{[q \times (B + 5,5)]}{2}$

Beban garis,  $p = 49,00 \text{ kN/m}$

Faktor beban dinamis,  $DLA = 0,4$

Beban terpusat pada *box girder*,  $P_{TD} = \frac{[(1 + DLA) \times p \times (B + 5,5)]}{2}$

#### b. Beban Truk T (TT)

Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk hanya dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai.

Faktor beban ultimit:  $K_{TT} = 2$

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya,  $T = 112,5 \text{ kN}$

Faktor beban dinamis untuk pembebanan truk diambil,  $DLA = 0,4$

Beban truk,  $P_{TT} = (1 + DLA) \times T$

#### 2.4.3.4 Pembebanan untuk Pejalan Kaki ( TP )

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

Lebar trotoar,  $b_t = 1,00 \text{ m}$

Intensitas beban pada trotoar  $> 600 \text{ mm}$ ,  $q = 5 \text{ kPa}$

Pembebanan jembatan untuk trotoar,  $Q_{TP} = q \times b_t$

### 2.4.3.5 Gaya Rem ( TB )

Gaya rem harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimuati dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Besarnya gaya dalam arah memanjang jembatan tergantung panjang total jembatan ( $L_t$ ) sebagai berikut :

Gaya rem, $T_{TB} = 250$ kN	untuk $L_t \leq 80$ m
Gaya rem, $T_{TB} = 250 + 2,5 \times (L_t - 80)$ kN	untuk $80 < L_t < 180$ m
Gaya rem, $T_{TB} = 500$ kN	untuk $L_t \geq 180$ m

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata /BTR

Beban lajur “D” tanpa faktor beban dinamis,  $Q_{TD} = 45,00$  kN/m

Gaya rem,  $T_{TB} = 5 \%$  dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata /BTR

### 2.4.3.6 Beban Angin ( EW )

Tekanan angin horizontal diasumsikan dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90-126 km/jam. beban angin harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos angin. Luas area yang diperhitungkan adalah luas area dari semua komponen, termasuk sistem lantai dan railing yang diambil tegak lurus terhadap arah angin. Untuk jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah/air, maka kecepatan angin rencana dihitung sebagai berikut :

$$V_{DZ} = 2,5 \times V_0 \times \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \times \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right)$$



Tabel 2.1 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu

Kondisi	Lahan terbuka	Sub Urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

Perencanaan dapat menggunakan kecepatan angin rencana dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Arah angin diasumsikan secara horizontal. Maka ditetapkan dengan persamaan :

$$P_D = P_B \times \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

Tabel 2.2 Tekanan angin dasar

Komponen	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
bangunan atas		
Rangka, kolom,dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Keterangan:

$V_0$  = Kecepatan gesekan angin

$V_{10}$  = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm, diperoleh dari :

- Grafik kecepatan angin dasar
- Survei angin di lokasi
- Asumsi  $V_{10} = V_B = 90-126$  km/jam

$V_B$  = Kecepatan angin rencana 90-126 km/jam

$Z$  = Elevasi struktur

$Z_0$  = Panjang gesekan di hulu jembatan

$P_B$  = Tekanan angin dasar

**2.4.3.7 Beban Gempa (EQ)**

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh. Beban gempa diambil sebagai horizontal yang ditentukan sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t$$

Koefisien respon gempa elastis,  $C_{sm} = \frac{1,2 \times A \times S}{T^{2/3}}$

Faktor modifikasi respon,  $R_d = 0,8$

Akselerasi puncak di batuan dasar,  $A = 0,22$

Periode alami struktur,  $T = 2$  detik

Koefisien tanah,  $S = 1,2$

Tabel 2.3 Faktor modifikasi respon ( $R_d$ ) untuk kolom dan hubungan dengan bangunan bawah

	Kolom atau pilar	Penghubung bangunan atas pada		
		Kepala jembatan	Kolom, pilar, atau tiang	Sambungan dilatasi
Pilar tipe dinding	2 (sumbu kuat) 3 (sumbu lemah)			
Kolom tunggal	3-4	0,8	1,0	0,8
Kolom majemuk	5-6			
Pile cap beton	2-3			

Tabel 2.4 Koefisien tanah (S)

S (Tanah teguh)	S (Tanah sedang)	S (Tanah lembek)
1,0	1,2	1,5

Tabel 2.5 Akselerasi puncak PGA di batuan dasar sesuai periode ulang

PGA (g)	50 tahun	100 tahun	200 tahun	500 tahun	1000 tahun
Wilayah 1	0,34-0,38	0,40-0,46	0,47-0,53	0,53-0,60	0,59-0,67
Wilayah 2	0,29-0,32	0,35-0,38	0,40-0,44	0,46-0,50	0,52-0,56
Wilayah 3	0,23-0,26	0,27-0,30	0,32-0,35	0,36-0,40	0,40-0,45
Wilayah 4	0,17-0,19	0,20-0,23	0,23-0,26	0,26-0,30	0,29-0,34
Wilayah 5	0,10-0,13	0,11-0,15	0,13-0,18	0,15-0,20	0,17-0,22
Wilayah 6	0,03-0,06	0,04-0,08	0,04-0,09	0,05-0,10	0,06-0,11

#### 2.4.4 Metode Desain

Salah satu pertimbangan istimewa pada beton prategang adalah banyaknya tahapan pembebanan saat komponen struktur dibebani. Tahapan pembebanan tersebut dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Gaya prategang awal ditetapkan, lalu pada saat transfer gaya ini disalurkan dari *strands* prategang ke beton.
2. Berat sendiri penuh  $M_{bs}$  bekerja bersamaan dengan gaya prategang awal  $P_t$  (apabila komponen struktur tersebut ditumpu sederhana).
3. Beban mati  $M_S$  termasuk beban mati tambahan  $M_A$  termasuk *topping* untuk aksi komposit bekerja.
4. Sebagian besar kehilangan gaya prategang terjadi, sehingga mengakibatkan gaya prategang menjadi tereduksi  $P_{eff}$ .
5. Komponen struktur menerima beban kerja penuh, kehilangan gaya prategang jangka panjang akibat rangkai, susut dan relaksasi baja terjadi dan menghasilkan gaya prategang netto  $P_{eff}$ .

##### 2.4.4.1 Menghitung Gaya Prestress

- **Saat Transfer**

Saat awal (*transfer*), yaitu pemeriksaan tegangan saat pelimpahan gaya prategang (penarikan tendon pada sistem pascatarik, pemotongan tendon pada sistem pratarik). Beban yang diperhitungkan adalah:

- Gaya prategang awal  $P_t$  (gaya prategang sebelum terjadi kehilangan tegangan/gaya prategang).
- Beban berat sendiri ( $M_{bs}$ )

Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Tegangan di serat atas, } 0,25 \times \sqrt{f_{ci}'} = \frac{-P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} \quad (1)$$

$$\text{Tegangan di serat bawah, } -0,55 \times f_{ci}' = \frac{-P_t}{A} - \frac{P_t \times e_s}{W_b} + \frac{M_{bs}}{W_b} \quad (2)$$

Keterangan :

$P_t$  = gaya prategang awal

$A$  = luas penampang box girder

$e_s$  = jarak titik berat tendon baja terhadap titik berat box girder

$W_a$  = tahanan momen di serat atas

$W_b$  = tahanan momen di serat bawah

$M_{bs}$  = momen akibat berat sendiri box girder prestress

- **Saat service**

Saat akhir (masa layan/*service*) adalah pemeriksaan pada saat seluruh beban transversal sudah bekerja. Penampang yang digunakan untuk perhitungan propertis yaitu penampang transformasi untuk tendon terikat (*bounded*) dan penampang netto untuk tendon tak terikat (*unbounded*). Beban-beban yang bekerja / diperhitungkan adalah :

- Gaya prategang efektif  $P_{eff}$  (gaya prategang setelah terjadi seluruh kehilangan gaya prategang akibat kehilangan jangka pendek dan jangka panjang).
- Seluruh beban eksternal telah bekerja, seperti beban berat sendiri, beban mati dan beban hidup atau dengan momen total yang bekerja saat layan  $M_T$ .

Persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{Tegangan di serat atas, } -0,40 \times f_c' = \frac{-P_{eff}}{A} + \frac{P_{eff} \times e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} - \frac{M_{TD}}{W_a} \quad (3)$$

$$\text{Tegangan di serat bawah, } 0,50 \times \sqrt{f_c'} = \frac{-P_{eff}}{A} - \frac{P_{eff} \times e_s}{W_b} + \frac{M_{bs}}{W_b} + \frac{M_{TD}}{W_b} \quad (4)$$

Keterangan :

$P_{eff}$  = gaya prategang efektif

$A$  = luas penampang box girder

$e_s$  = jarak titik berat tendon baja terhadap titik berat box girder

$W_a$  = tahanan momen di serat atas

$W_b$  = tahanan momen di serat bawah

$M_{bs}$  = momen akibat berat sendiri box girder prestress

$M_{TD}$  = momen akibat beban lajur D

#### 2.4.4.2 Jumlah dan Letak Tendon

Digunakan kabel yang terdiri dari beberapa kawat baja untaian "Stand cable" standar VSL.

$P_{bs}$  = beban putus minimal satu strands

$$\text{Jumlah strand minimal yang diperlukan, } n_s = \frac{P_t}{P_{bs}} \quad (5)$$

$$\text{Jumlah kabel strands, } \frac{n_s}{16} \quad (6)$$

$n_t$  = jumlah tendon

$P_{b1}$  = beban putus satu tendon

Persentase tegangan leleh yang timbul pada baja (% *Jacking Force*),

$$p_o = \frac{P_t}{(n_t \times P_{b1})} \quad (7)$$

$P_{bs1}$  = beban satu strands

Gaya *prestress* yang terjadi akibat *jacking*,

$$P_j = p_o \times n_s \times P_{bs1} \quad (8)$$

$f_1$  = eksentrisitas bawah tendon

$L$  = panjang jembatan

Persamaan lintasan tendon : 
$$Y = - \frac{4 \cdot f_1 \cdot X(L-X)}{L^2} \quad (9)$$

#### 2.4.4.3 Kehilangan Tegangan (*Loss of Prestress*)

Tegangan pada tendon beton prategang berkurang secara kontinyu seiring dengan waktu. Total pengurangan tegangan ini disebut kehilangan prategang total. Kehilangan prategang total ini adalah faktor utama yang mengganggu perkembangan awal beton prategang. Menurut Raju (1993), kehilangan gaya prategang dapat digolongkan menjadi 2, yaitu kehilangan langsung (*immediate*) dan kehilangan yang bergantung dengan waktu (*time depending lost*).

Kehilangan gaya prategang langsung dapat diakibatkan oleh beberapa hal, antara lain:

- Gesekan Angkur

Kehilangan gaya akibat gesekan angkur diperhitungkan sebesar 3% dari gaya prestress akibat *jacking* :

$$P_o = 97\% \times P_j \quad (10)$$

- Gesekan Kabel

Kehilangan gaya akibat gesekan kabel,

$$P_x = P_o \times e^{-\mu \cdot (\alpha + \beta \cdot Lx)} \quad (11)$$

Keterangan :

$e$  = bilangan natural  
 $\mu$  = koefisien gesek  
 $\beta$  = bilangan wooble  
 $L_x$  = panjang bentang

- Pemendekan Elastis

Tegangan baja *pre-stress* sebelum *loss of prestress* (di tengah bentang),

$$\sigma_{pi} = \frac{n_s \times P_{bs}}{A_t} \quad (12)$$

Keterangan :

$A_t$  = Luas tampang tendon baja prestress

$n_s$  = Jumlah total strands

$P_{bs}$  = Beban putus satu strands

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik dengan memperhitungkan pengaruh berat sendiri,

$$\Delta\sigma_{pe}' = \frac{\sigma_{pi} \times n \times K_e}{(1 + n \times K_e)} \quad (13)$$

Keterangan :

$n$  = Modulus ratio antara baja prestress dengan box girder

$$K_e = \frac{A_t}{A \times (1 + \frac{e_s^2}{i^2})}$$

Tegangan beton pada level bajanya oleh pengaruh gaya *prestress*,

$$\sigma_{bt} = \frac{\Delta\sigma_{pe}'}{n} - \frac{M_{balok} \times e_s}{I_x} \quad (14)$$

Keterangan :

$e_s$  = Jarak titik berat tendon baja terhadap titik berat box girder

$I_x$  = Momen inersia tampang box girder

Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastik tanpa pengaruh

berat sendiri,

$$\Delta\sigma_{pe} = \frac{1}{2} \times n \times \sigma_{bt} \quad (15)$$

*Loss of prestress* akibat pemendekan elastis :

$$\Delta P_e = \Delta\sigma_{pe} \times A_t \quad (16)$$

- Pengangkuran

*Loss of prestress* akibat angkur,

$$\Delta P = 2 \times L_{max} \times \tan \varpi \quad (17)$$

$$P'_{max} = P_o - \frac{\Delta P}{2} \quad (18)$$

$$P_{max} = P'_{max} - \Delta P_e \quad (19)$$

- Pengaruh Susut

Tegangan Susut  $\sigma_{sh} = \Delta\varepsilon_{su} \times E_s \quad (20)$

Keterangan :

$\Delta\varepsilon_{su}$  = regangan susut

$E_s$  = Modulus elastis baja *prestress* (*strand*)

- Pengaruh Rayapan

Tegangan akibat creep  $\sigma_{cr} = \varepsilon_{cr} \times E_s \quad (21)$

Keterangan :

$\varepsilon_{cr}$  = regangan akibat creep

$E_s$  = Modulus elastis baja *prestress* (*strand*)

- Kehilangan gaya prestress total =  $( 1 - \frac{P_{eff}}{P_j} ) \times 100 \% \quad (22)$

#### 2.4.4.4 Tegangan Akibat Gaya Prestress



Menurut BDM (*Bridge Design Manual*), tegangan beton sesaat setelah penyaluran gaya prestress (sebelum terjadi kehilangan tegangan sebagai fungsi waktu) tidak boleh melampaui nilai berikut :

- 1) Tegangan serat tekan terluar harus  $\leq -0,55 \times f_{ci}'$
- 2) Tegangan serat tarik terluar harus  $\leq 0,25 \times \sqrt{f_{ci}'}$  dengan,  
 $f_{ci}' = 0,80 \times f_c'$

Tegangan beton pada kondisi beban layan (setelah memperhitungkan semua kehilangan tegangan) tidak boleh melebihi nilai sebagai berikut :

- 1) Tegangan serat tekan terluar akibat pengaruh *pre-stress*, beban mati, dan beban hidup  $\leq -0,40 \times f_c'$
- 2) Tegangan serat tarik terluar yang pada awalnya mengalami tekan  $\leq 0,50 \times \sqrt{f_c'}$

- **Tegangan saat Transfer**

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = -\frac{P_t}{A} + \frac{P_t \times e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} \quad (23)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = -\frac{P_t}{A} - \frac{P_t \times e_s}{W_b} + \frac{M_{bs}}{W_b} \quad (24)$$

- **Tegangan saat Loss of Prestress**

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-P_{eff}}{A} + \frac{P_{eff} \times e_s}{W_a} - \frac{M_{bs}}{W_a} \quad (25)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{-P_{eff}}{A} - \frac{P_{eff} \times e_s}{W_b} + \frac{M_{bs}}{W_b} \quad (26)$$

- **Tegangan akibat beban**

Akibat berat sendiri

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{MS}}{W_a} \quad (27)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{+M_{MS}}{W_b} \quad (28)$$

Akibat beban mati tambahan

$$\text{Tegangan beton di serat atas : } f_a = \frac{-M_{MA}}{W_a} \quad (29)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah : } f_b = \frac{+M_{MA}}{W_b} \quad (30)$$

Akibat susut dan rangkai

$$\text{Tegangan beton di serat atas } f = f_{\text{susut}} + f_{\text{rangkai}} \quad (31)$$

Akibat Prategang

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-P_{\text{eff}}}{A} + \frac{P_{\text{eff}} \times e_s}{W_a} \quad (32)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{-P_{\text{eff}}}{A} - \frac{P_{\text{eff}} \times e_s}{W_b} \quad (33)$$

Akibat Lajur "D"

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{TD+}}{W_a} \quad (34)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{M_{TD+}}{W_b} \quad (35)$$

Akibat Beban Pejalan Kaki

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{TP+}}{W_a} \quad (36)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{M_{TP+}}{W_b} \quad (37)$$

Akibat Beban Rem

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{TB+}}{W_a} \quad (38)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{M_{TB+}}{W_b} \quad (39)$$

Akibat Beban Angin

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{EW}}{W_a} \quad (40)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{M_{EW}}{W_b} \quad (41)$$

Akibat Beban Gempa

$$\text{Tegangan beton di serat atas, } f_a = \frac{-M_{EQ+}}{W_a} \quad (42)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah, } f_b = \frac{M_{EQ+}}{W_b} \quad (43)$$

Akibat Pengaruh Temperatur

$$\text{Tegangan beton di serat atas plat, } f_a = \frac{-\Sigma P_t}{A} - \frac{\Sigma P_t \times e_p}{W_a} \quad (44)$$

$$\text{Tegangan beton di serat bawah balok, } f_b = \frac{-\Sigma P_t}{A} + \frac{\Sigma P_t \times e_p}{W_b} \quad (45)$$

Keterangan :

$P_{\text{eff}}$  = gaya prategang efektif

$A$  = luas penampang box girder

$e_s$  = jarak titik berat tendon baja terhadap titik berat box girder

$W_a$  = tahanan momen di serat atas

$W_b$  = tahanan momen di serat bawah

$M_{\text{bs}}$  = momen akibat berat sendiri box girder prestress

$M_{\text{MS}}$  = momen akibat beban sendiri

$M_{\text{MA}}$  = momen akibat beban tambahan

$M_{\text{TD}}$  = momen akibat beban lajur D

$M_{\text{TP}}$  = momen akibat beban pejalan kaki

$M_{\text{TB}}$  = momen akibat gaya rem

$M_{\text{EW}}$  = momen akibat beban angin

$M_{\text{EQ}}$  = momen akibat beban gempa

#### 2.4.4.5 Lendutan

Kontrol lendutan dilakukan pada saat transfer dan pada saat servis. Pada saat transfer dimana beban berat sendiri yang bekerja terjadi lendutan ke atas yang disebabkan oleh tekanan tendon ke atas pada waktu penarikan kabel prategang. Lendutan yang terjadi diimbangi oleh beban servis sehingga menimbulkan lendutan pada balok dan diharapkan lendutan yang terjadi tidak melebihi lendutan maksimum yang diijinkan. Menurut SK SNI lendutan maksimum yang diijinkan

adalah  $L/240$ , dimana  $L$  adalah panjang bentang balok.

Lendutan terhadap beban merata

$$\delta = \frac{5 \times Q \times L^4}{384 \times E_c \times I_x} \quad (46)$$

Lendutan terhadap gaya terpusat

$$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E_c \times I_x} \quad (47)$$

Keterangan :

$Q$  = beban merata

$P$  = gaya terpusat

$E_c$  = modulus elastisitas

$I_x$  = inersia

$L$  = bentang jembatan

#### 2.4.4.6 Tinjauan Ultimit

Tinjauan ultimit yang dihitung adalah hanya kapasitas momen positif ultimit karena tendon melewati bawah garis netral. Kuat leleh baja *prestress* ( $f_{ps}$ ) pada keadaan ultimit, ditetapkan:

untuk nilai  $\frac{L}{H} \leq 35$  :  $f_{ps} = \frac{f_{eff} + 70 + f_{c'}}{(100 \times \rho_p)}$  MPa harus  $< f_{eff} + 400$  MPa

dan harus  $< 0,8 \times f_{py}$

$$\text{Momen nominal, } M_n = A_{ps} \times f_{ps} \times \left( d - \frac{a}{2} \right) \quad (48)$$

Keterangan :

$A_{ps}$  = luas penampang tendon baja prestress

$f_{ps}$  = kuat leleh baja prestress

$d$  = tinggi

$a$  = luas

#### 2.4.4.7 Pembesian End Block

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah vertikal:

$$r_a = \frac{a_1}{a} \quad (49)$$

Rasio perbandingan lebar plat angkur untuk sengkang arah horisontal:

$$r_b = \frac{b_1}{b} \quad (50)$$

*Bursting force* untuk sengkang arah vertical:

$$P_{bta} = 0,30 \times (1 - r_a) \times P_j \quad (51)$$

*Bursting force* untuk sengkang arah horizontal:

$$P_{btb} = 0,30 \times (1 - r_b) \times P_j \quad (52)$$

Luas tulangan sengkang arah vertikal yang diperlukan:

$$A_{ra} = \frac{P_{bta}}{(0,85 \times f_s)} \quad (53)$$

Luas tulangan sengkang arah horisontal yang diperlukan:

$$A_{rb} = A_{ra} = \frac{P_{btb}}{(0,85 \times f_s)} \quad (54)$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan:  $n = \frac{A_{ra}}{A_s}$  (55)

Jumlah sengkang arah horisontal yang diperlukan:  $n = \frac{A_{rb}}{A_s}$  (56)

#### 2.4.4.8 Tinjauan terhadap Geser

Sudut kemiringan tendon,  $\alpha = \arctan \left( \frac{-4f_1}{L} + \frac{8f_1 X}{L^2} \right)$  (57)

Komponen gaya arah x,  $P_x = P_{\text{eff}} \times \cos \alpha$  (58)

Komponen gaya arah y,  $P_y = P_{\text{eff}} \times \sin \alpha$  (59)

Resultan gaya geser,  $V_r = V - P_y$  (60)

Tegangan geser yang terjadi,  $f_v = \frac{V_r \times S_x}{b \times I_x}$  (61)

Tegangan beton di serat atas,  $f_a = \frac{-P_x}{A} + \frac{P_x \times e_s}{W_a} - \frac{M}{W_a}$  (62)

Sudut bidang geser,  $\gamma = \frac{1}{2} \times A \tan \left( 2 \times \frac{f_v}{f_a} \right)$  (63)

Jarak sengkang yang diperlukan,  $a_s = \frac{f_a \times A_t}{f_v \times b \times \tan \gamma}$  (64)

Tegangan beton di serat bawah:  $f_b = \frac{-P_x}{A} + \frac{P_x \times e_s}{W_b} - \frac{M}{W_b}$  (65)

$$\text{Sudut bidang geser, } \gamma = \frac{1}{2} \times A \tan \left( 2 \times \frac{f_v}{f_b} \right) \quad (66)$$

$$\text{Jarak sengkang yang diperlukan, } a_s = \frac{f_b \times A_t}{f_v \times b \times \tan \gamma} \quad (67)$$

Keterangan:

V = gaya geser akibat beban

M = momen akibat beban

$n_t$  = jumlah kaki sengkang

$S_x$  = momen statis

#### 2.4.4.9 Tinjauan Tumpuan Girder (*Port Bearing*) Pada Pier Tepi

P = Reaksi tumpuan maksimum pada *Port Bearing*

B = Ukuran dasar *Pot Bearing*

$L_t$  = Panjang *continous* girder

T = Temperatur jebatan maksimum rata-rata

$\alpha$  = Koefisien muai panjang untuk beton

Eksentrisitas akibat pergeseran pada *Port Bearing*,  $e = \alpha \times L_t \times T$

*Bursting force* untuk sengkang arah vertikal :

$$P_{bta} = 0,20 \times P \quad (68)$$

*Bursting force* untuk sengkang arah horisontal :

$$P_{btb} = 0,20 \times P \quad (69)$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan:

$$A_{ra} = \frac{P_{bta}}{(A_s \times 0,85 \times f_s)} \quad (70)$$

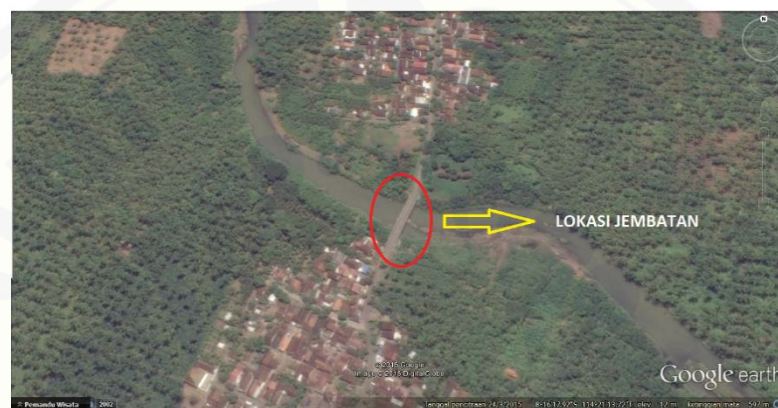
Jumlah sengkang arah horisontal yang diperlukan:

$$A_{rb} = \frac{P_{btb}}{(A_s \times 0,85 \times f_s)} \quad (71)$$

## BAB 3. METODE PERENCANAAN

### 3.1 Lokasi Jembatan

Jembatan yang direncanakan berada di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi. Jembatan tersebut berada di aliran sungai yang menghubungkan dua tempat di Desa Pondoknongko. Berikut ini gambar yang menunjukkan lokasi jembatan:



Gambar 3.1 Lokasi Jembatan Pondoknongko

### 3.2 Data yang diperlukan

Untuk merancang Jembatan Pondoknongko di Kecamatan Kabat, Kabupaten Banyuwangi, diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai patokan desain. Data-data tersebut antara lain:

- gambar jembatan yang sudah ada
- panjang jembatan
- tinggi jembatan
- lebar jembatan.

### 3.3 Metodologi

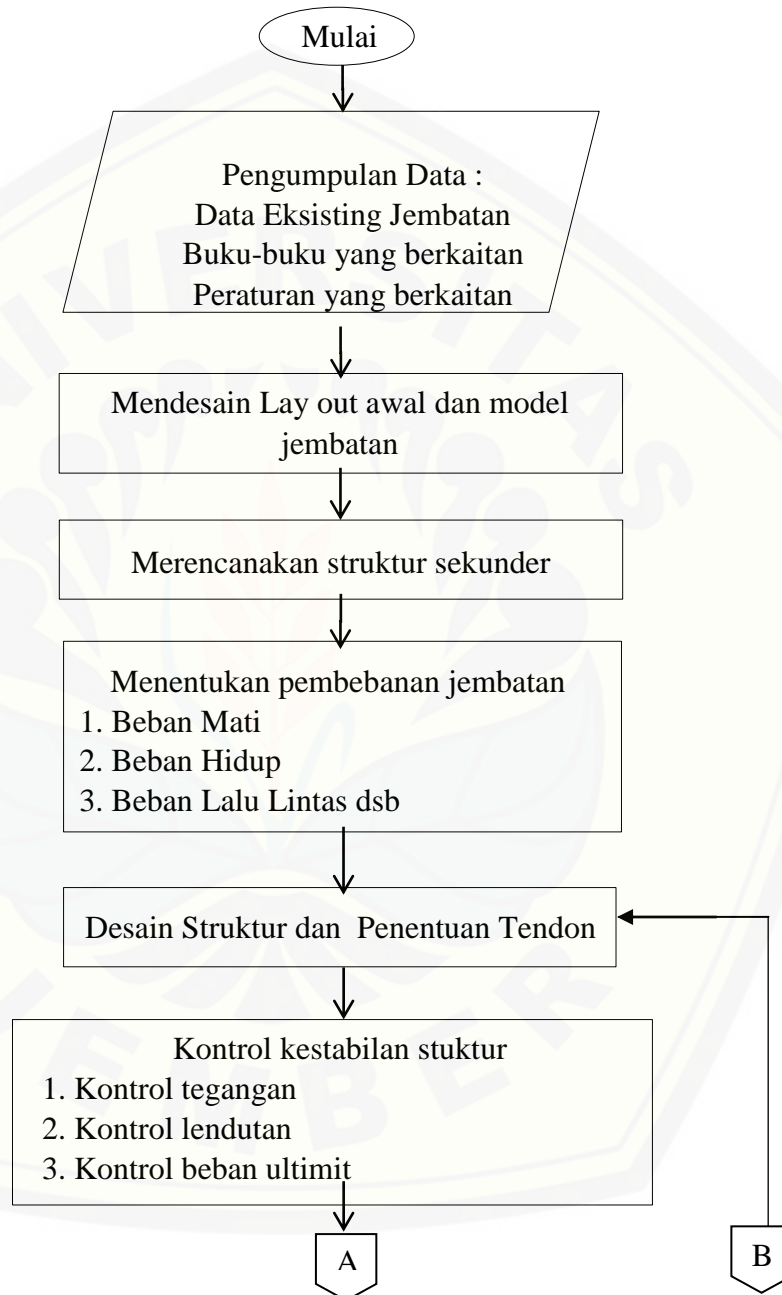
Perencanaan jembatan diawali dengan pengambilan data jembatan lama. Pengambilan data ini dilakukan dengan mengkaji kondisi eksisting jembatan. Data yang diperoleh adalah lebar jembatan, panjang jembatan, dan tinggi jembatan yang kemudian akan digunakan sebagai acuan desain struktur atas jembatan. Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan dan perencanaan jembatan dengan desain jembatan *box girder*. Perhitungan dan perencanaan dilakukan dengan tahap-tahap berikut:

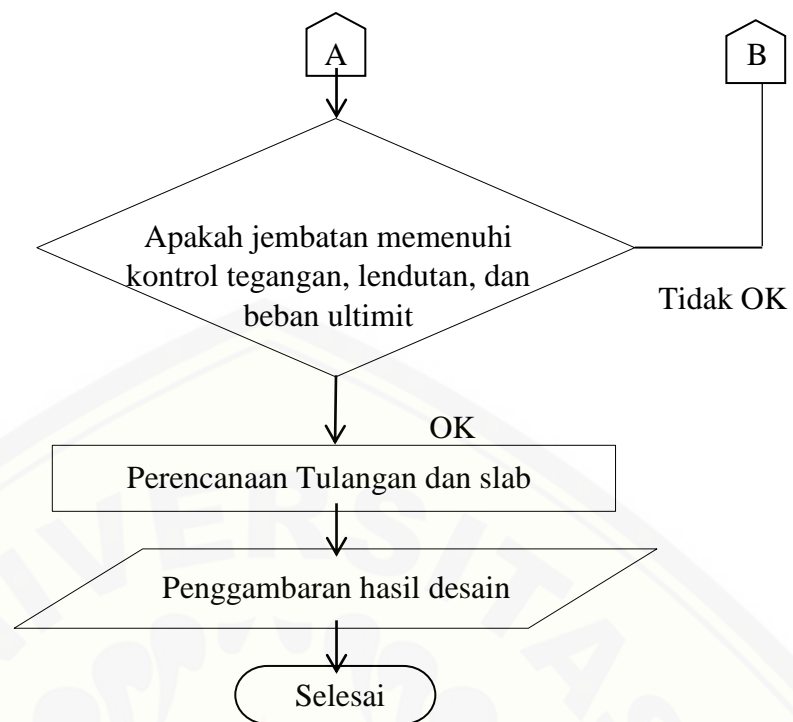
1. Perencanaan model gelagar jembatan berdasarkan standart PT WIKA.
2. Perencanaan struktur sekunder jembatan, seperti tiang sandaran dan trotoar.
3. Perhitungan Pembebanan berdasarkan SNI-1725-2016.
4. Perhitungan tegangan, lendutan dan beban ultimit
5. Perencanaan tebal pelat, merencanakan tebal pelat jembatan rencana dan dimensi tulangan berdasarkan hitungan pembebanan.
6. Gambar hasil desain.



### 3.4 Diagram Alur Perencanaan Jembatan

Diagram alir perencanaan struktur atas Jembatan Pondoknongko dengan konstruksi *box girder* diuraikan pada diagram berikut :





Gambar 3.2 *Flowchart* Tahapan Perencanaan

*Bursting force* untuk sengkang arah vertikal :

$$P_{bta} = 0,20 \times P = 0,20 \times 4187,163 = 837,43 \text{ kN}$$

*Bursting force* untuk sengkang arah horisontal :

$$P_{btb} = 0,20 \times P = 0,20 \times 4187,163 = 837,43 \text{ kN}$$

Jumlah sengkang arah vertikal yang diperlukan:

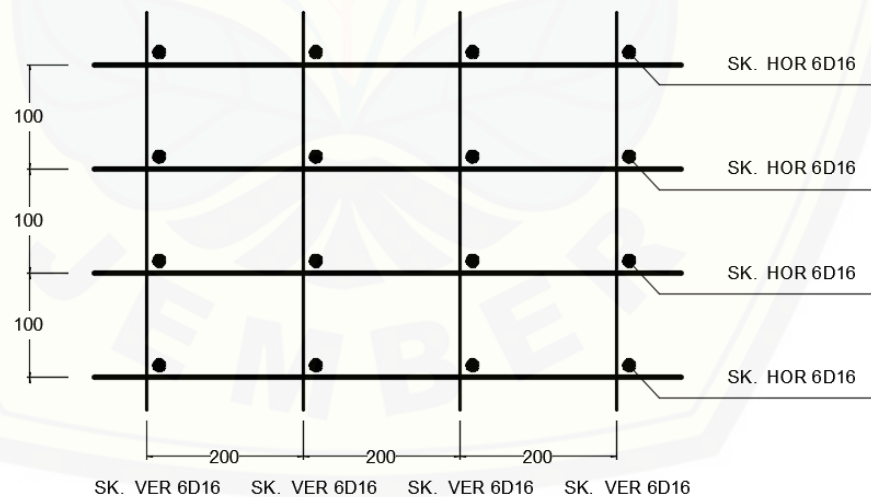
$$\begin{aligned} A_{ra} &= \frac{P_{bta}}{(A_s \times 0,85 \times f_s)} \\ &= \frac{837,43}{(0,00020096 \times 0,85 \times 225420)} = 21,75 = 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

Jumlah sengkang arah horisontal yang diperlukan:

$$\begin{aligned} A_{rb} &= \frac{P_{btb}}{(A_s \times 0,85 \times f_s)} \\ &= \frac{837,43}{(0,00020096 \times 0,85 \times 225420)} = 21,75 = 24 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang : vertical = 24D16 - 100

Horisontal = 24D16 - 200



Gambar 4.56 *Bursting steel* pada tumpuan tepi

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan perencanaan jembatan box girder di atas, maka bisa disimpulkan bahwa jembatan tersebut aman, dengan data sebagai berikut:

1. Mutu beton = K-500 dan mutu beton struktur sekunder = K-300.  
Mutu baja = 400 MPa, mutu baja penulangan sekunder = 240 MPa
2. Dimensi box girder direncanakan **lebar**:  $b_1 = 4,00$  m,  $b_2 = 1,015$  m,  $b_3 = 1,36$  m, **tebal**:  $t_1 = 0,25$  m,  $t_2 = 0,25$  m,  $t_3 = 0,40$  m, **tinggi** = 2,50 m, **lebar total** = 9,00 m.
3. **Sandaran**: Digunakan pipa sandaran galvanis  $\varnothing 76,3$  mm, tulangan tiang sandaran tulangan utama 7 buah  $\varnothing 12 - 75$ , tulangan pembagi 3 buah  $\varnothing 10 - 250$ , tulangan  $\varnothing 10 - 100$  mm untuk tulangan geser dan  $3\varnothing 10$  mm untuk tulangan lentur. **Trotoar**: tulangan yang dipakai 8 buah D22 - 250.
4. Kapasitas port bearing tepi minimum yang diperlukan  $R_{port} = 4187,163$  kN.
5. Digunakan total 16 tendon dan 288 strands atau 18 strands/tendon
6. Kehilangan gaya prestress total = 28,49 %
7. Tegangan awal akibat gaya prestress =  $-8306,39$  kPa  $< -0,55 \times f_c'$   
Tegangan setelah loss of prestress =  $-9061,77$  kPa  $< -0,40 \times f_c'$   
Kombinasi Tegangan akibat beban  $f_a = -14828,29$  kPa,  $f_b = 1953,29$  kPa
8. Kombinasi 3 adalah lendutan maximum = 0,02299 m ke bawah.
9. Kombinasi 3 adalah momen ultimit positif maximum = 64401,15 kNm.
10. Dipakai 4 buah dengan D16-150 mm dan D16-200 mm sengkang untuk *Bursting Force*.
11. **Plat dinding** dipakai tulangan D22-350  
**Plat atas** dipakai tulangan D16-300 dan  
**Plat bawah** dipakai tulangan D16-300
12. Sengkang yang dipakai pada port bearing adalah 24 buah D16 - 100 sengkang horizontal dan 24 buah D16 - 200 sengkang vertikal.

## 5.2 SARAN

Apabila saat perhitungan kombinasi lendutan terdapat lendutan yang melebihi lendutan ijin, maka solusinya adalah dengan merencanakan gaya prestress yang besar. Sehingga lendutan akibat gaya prestress dapat mengimbangi lendutan akibat beban-beban lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *“Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *“Standar Pembebanan untuk Jembatan”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. *“Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *“Standar Pembebanan untuk Jembatan”*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Lin, TY and Burn, Ned H. 2000. *“Desain Struktur Beton Prategang”*. Jilid 1 dan 2 terjemahan Mediana Sianipar, Interaksara.
- Nawy, Edward G. 2001. *“Beton Prategang Suatu Pendekatan Mendasar”*. Jilid 1 dan 2 terjemahan Bambang Suryoatmono, Jakarta: Erlangga.
- Raju, N. Krishna. 1993. *“Beton Prategang Edisi II”*. Jakarta: Erlangga.
- Hardwiyono, Sentot ; Soebandono, Bagus ; Hakim, Lukmanul. 2013. *“Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong Yogyakarta dengan Menggunakan Box Girder”*. Yogyakarta: Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 16, No 1, 10-20
- Sunggono KH, Ir. 1995. *“Buku Teknik Sipil”*. Bandung : Nova.
- Soetoyo. *“Konstruksi Beton Pratekan”*

# LAMPIRAN



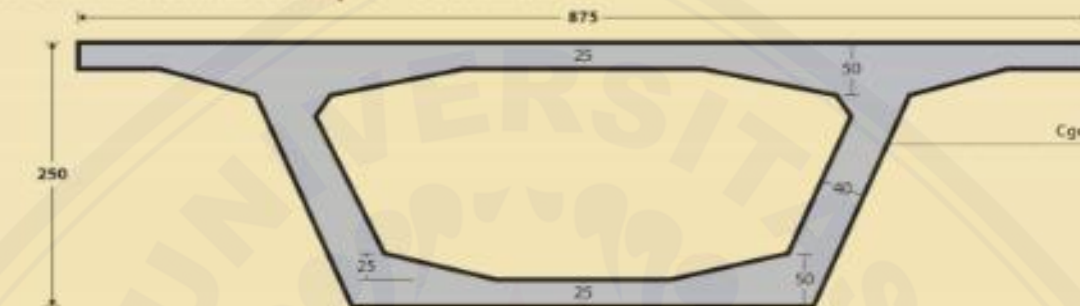
**FOTO RIIL JEMBATAN LAMA**



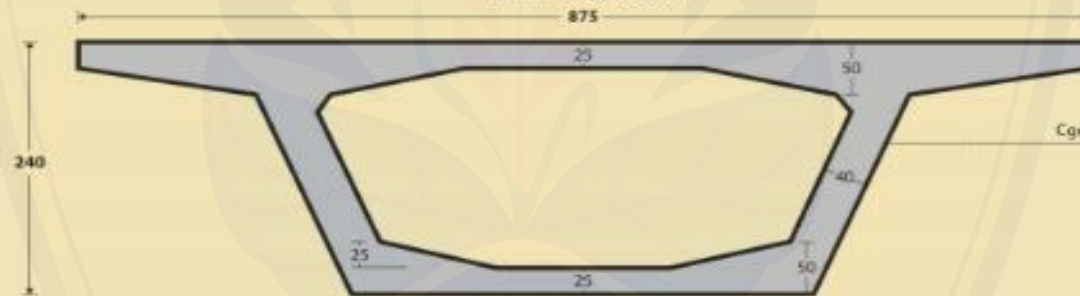


Specification	Packing Style	Size	Size	Standard Length	Dimension			Weight per 1000ft	net Weight per Reel or Coil	
					Overall Dia.	Insdie Dia.	Traverse		(lbs)	(kg)
					(In)	(In)	(In)			
ASTMA416 BS5896-1980 (250K)	Wooden reel	1 /4	6.35	25,000	47	28	31	122	3,050	1,383
	Reelless coil	5 /16	7.94	30,000	43	29	31	198	5,940	2,694
		3 /8	9.52	15,000	42	29	31	274	4,110	1,864
		3 /8	9.52	22,000	48	29	31	274	6,028	2,734
		7 /16	11.11	12,000	42	29	31	373	4,476	2,030
		7 /16	11.11	16,000	48	29	31	373	5,968	2,707
		1 /2	12.7	9,000	42	29	31	494	4,446	2,017
		1 /2	12.7	12,000	48	29	31	494	4,446	2,017
		0. 6	15.2	8,000	51	29	31	737	5,896	2,689
		0. 7	17.8	6,000	51	29	31	1.033	6,198	2,811
High Tensile ASTMA416 BS5896-1980 (270K)	Reelless coil	3 /8	9.52	15,000	43	29	31	292	4,380	1,987
		3 /8	9.52	22,000	49	29	31	292	6,424	2,914
		7 /16	11.11	12,000	43	29	31	400	4,800	2,177
		7 /16	11.11	16,000	49	29	31	400	6,400	2,903
		1 /2	12.7	9,000	44	29	31	525	4,725	2,143
		1 /2	12.7	12.00	49	29	31	525	6,300	2,858
		0. 6	15.2	8,000	51	29	31	740	5,920	2,685

**SEGMENT SHAPE & DIMENSION | PC - BOX GIRDER**



Area : 58,262 cm<sup>2</sup>  
Inertia : 289,366,600 cm<sup>4</sup>

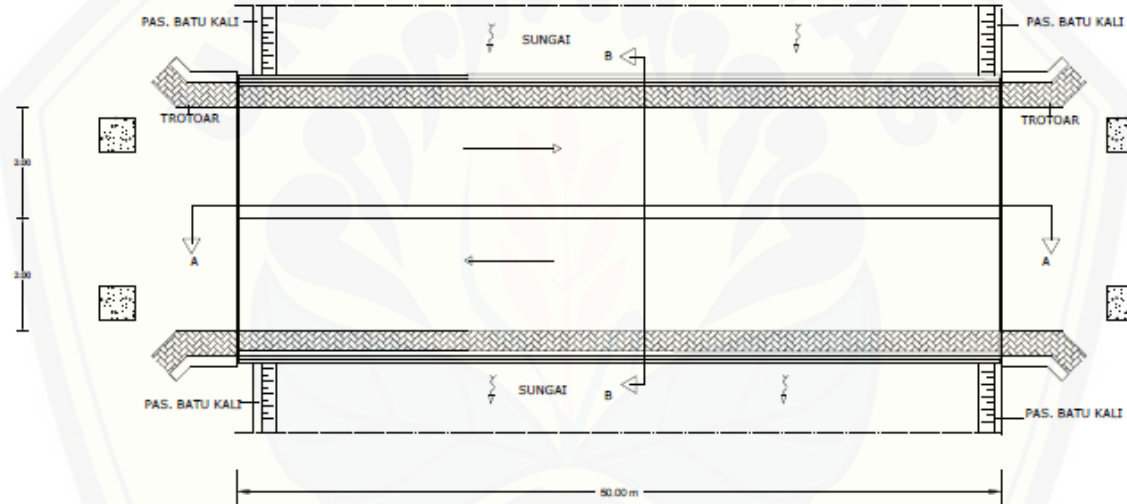


**PC SEGMENTAL BOX GIRDER H-240**

Area : 59,042 cm<sup>2</sup>  
Inertia : 309,729,100 cm<sup>4</sup>

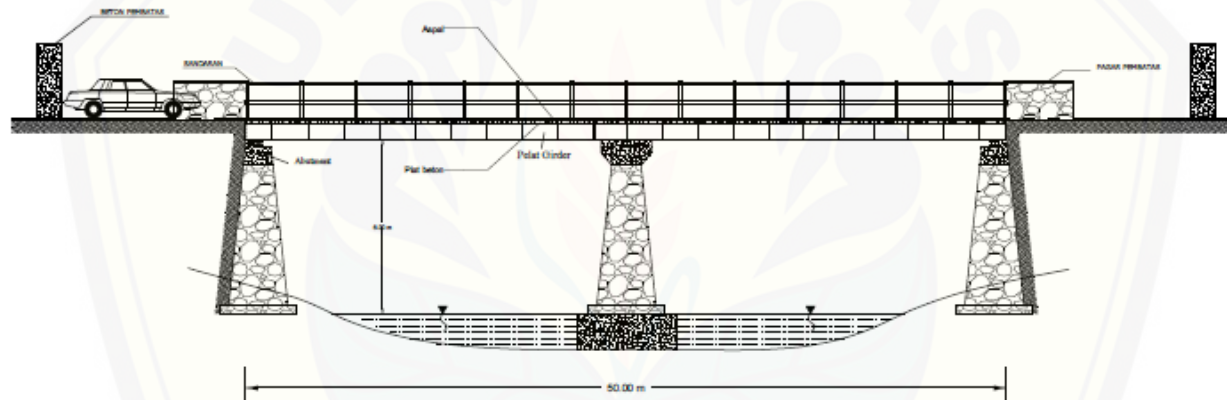
**PC BOX GIRDER SPECIFICATION**

TYPE	SEGMENT LENGTH	NO. LANE	CASTING METHOD	LAUNCHING METHOD
PC BOX GIRDER H-250	2.4 to 3.0 m	2 traffic lane with 7 meter width	Short Line Method	Balanced Cantilever or Span by Span
PC BOX GIRDER H-240	2.4 to 2.7 m			



**LAY OUT JEMBATAN LAMA**  
skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BETON		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR LAY OUT JEMBATAN LAMA		No. 1 A4



**POTONGAN A-A**

skala 1 : 100

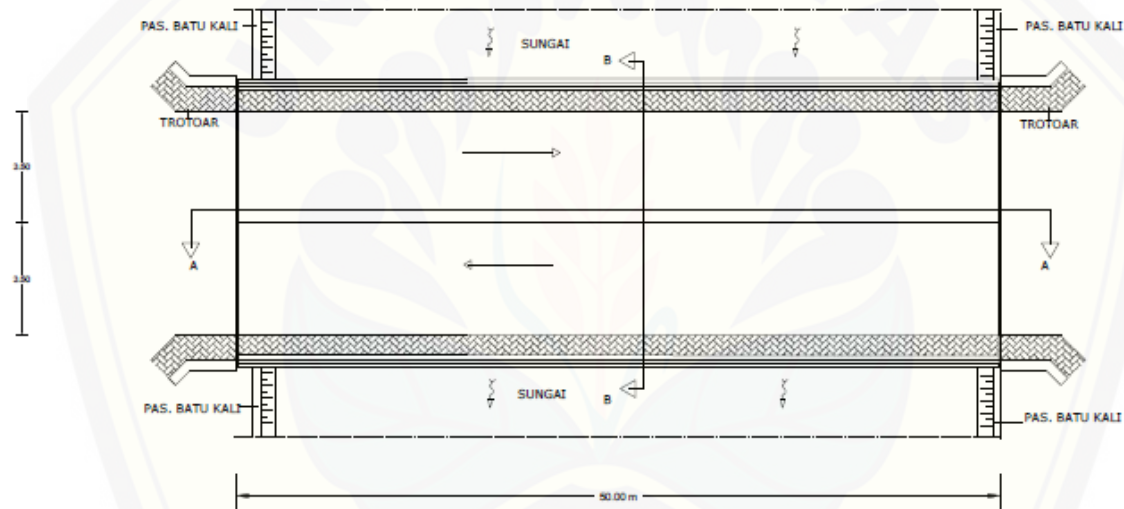
	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BETON		No. 2
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POTONGAN A-A JEMBATAN LAMA		



## POTONGAN B-B

skala 1 : 100

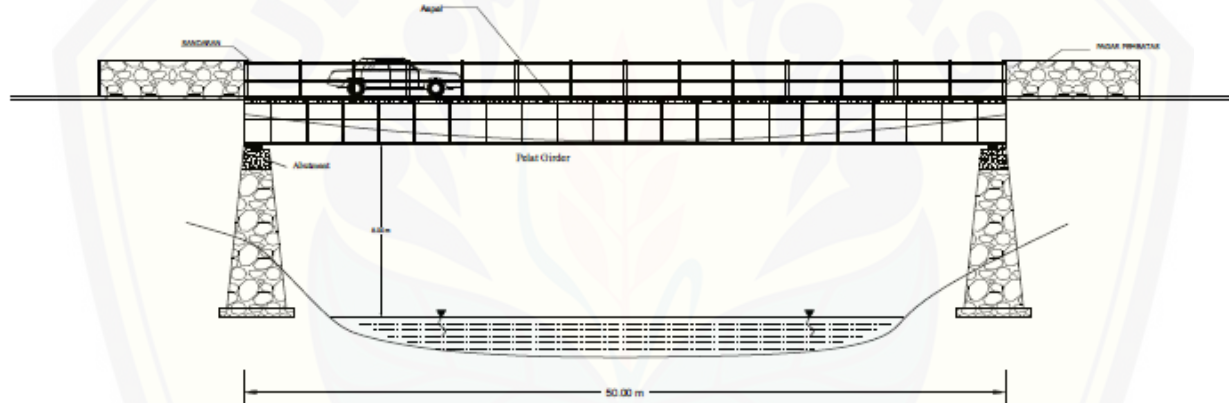
	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BETON		No. 3
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POTONGAN B-B JEMBATAN LAMA		



## LAY OUT JEMBATAN BOX GIRDER

skala 1 : 100

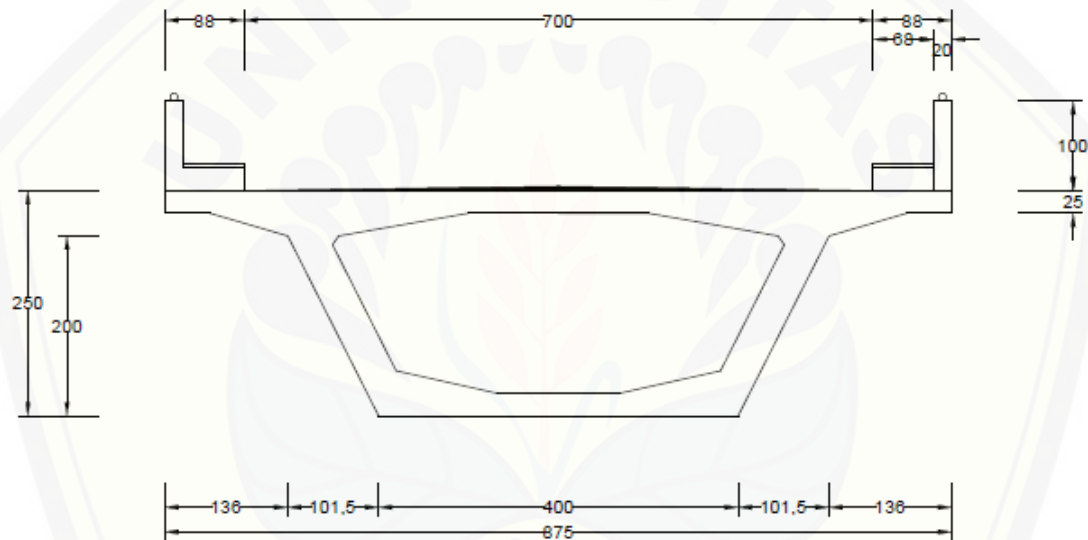
	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR LAY OUT JEMBATAN BOX GIRDER	No. 4	



**POTONGAN MELINTANG BOX GIRDER**

skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		No. 5
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POTONGAN MELINTANG BOX GIRDER		

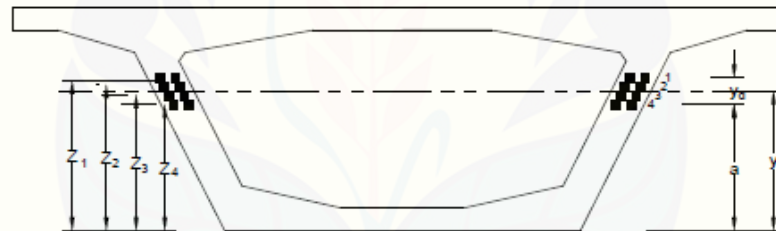


**DIMENSI BOX GIRDER**  
skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR DIMENSI BOX GIRDER	No. 6	



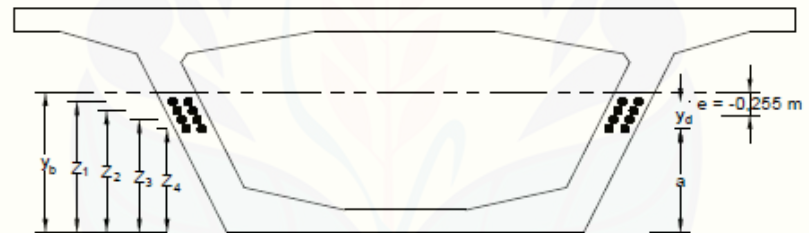
KET :  
 $Z_1 = 1,7154 \text{ m}$   
 $Z_2 = 1,6154 \text{ m}$   
 $Z_3 = 1,5154 \text{ m}$   
 $Z_4 = 1,4154 \text{ m}$   
 $a = 1,4154 \text{ m}$   
 $y_s = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_e = 0,30 \text{ m}$



**POSISI TENDON DI TUMPUAN TEPI**  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		No. 7
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI TUMPUAN TEPI BOX GIRDER		

KET :  
 $Z_1 = 1,4607 \text{ m}$   
 $Z_2 = 1,3607 \text{ m}$   
 $Z_3 = 1,2607 \text{ m}$   
 $Z_4 = 1,1607 \text{ m}$   
 $a = 1,1607 \text{ m}$   
 $y_1 = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_2 = 0,30 \text{ m}$

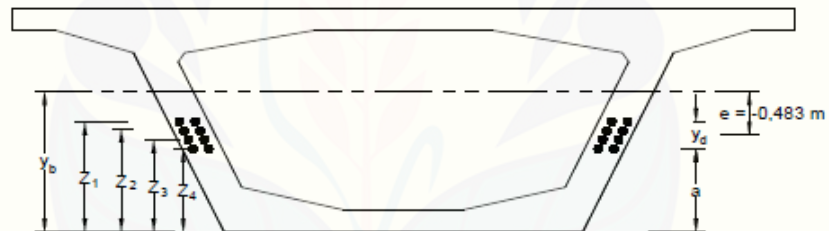


**POSISI TENDON DI 2,5 & 47,5 METER**  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 2,5 & 47,5 METER BOX GIRDER		No. 8

KET :

- $Z_1 = 1,2329 \text{ m}$
- $Z_2 = 1,1329 \text{ m}$
- $Z_3 = 1,0329 \text{ m}$
- $Z_4 = 0,9329 \text{ m}$
- $a = 0,9329 \text{ m}$
- $y_s = 1,5654 \text{ m}$
- $y_g = 0,30 \text{ m}$

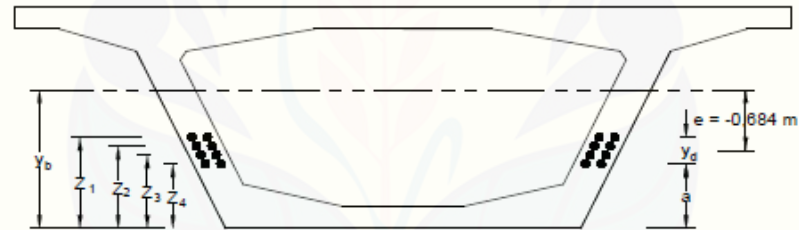


POSISI TENDON DI 5 & 45 METER

skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		No. 9
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 5 & 45 METER BOX GIRDER		

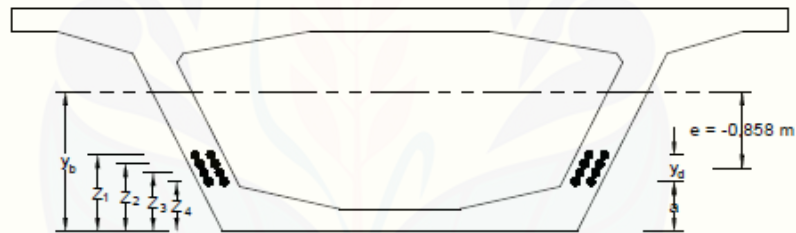
KET :  
 $Z_1 = 1,0318 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,9318 \text{ m}$   
 $Z_3 = 0,8318 \text{ m}$   
 $Z_4 = 0,7318 \text{ m}$   
 $a = 0,7318 \text{ m}$   
 $y_g = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_s = 0,30 \text{ m}$



POSISI TENDON DI 7,5 & 42,5 METER  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 7,5 & 42,5 METER BOX GIRDER		No. 10

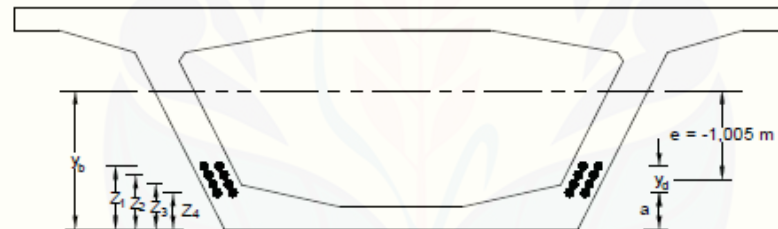
KET :  
 $Z_1 = 0,8575 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,7575 \text{ m}$   
 $Z_3 = 0,6575 \text{ m}$   
 $Z_4 = 0,5575 \text{ m}$   
 $a = 0,5575 \text{ m}$   
 $y_b = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_s = 0,30 \text{ m}$



**POSISI TENDON DI 10 & 40 METER**  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 10 & 40 METER BOX GIRDER		No 11

KET :  
 $Z_1 = 0,7101 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,6101 \text{ m}$   
 $Z_3 = 0,5101 \text{ m}$   
 $Z_4 = 0,4101 \text{ m}$   
 $a = 0,4101 \text{ m}$   
 $y_s = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_e = 0,30 \text{ m}$



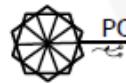
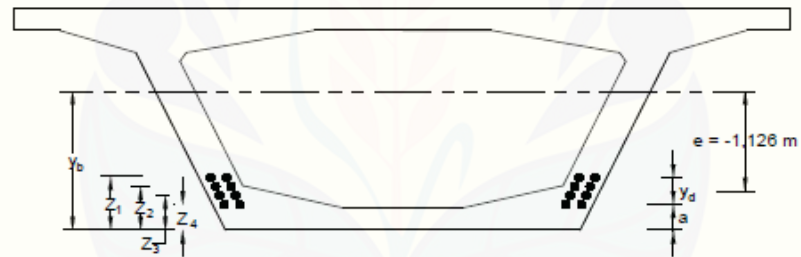
**POSISI TENDON DI 12,5 & 37,5 METER**

skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 12,5 & 37,5 METER BOX GIRDER	No. 12	

KET :

- $Z_1 = 0,5895 \text{ m}$
- $Z_2 = 0,4895 \text{ m}$
- $Z_3 = 0,3895 \text{ m}$
- $Z_4 = 0,2895 \text{ m}$
- $a = 0,2895 \text{ m}$
- $y_b = 1,5654 \text{ m}$
- $y_c = 0,30 \text{ m}$

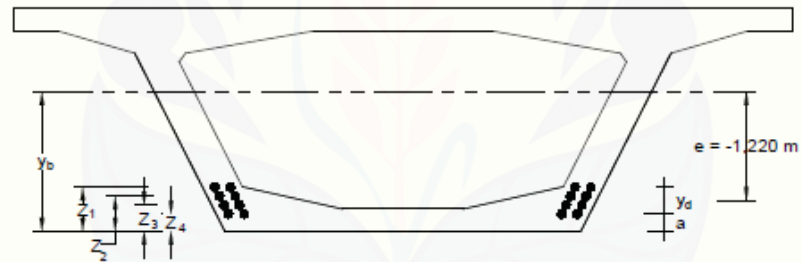


**POSISI TENDON DI 15 & 35 METER**  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 15 & 35 METER BOX GIRDER	No. 13	

KET :

$Z_1 = 0,4956 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,3956 \text{ m}$   
 $Z_3 = 0,2956 \text{ m}$   
 $Z_4 = 0,1956 \text{ m}$   
 $a = 0,1956 \text{ m}$   
 $y_b = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_c = 0,30 \text{ m}$



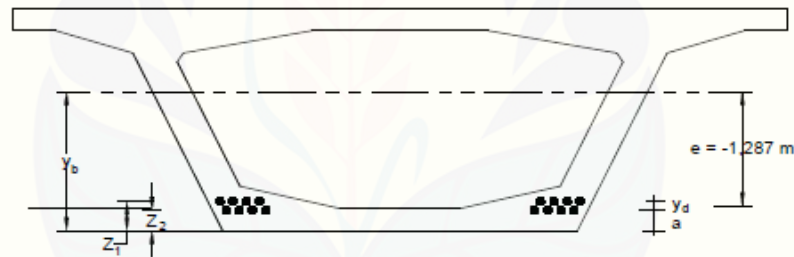
POSISI TENDON DI 17,5 & 32,5 METER

skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 221910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 17,5 & 32,5 METER BOX GIRDER	No. 14	



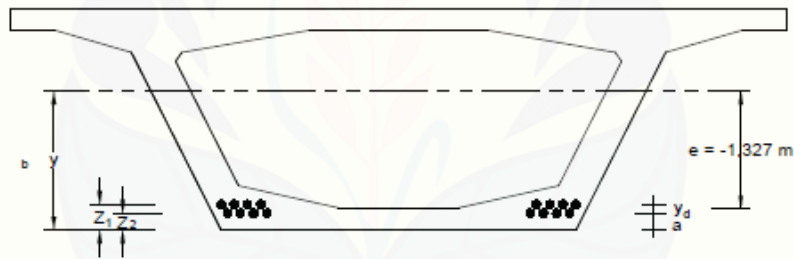
KET :  
 $Z_1 = 0,3286 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,2286 \text{ m}$   
 $a = 0,2286 \text{ m}$   
 $y_s = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_e = 0,10 \text{ m}$



**POSISI TENDON DI 20 & 30 METER**  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 20 & 30 METER BOX GIRDER		No.15

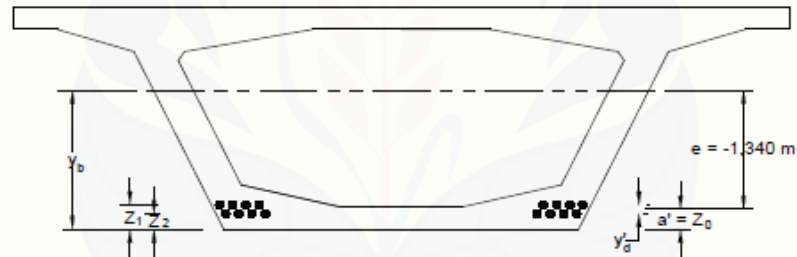
KET:  
 1.  $Z = 0,2884 \text{ m}$   
 2.  $Z = 0,1884 \text{ m}$   
 a.  $a = 0,1884 \text{ m}$   
 3.  $y = 1,5654 \text{ m}$   
 4.  $y = 0,10 \text{ m}$



POSISI TENDON DI 22,5 & 27,5 METER  
 skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI 22,5 & 27,5 METER BOX GIRDER	No. 16	

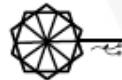
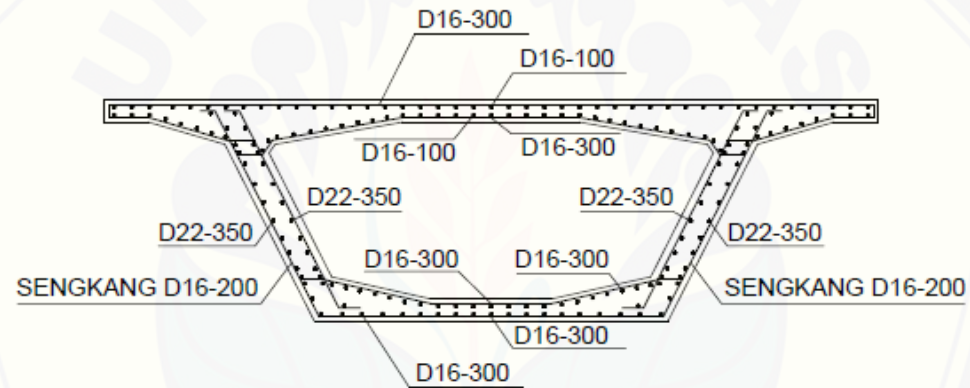
KET :  
 $Z_1 = 0,2750 \text{ m}$   
 $Z_2 = 0,1750 \text{ m}$   
 $a = 0,2250 \text{ m}$   
 $y_s = 1,5654 \text{ m}$   
 $y_c = 0,10 \text{ m}$



POSISI TENDON DI TENGAH BENTANG

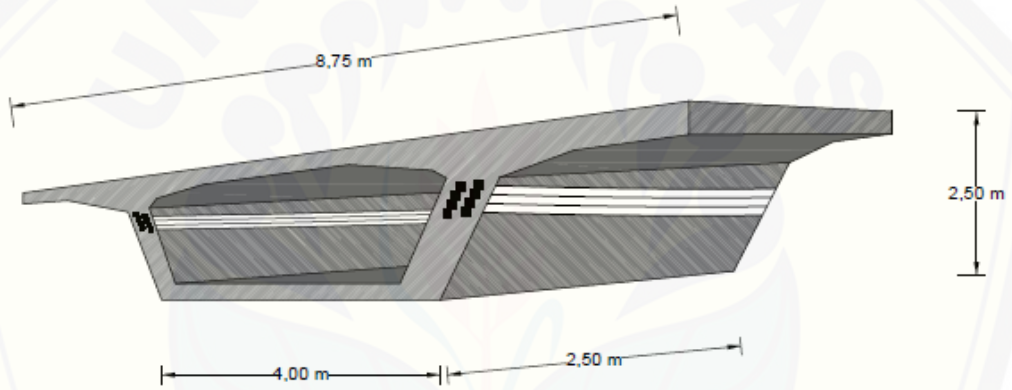
skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		No. 17
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR POSISI TENDON DI TENGAH BENTANG BOX GIRDER		



**TULANGAN DAN SENGKANG**  
skala 1 : 100

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 100	
DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER		No. 18
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR TULANGAN DAN SENGKANG BOX GIRDER		



MODEL 3D BOX GIRDER  
skala 1 : 150

	NAMA : IDA BAGUS PUTRA MM	TUGAS AKHIR	KETERANGAN
	NIM : 111910301090	SKALA 1 : 150	
	DIPERIKSA :	JENIS BANGUNAN : JEMBATAN BOX GIRDER	
JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER	GAMBAR 3D BOX GIRDER	No. 15	