

**TUGAS AKHIR**  
**Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong**  
**Yogyakarta Dengan Menggunakan *Box Girder***

*(Redesign Of Superstructure "Gajah Wong" Bridge Yogyakarta By Using  
Prestressed Box Girder)*



Disusun Oleh :

**LUKMANUL HAKIM**  
**20090110075**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2013**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**Perencanaan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong  
Yogyakarta Dengan Menggunakan *Box Girder***

**Diajukan Kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Untuk  
Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Satu (S1) Teknik Sipil**



Ir. H. Sentot Hardwiyono, MT, Ph.D.  
Dosen Pembimbing I/ Ketua Tim Pengujian

Tanggal: 8/7/2013

Bagus soebandono ST,M.Eng.  
Dosen Pembimbing II/ Anggota Tim Pengujian

Tanggal: 5/7/13

Guntur Nugroho, ST., M.Eng  
Anggota Tim Penguji

Tanggal: 5-7-2013

## MOTTO

*Perubahan diawali dengan kemauan, kegigihan adalah  
kunci kesuksesan (El\_hazim)*

*Membuang energi kesedihan menjadi sesuatu yang  
berguna, hidup harus tetap berjalan dalam bentuk  
apapun.*

*(Tere Liye)*

*“Ilmu adalah amal dan amal adalah Ilmiah”*

## IMM

*Jika kau bukan anak raja dan juga bukan anak ulama  
besar, maka menulislah*

*(Imam Al-ghazali)*

*Man saara ala darbi washala*

*(siapa yang berjalan di jalanya akan sampai ke tujuan)*

*“Rantau I Muara”*

*Berserah dirilah dirimu nak, ketika banyak orang lain tidur  
maka dirimu bangun ,karna diwaktu itu sedikit orang yang  
meminta dan peluang diijabah lebih banyak (Ayah)*

## PERSEMBAHAN

*Karya kecil ini kupersembahkan  
untuk Ayahanda Imam Sujono Ibunda Siti  
Khodijah ,Mbak-mbaku, mas-masku semua,  
IMM, KPM dan Club Jembatan, Angkatan 09*

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr.Wb.*

*Alhamdulillah*, maha besar Allah SWT yang telah senantiasa memberikan kemudahan-kemudahan dibalik segala kesulitan dan godaan, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas akhir ini dengan baik.

Tugas Akhir ini diawali dari posisi Penulis dalam Penelitian Fundamental berjudul **“PERANCANGAN ULANG STRUKTUR ATAS JEMBATAN GAJAH WONG YOGYAKARTA DENGAN MENGGUNAKAN BOX GIRDER”**. Selama persiapan, pelaksanaan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak sekali ilmu dan pengetahuan lainnya yang sama sekali belum pernah didapatkan selama masa perkuliahan tatap muka di kelas. Penulis juga banyak mendapatkan dukungan baik moril maupun materi dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Jazaul Ikhsan, P.hD, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Ir.Anita Widianti,MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Ir. H. Sentot Hardwiyono, MT, Ph.D, selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan doa kepada penulis selama melaksanakan perancangan.
4. Bapak Bagus Soebandono,ST.,M.Eng, selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan doa kepada penulis selama melaksanakan perancangan .
5. Bapak Guntur Nugroho,TS.,M.Eg, Selaku dosen penguji tugas akhir.

6. Bapak dan Ibu dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas ilmu yang telah diberikan kepada penyusun.
7. Seluruh Staf karyawan dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas bantuannya.
8. Ayahanda H. Imam Sujono dan Ibunda Hj. Siti Khadijah tercinta, atas doa yang selalu dipanjatkan serta perhatian, kasih sayang dan dukungan baik moril maupun materiil kepada penyusun dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Hasil karya ananda yang sederhana ini untuk Ayahanda dan Ibunda tercinta.
9. Mba-mba dan Mas-masku, Terimakasih atas do'a dan bantuannya, kalian adalah sumber motivasi dalam setiap perjuangan. Keponakan-keponakanku, terimakasih atas keceriaan yang diberikan, kalian semua adalah penghibur jiwa.
10. Teman-teman seperjuangan (Dian, Budi, mas janan, mas adi, mas imam, Fahmi dan Tio) di IMM, yang selalu membantu, memberikan motivasi, *berFastabiqul Khorot* dan mengajarkan sesuatu yang tidak ada di perkuliahan .
11. Teman-teman KPM UMY (Rama, Singgih, Afief, Alan) dan Club Jembatan, yang selalu memberikan motivasi dan mengajarkan sesuatu yang tidak ada di perkuliahan.
12. Sahabatku seperjuangan mengerjakan Tugas akhir (Amir, Aslim, Novi Tanjung, Fadly, Rizqi Doni, Solihin dan Sipil 2009), yang telah membantu dan memberikan motivasi dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Dan kebersamaan kita selama ini adalah pengalaman yang akan menjadi kenangan indah.
13. Sahabatku (Ariel, Adam, Tomi )yang telah meminjamkan laporan dan bukunya.

Disadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari apa yang diharapkan, untuk itu kami meminta kritik dan saran yang membangun kepada semua pihak atas kekurangan dan kesalahan Tugas Akhir ini. Harapan penulis supaya Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berkembangnya ilmu pengetahuan.

*Wassalamualaikum. Wr. Wb.*

Yogyakarta, Juni 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
MOTTO .....	ii
PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Perencanaan .....	1
C. Rumusan Masalah .....	2
D. Manfaat Perencanaan.....	2
E. Batasan Masalah.....	2
F. Keaslian Perencanaan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Tinjauan Umum .....	5
1. Struktur Atas ( <i>Upper structure</i> ) .....	5
2. Struktur Bawah ( <i>Sub Structur</i> ).....	6
3. Fondasi Jembatan .....	7
B. Jembatan Beton Prategang ( <i>Prestressed Concrete</i> ) .....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
A. Gambaran Umum .....	9
B. Perencanaan Struktur Atas Jembatan .....	9
C. Pembebanan Pada Jembatan .....	10
1. Aksi Tetap ( <i>Permanent Action</i> ).....	11

2. Aksi Sementara ( <i>Transient Action</i> ) .....	12
3. Aksi Lingkungan ( <i>Environmental Action</i> ) .....	18
4. Aksi-Aksi Lainnya .....	23
D. Perencanaan penampang balok/Gelagar Prategang .....	24
1. Beton Bertulang .....	25
a). Balok Bertulang.....	25
b). Regangan Berimbang .....	28
c). Luas Tulangan .....	29
d).Syarat Tulangan.....	30
e). Balok Tulangan Sebelah .....	30
f). Balok Tulangan Rangkap .....	31
g). Kuat Geser Beton Bertulang .....	34
h). Perencanaan Plat Beton Bertulang .....	36
2. Beton Prategang .....	38
a). Konsep Dasar Beton Bertulang .....	38
b). Penarikan Tendon (Baja Prategang).....	41
c). Tahap Pembebanan.....	43
d). Metode Disain .....	43
e). Pemeriksaan Tegangan .....	45
f). Tegangan-Tegangan Ijin.....	48
g). Tata Letak Tendon ( <i>Lay Out Tendo</i> ) .....	49
h). Kehilangan Gaya Prategang .....	51
i). Kekuatan Batas Lentur ( <i>Ultimate Strength</i> ) .....	56
j). Lendutan ( <i>Defleksi</i> ) dan Lawan Lendut ( <i>Cember</i> ).....	58
<b>BAB IV METODE PERANCANGAN</b>	
A. Umum .....	60
B. Data Struktur .....	60
C. Tahapan Perencanaan .....	60
<b>BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Data-Data Perencanaan .....	63
1. Data Teknis Jembatan .....	63



2. Data Bahan .....	64
3. Data Berat Volume Bahan .....	65
<b>B. Analisis struktur atas .....</b>	<b>65</b>
1. Perhitungan Tiang Sandaran ( <i>Railing</i> ) .....	65
2. Perhitungan Pelat Lantai ( <i>Slab</i> ) Jembatan .....	69
3. Perhitungan Pelat Injak Jembatan .....	77
4. Perhitungan Balok Prategang .....	85
5. Perhitungan Pembebanan Balok Prategang .....	90
6. Perhitungan Gaya Prategang ,Eksentrisitas Dan Jumlah Tendon .	102
7. Tendon .....	106
8. Kehilangan Gaya Prategan ( <i>Loss Off Prestress</i> ).....	116
9. Tegangan Yang Terjadi Akibat Gaya Prategan .....	121
10. Tinjauan <i>Ultimate Box Girder</i> Prategang .....	127
11. Lendutan Pada <i>Box Girder</i> Prategang .....	130
12. Perhitungan <i>Endblock</i> .....	133
C. Pembahasan.....	142
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan .....	144
B. Saran .....	144
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xx</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tiang Sandaran.....	9
Gambar 3.2 Beban Lajur "D".....	12
Gambar 3.3 Intensitas <i>Unifomly Distributed Load</i> .....	13
Gambar 3.4 Penyebaran pembebanan padaarah melintang jembatan .....	14
Gambar 3.5 Faktor beban dinamis(DLA) .....	15
Gambar 3.6 Pembebanan truck "T".....	16
Gambar 3.7 Gaya rem ( <i>Beaking Force</i> ).....	17
Gambar 3.8 Pembebanan untuk pejalan kaki.....	18
Gambar 3.9 Koefisien gaya geser dasar gempa wilayah 3 .....	22
Gambar 3.10 Analisis penampang balok .....	26
Gambar 3.11 Blok diagram tekanan balok.....	27
Gambar 3.12 Regangan berimbang .....	28
Gambar 3.13 Analisis tulangan rangkap .....	32
Gambar 3.14 Plat satu arah .....	37
Gambar 3.15 Distribusi tegangan penampang beton prategang konsentris.....	39
Gambar 3.16 Beton prategang dan beton bertulang .....	40
Gambar 3.17 Gaya keatas akibat gaya prategang .....	41
Gambar 3.18 Sistem prat-arik .....	42
Gambar 3.19 Sistem paska-tarik .....	42
Gambar 3.20 Pendekatan Elastis Beton.....	53
Gambar 3.21 Penampang <i>box</i> , regangan dan gaya-gaya dalam.....	57
Gambar 4.1 Flow chat pelaksanaan tugas akhir.....	62
Gambar 5.1 Potongan melintang jembatan.....	63
Gambar 5.2 Tiang <i>realing</i> dan pembebanan.....	66
Gambar 5.3 Penulangan tiang <i>reling</i> .....	69
Gambar 5.4 Tampak melintang <i>slab</i> jembatan.....	69
Gambar 5.5 Beban berat sendiri (MS) pelat lantai.....	70
Gambar 5.6 Beban mati tambahan (MA) plat lantai .....	71
Gambar 5.7 Beban hidup truck (TT) plat lantai .....	72

Gambar 5.8 Beban angin (EW) plat lantai.....	73
Gambar 5.9 Beban pada plat injakan arah melintang jembatan.....	78
Gambar 5.10 Beban pada plat injakan arah memanjang jembatan .....	81
Gambar 5.11 Penampang balok prategang .....	88
Gambar 5.12 Pembebanan sendiri pada balok .....	90
Gambar 5.13 Pembebanan beban mati tambahan (MA) pada balok.....	93
Gambar 5.14 Pembebanan lajur "D" pada balok .....	94
Gambar 5.15 Pembebanan rem (TB) pada balok .....	97
Gambar 5.16 Pembebanan beban angin (EW) pada balok .....	98
Gambar 5.17 Pembebanan beban gempa (EQ) pada balok.....	100
Gambar 5.18 Susunan tendon pada <i>box girder</i> di tengah bentang.....	105
Gambar 5.19 Daerah aman tendon .....	110
Gambar 5.20 Posisi tendon di tengah bentang.....	110
Gambar 5.21 Posisi tendon di tumpuan .....	111
Gambar 5.22 Lintasan inti tendon .....	113
Gambar 5.23 Grafik <i>Trace Cable</i> .....	115
Gambar 5.24 Tegangan saat transfer .....	122
Gambar 5.25 Diagram tegangan <i>box girder</i> saat transfer.....	124
Gambar 5.26 Tegangan saat <i>service</i> .....	124
Gambar 5.27 Diagram tegangan <i>box girder</i> saat <i>service</i> .....	127
Gambar 5.28 Kapasitas penampang <i>box girder</i> .....	127
Gambar 5.29 Pembesian angkur.....	133
Gambar 5.30 Tulangan Geser <i>Box Girder</i> .....	138
Gambar 5.31 Diagram gaya geser <i>box girder</i> .....	140

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Berat satuan untuk menghitung beban sendiri.....	11
Tabel 3.2 Koefisien seret ( $C_w$ ).....	19
Tabel 3.3 Koefisien arah angin rencana ( $V_w$ ).....	19
Tabel 3.4 Kecepatan angin rencana ( $V_o$ ).....	20
Tabel 3.5 Koefisien geser dasar gempa wilayah gempah 3 .....	21
Tabel 3.6 Faktor kepentingan bangunan .....	22
Tabel 3.7 Kondisi tanah untuk koefisien geser dasar .....	22
Tabel 3.8 Faktor beban pada perencanaan jembatan.....	23
Tabel 3.9 Kondisi pembebanan pada saat keadaan ultimat .....	24
Tabel 3.10 Kombinasi pada keadaan tegangan kerja.....	24
Tabel 3.11 Koefisien friksi tendon paska tarik .....	52
Tabel 5.1 Data tendon baja prategang .....	64
Tabel 5.2 Data berat volume bahan .....	65
Tabel 5.3 Berat sendiri pada tiang railing .....	66
Tabel 5.4 Rekap momen pada <i>slab</i> lantai jembatan .....	74
Tabel 5.5 Rekap momen ultimate pada <i>slab</i> lantai jembatan.....	74
Tabel 5.6 Propertis penampang <i>Box Girder</i> .....	88
Tabel 5.7 Berat trotoar dan <i>railing</i> .....	90
Tabel 5.8 Rekap berat sendiri struktur atas ( $Q_{MS}$ ).....	92
Tabel 5.9 Rekap beban mati tambahan struktur atas ( $Q_{MA}$ ).....	93
Tabel 5.10 Rekap pembebanan balok prategang.....	101
Tabel 5.11 Persamaan momen dan gaya geser pada balok prategang .....	101
Tabel 5.12 Data <i>Strands Cable</i> .....	103
Tabel 5.13 Jumlah <i>strands</i> pada <i>box girder</i> prategang .....	105
Tabel 5.14 Pembebanan akibat beban mati <i>Box Girder</i> .....	107
Tabel 5.15 Perhitungan Momen pada Pentang.....	107
Tabel 5.16 Batas bawah letak tendon .....	109
Tabel 5.17 Batas Atas Letak Tendon .....	110
Tabel 5.18 Perhitungan lintasan tendon.....	113

Tabel 5.19 Sudut angkur .....	113
Tabel 5.20 Tata letak kabel tendon .....	114
Tabel 5.21 Total Kehilangan Gaya Prategang .....	121
Tabel 5.22 Perhitungan momen <i>ultimate</i> akibat beban yang bekerja.....	130
Tabel 5.23 Rangkuman Perhitungan Lendutan .....	133
Tabel 5.24 Kombinasi pembebanan untuk desain tulangan geser balok prategang .....	137
Tabel 5.25 Rekap gaya geser dan kombinasigaya geser <i>box girder</i> .....	137

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1 Surat Pengajuan Tugas Akhir**

**Lampiran 2 Surat Izin Pengambilan Data**

**Lampiran 3 Lembar Monitoring Pelaksanaan Tugas Akhir**

**Lampiran 4 Gambar Disain Ulang Jembatan**

## DAFTAR NOTASI

- $A$  = luas penampang bruto.
- $A_n$  = luas penampang netto.
- $A_t$  = luas penampang transformasi.
- $A_s$  = luas tulangan tarik.
- $A'_s$  = luas tulangan tekan.
- $A_v$  = luas tulangan geser dalam jarak  $s$ , atau luas tulangan geser yang tegak lurus tulangan tarik lentur dalam jarak  $s$  untuk komponen struktur lentur tinggi.
- $A_{ID}$  = luas penampang satu batang tulangan.
- $A_{ps}$  = luas tulangan prategang.
- $b$  = lebar muka tekan suatu komponen struktur.
- $B_j$  = berat jenis beton.
- $c.g.c$  = *centre gravity of concrete* (kedudukan titik berat penampang)
- $c_t$  = jarak garis netral terhadap sisi atas penampang.
- $c_b$  = jarak garis netral terhadap sisi bawah penampang.
- $c_w$  = koefisien seret.
- $d$  = jarak dari serat terluar ke pusat berat tulangan tarik.
- $d'$  = jarak dari serat tekan ke pusat berat tulangan tekan.
- $d_p$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan prategang.
- $e$  = eksentrisitas gaya terhadap terhadap sumbu.
- $E_c$  = modulus elastis beton.
- $E_s$  = modulus elastis baja
- $F$  = gaya gesek pada perletakan.
- $f_c$  = kuat tekan beton yang ditetapkan.
- $f_{ci}$  = kuat tekan beton pada saat transfer.
- $f_{ci}$  = tegangan ijin serat tekan pada saat transfer.

- $f_{ti}$  = tegangan ijin serat tarik pada saat transfer.  
 $f_{cs}$  = tegangan ijin serat tekan pada saat layan.  
 $f_{ts}$  = tegangan ijin serat tarik pada saat layan.  
 $f_t$  = tegangan beton pada serat atas.  
 $f_b$  = tegangan beton pada serat bawah.  
 $f_y$  = kuat leleh tulangan non prategang yang ditetapkan.  
 $f_{ps}$  = tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal.  
 $f_{pu}$  = kuat tarik tendon prategang yang ditetapkan.  
 $f_{py}$  = kuat leleh tendon yang ditetapkan.  
 $g$  = percepatan grafitasi.  
 $h$  = tinggi penampang.  
 $I$  = momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor.  
 $K$  = faktor beban ultimit.  
 $L$  = panjang bentang.  
 $LOF$  = *loss of prestress* (kehilangan gaya prategang)  
 $M_o$  = momen akibat berat sendiri.  
 $M_{TD}$  = momen akibat beban hidup kendaraan.  
 $M_{MA}$  = momen akibat beban mati tambahan.  
 $M_{TB}$  = momen akibat beban rem.  
 $M_{EW}$  = momen akibat beban angin.  
 $M_{TP}$  = momen akibat beban pejalan kaki.  
 $M_r$  = momen rencana.  
 $M_t$  = momen total (saat service)  
 $M_n$  = kuat momen nominal  
 $n$  = jumlah tulangan, jumlah tendon prategang  
 $P_{MS}$  = gaya aksial akibat beban mati.  
 $P_{TD}$  = gaya aksial akibat beban hidup kendaraan.



- $P_{TP}$  = gaya aksial akibat beban pejalan kaki.  
 $P_n$  = kuat beban aksial nominal.  
 $P_e$  = gaya prategang efektif.  
 $P_o$  = gaya prategang awal.  
 $P_u$  = gaya aksial terfaktor.  
 $R$  = rasio kehilangan gaya prategang.  
 $R_n$  = koefisien lawan untuk perencanaan kekuatan.  
 $r$  = radius girasi penampang komponen struktur tekan.  
 $s$  = jarak antar tulangan.  
 $s_t$  = modulus penampang bagian atas.  
 $s_b$  = modulus penampang bagian bawah.  
 $T$  = kopel resultant gaya tarik baja.  
 $T_{EQ}$  = gaya gempa/gaya geser total.  
 $T_S$  = gaya tarik tulangan baja non prategang.  
 $T_{PS}$  = gaya tarik tulangan baja prategang.  
 $T_x$  = gaya horizontal arah x.  
 $T_y$  = gaya horizontal arah y.  
 $V_c$  = kuat geser nominal yang disumbangkan oleh beton.  
 $V_u$  = gaya geser terfaktor di penampang.  
 $Wt$  = berat total struktur.  
 $y_a$  = jarak garis netral terhadap sisi atas.  
 $y_b$  = jarak garis netral terhadap sisi bawah.  
 $z_o$  = jarak titik berat tendon ke sisi bawah.  
 $\beta_1$  = konstanta ekuivalen blok tegangan yang tergantung dari mutu beton.  
 $\rho$  = perbandingan tulangan tarik non-prategang.  
 $\rho_{min}$  = perbandingan tulangan pada keadaan regangan minimum.  
 $\rho_{max}$  = perbandingan tulangan pada keadaan regangan maksimum.

$\varepsilon_c$  = regangan tekan beton.

$\varepsilon_s$  = regangan pada baja tulangan.

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan.