

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:

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

Tanggal:

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

Tanggal:

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:

Bapak Jazaul Ikhsan, P.hD, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Ibu Ir.Anita Widianti,MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

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.

Bapak Bagus Soebandono,ST.,M.Eng,selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan arahan, dorongan semangat, dan doa kepada penulis selama melaksanakan perancangan.

Bapak Guntur Nugroho,TS.,M.Eg, Selaku dosen penguji tugas akhir.

Bapak dan Ibu dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas ilmu yang telah diberikan kepada penyusun.

Seluruh Staf karyawan dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta atas bantuannya.

Ayahanda H. Imam Sujonodan 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 anda yang sederhana ini untuk Ayahanda dan Ibunda tercinta.

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.

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.

Teman-teman KPM UMY (Rama, Singgih, Afief, Alan) dan Club Jembatan, yang selalu memberikan motivasi dan mengajarkan sesuatu yang tidak ada di perkuliahan.

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.

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
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Tujuan Perencanaan	1
C. Rumusan Masalah	2
D. Manfaat Perencanaan	2
E. Batasan Masalah	2
F. Keaslian Perencanaan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
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
BAB III	LANDASAN TEORI	
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>Trasient Action</i>)	12
3.	Aksi Lingkungan (<i>Enviromental 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>Defleksion</i>) dan Lawan Lendut (<i>Cember</i>)	58
BAB IV	METODE PERANCANGAN	
	A. Umum	60
	B. Data Struktur	60
	C. Tahapan Perencanaan.....	60
BAB V	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
	A. Data-Data Perencanaan	63
	1. Data Teknis Jembatan	63
	2. Data Bahan	64
	3. Data Berat Volume Bahan	65
	B. Analisis struktur atas	65
	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
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan.....	144
B. Saran.....	144
DAFTAR PUSTAKA xx	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tiang Sandaran.....	9
Gambar 3.2 Beban Lajur "D"	12
Gambar 3.3 Intensitas <i>Uniformly 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>Braking 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 Pembesianangkur	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 gempa 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 gayageser 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_{1D} = 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 tefaktor 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.
- θ_1 = konstanta akuivalen blok tegangan yang tergantung dari mutui beton.
- ρ = perbandingan tulangan tarik non-prategang.

ρ_{\min} = perbandingan tulangan pada keadaan regangan minimum.

ρ_{\max} = perbandingan tulangan pada keadaan regangan maksimum.

ϵ_c = regangan tekan beton.

ϵ_s = regangan pada baja tulangan.

ϕ = faktor reduksi kekuatan.

ABSTRAK

Jembatan Gajah Wong jembatan gajah wong ini terletak di ruas jalan inspeksi selokan mataram, yang menghubungkan Jl Gejayan-Seturan, Kabupaten Sleman Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Pembangunan jembatan ini merupakan suatu upaya dalam meningkatkan aktivitas ekonomi dan menunjang aktivitas lalu lintas yang ada di daerah ini sehingga untuk menjangkau daerah yang satu dengan yang lain lebih efektif dan efisien. Jembatan Gajah Wong memiliki panjang bentang 40 m. Perencanaan jembatan ini menggunakan I girder kemudian akan dilakukan perancangan ulang jembatan beton prategang dengan bentuk lain yaitu box girder.

Dalam Perancangan ini menggunakan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan menggunakan (Bridge Management System (BMS) 1992) dan analisis struktur jembatan menggunakan bantuan program Excel 2007. Adapun penggambaran hasil perencanaan menggunakan program AutoCAD 2010.

Disain jembatan Gajah Wong ini aman terhadap beban yang bekerja pada konstruksinya. Hasil perencanaan jembatan ini meliputi gelagar yang berbentuk box girder trapesium dengan tebal slab lantai 0,3 m, tebal dinding samping dan tengah 0,45 m dan tinggi penampang box girder 2,5 m. Baja prategang menggunakan strand 7 kawat yang sesuai dengan spesifikasi ASTM A-416 dan digunakan angkur VSL tipe E-55 dengan jumlah tendon 28 buah.

Kata kunci: jembatan, beton prategang, box girder.