

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN KONANG KABUPATEN TRENGGALEK
DENGAN MENGGUNAKAN BALOK GIRDER PRATEGANG
SEGMENTAL**

SKRIPSI



Disusun oleh:

EKO KURNIAWAN

NIM : 200632001

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA KARYA
MALANG
MEI 2011**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN KONANG KABUPATEN TRENGGALEK
DENGAN MENGGUNAKAN BALOK GIRDER PRATEGANG
SEGMENTAL**

SKRIPSI

Diajukan kepada Universitas Katolik Widya Karya Malang
untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
menperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

Eko Kurniawan

NIM : 200632001

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA KARYA
MALANG
Mei 2011**

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan bimbingan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Konang Kabupaten Trenggalek dengan Menggunakan Balok Girder Prategang Segmental* yang merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya Malang.

Selama penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapat masukan, bimbingan, bantuan dan dorongan semangat dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Rm. Michael Agung Christiputra O,Carm. selaku Rektor Universitas Katolik Widya Karya Malang.
2. Bapak Ir Dionysius J. Djoko H. S. M.Phil. PhD, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang.
3. Ibu Sunik ST. MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Karya Malang.
4. Ibu DR Ir. Agnes H. Patty, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Dosen Penguji II.
5. Bapak YoSimson P. Manaha, ST, MT selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Penguji Saksi.
6. Bapak Ir Hery Susanto, MT selaku Dosen Penguji I.

PLAGIARISME ADALAH PELANGGARAN HAK CIPTA DAN ETIKA

7. Bapak Benedictus Sonny Yudono, S.Pd atas segala bantuan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini.
8. Papa, Mama, dan kedua kakak penulis atas dukungan dan doannya.
9. Seluruh teman-teman di Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang.
10. Dan seluruh keluarga dan teman-teman penulis yang telah memberi dukungan dan doanya.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini kurang sempurna oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak terutama bagi teman-teman mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang dan lingkungan akademik yang lain.

Malang, Mei 2011

Penulis

ABSTRAK

Kurniawan, Eko. 2011. *Studi Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan Konang Kabupaten Trenggalek dengan Menggunakan Balok Girder Prategang Segmental*. Skripsi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Karya Malang. Pembimbing: (I) DR Ir. Agnes H.Patty, MT, (II) Yosimson P. Manaha, ST.MT.

Kata Kunci: Beton Prategang, Jembatan, *Post-Tensioning*, Tendon.

Indonesia merupakan negara kepulauan dan terdapat banyak sungai-sungai yang lebar sehingga diperlukan sarana penghubung yaitu sebuah jembatan. Dengan adanya jembatan ini maka mobilitas manusia dan barang dapat berjalan lancar. Pemilihan bahan struktur untuk jembatan dapat dilihat dari panjang jembatan dan fungsi dari jembatan tersebut. Oleh karena itu Jembatan Konang yang memiliki panjang bentang 92 meter akan direncanakan menggunakan beton prategang dengan membaginya menjadi 2 bagian dengan bentang masing-masing 46 meter dan akan dijadikan 8 segmen dengan masing-masing segmen memiliki panjang 5,75 meter, dan lebar jembatan selebar 7 meter.

Dalam skripsi ini penulis merencanakan struktur bangunan atas jembatan yang terdiri dari struktur sekunder yaitu plat lantai, trotoar dan struktur primer berupa balok gelagar. Dengan lebar lantai kendaraan 7m, tebal plat lantai 0,2m, tebal perkerasan 0,05m. Mutu baja tulangan yang dipakai yaitu: $f_y = 240$ MPa, $f_y = 350$ MPa, dan $f_y = 390$ MPa sedangkan untuk mutu beton yang dipakai $f_c = 35$ MPa dan $f_c = 60$ MPa.

Dari hasil perhitungan pada perencanaan struktur bangunan atas sekunder jembatan, yaitu plat lantai menggunakan tulangan rangkap D16–12,5cm dan tulangan memanjang Ø10–20cm dan pada trotoar menggunakan tulangan D16–12,5cm dan tulangan memanjang Ø10–15cm. Perencanaan struktur atas primer jembatan yaitu balok gelagar penampang direncanakan bentuk I *non-simetris*, jenis tendon yang digunakan VSL tipe 31 Sc 31 untaian sebanyak 5 buah, total kehilangan gaya prategang sebesar 19%. Pada perhitungan balok ujung, tulangan vertikal digunakan 4D25 dan tulangan horizontal digunakan 4Ø25, sedangkan tulangan pecah ledak digunakan 9D19. Untuk penulangan non prategang yaitu: tulangan geser Ø12–7cm (tumpuan) dan Ø12–9cm (lapangan), *Shear Connector* D12–25cm, dan Tulangan memanjang 20D19.

Secara teoritis perencanaan jembatan ini aman namun dalam pelaksanaan perlu diperhatikan faktor-faktor antara lain , faktor geografis lokasi proyek, ketersediaan bahan, dan kemudahan dalam pelaksanaan.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATAPENGANTAR	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Maksud dan Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Definisi Jembatan.....	5
2.1.1 Pembebanan.....	6
2.1.1.1 Beban Mati	6
2.1.1.2 Beban Hidup	7

2.1.1.3 Gaya Rem	11
2.1.1.4 Beban Angin.....	12
2.1.1.5 Beban Pejalan Kaki.....	14
2.2 Teori Prategang.....	14
2.2.1 Material Beton Prategang	15
2.2.2 Sistem Prategang.....	16
2.2.3 Analisa Tegangan dan Gaya Prategang.....	19
2.2.4 Daerah Aman	21
2.2.5 Tegangan yang Diijinkan.....	23
2.2.6 Kontrol Tegangan.....	24
2.2.7 Kehilangan Gaya Prategang.....	26
2.2.8 Lendutan.....	31
2.2.9 Perencanaan Balok Ujung (<i>End Block</i>).....	32
2.2.9.1 Perencanaan Tulangan Daerah Pecah Ledak ...	33
2.2.9.2 Tulangan Daerah Angkur	36
2.2.10 Perencanaan Tulangan Non-Prategang.....	37
2.2.10.1 Penulangan Tulangan Geser.....	37
2.2.10.2 Perencanaan <i>Shear Conector</i>	38
BAB III DATA PERENCANAAN	
3.1 Data Teknis Jembatan.....	40
3.2 Tegangan yang Diijinkan.....	41
3.2.1 Beton Prategang	41
3.2.2 Beton Bertulang.....	42

3.2.3 Tendon Baja.....	42
3.3 Struktur Sekunder.....	43
3.3.1 Perencanaan Sandaran.....	43
3.3.2 Perencanaan Plat Lantai Beton.....	48
3.3.2.1 Pembebanan.....	48
3.3.2.2 Analisa Statika.....	50
3.3.2.3 Penulangan Plat lantai.....	52
BAB IV ANALIS PERENCANAAN STRUKTUR	
4.1 Perencanaan Penampang Balok.....	57
4.1.1 Blok Tengah Balok Prategang.....	59
4.1.1.1 Section Properties Balok Sebelum Komposit.	59
4.1.1.2 Section Properties Balok Komposit.....	60
4.1.2 Blok Ujung Balok Prategang.....	62
4.1.2.1 Section Properties Balok Ujung Sebelum Komposit.....	62
4.1.2.2 Section Properties Balok Ujung Komposit....	63
4.1.3 Balok Diafragma.....	64
4.1.3.1 Balok Diafragma Tengah.....	65
4.1.3.2 Balok Diafragma Ujung.....	66
4.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Statika.....	67
4.2.1 Aksi Tetap.....	67
4.2.1.1 Berat Sendiri Gelagar Prategang.....	67
4.2.1.2 Berat Sendiri Balok Diafragma.....	68

4.2.1.3 Beban Mati diatas Gelagar.....	69
4.2.2 Beban Lalu Lintas.....	70
4.2.2.1 Beban lajur D	70
4.2.2.2 Gaya Rem.....	72
4.2.3 Beban Angin	72
4.3 Perhitungan Gaya Prategang	75
4.3.1 Menentukan Jumlah Tendon	75
4.3.2 Menentukan Daerah Aman Tendon	77
4.4 Perhitungan Koordinat Tendon	80
4.4.1 Koordinat Tendon	81
4.4.2 Titik Berat Tendon dan Eksentrisitas Tendon.....	82
4.5 Kontrol Tegangan	83
4.5.1 Keadaan Awal	84
4.5.2 Kondisi Setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	85
4.5.3 Kondisi Setelah Beton Bertulang di Cor	86
4.5.4 Kondisi Beton Komposit tanpa Beban Hidup.....	87
4.5.5 Kondisi Akhir	91
4.6 Analisa Kehilangan Tegangan Gaya Prategang	103
4.6.1 Akibat Perpendekan Elastisitas Beton (ES)	103
4.6.2 Akibat Susut Beton (SH)	103
4.6.3 Akibat Rangkak Beton (CR)	104
4.6.4 Akibat Relaksasi Baja (RE).....	105
4.6.5 Total Kehilangan Gaya Prategang (TL)	105

4.7 Analisa Lendutan.....	106
4.7.1 Penentuan E Komposit.....	106
4.7.2 Batas Lendutan.....	106
4.7.3 Lendutan Akibat Gaya Prategang	107
4.7.4 Lendutan Akibat Berat Sendiri.....	107
4.7.5 Lendutan Akibat Beban Mati	108
4.7.6 Lendutan Akibat beban Hidup.....	108
4.7.7 Kontrol Lendutan.....	108
4.8 Perencanaan Balok Ujung (<i>End Block</i>).....	109
4.8.1 Perencanaan Tulangan daerah Pecah Ledak.....	110
4.8.2 Perencanaan Tulangan Daerah Angkur.....	114
4.8.3 Perhitungan Tulangan <i>Non-Pretegang</i>	116
4.8.4 Perhitungan Tulangan <i>Shear Connector</i>	121
4.8.5 Perhitungan Tulangan Memanjang Minimum.....	122
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	123
5.2 Saran.....	125
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Faktor Beban Keadaan Batas Ultimate	7
2.2 Jumlah Lajur Rencana	10
2.3 Koefisien Seret (C_w)	12
2.4 Kecepatan Angin Rencana	13
2.5 Tekanan Angin Merata	13
2.6 Beban Pejalan Kaki	14
2.7 Nilai Koefisien Susut (K_{sh}) untuk Beton Pasca Cetak	27
2.8 Nilai K_{re} dan J	29
2.9 Nilai C	29
2.10 Persentase Total Kehilangan Gaya Prategang	30
4.1 Statis Momen Penampang Balok sebelum Komposit	59
4.2 Momen Inersia Penampang Balok sebelum Komposit	60
4.3 Statis Momen Penampang Balok Komposit	63

4.4 Momen Inersia Penampang Balok Komposit	63
4.5 Statis Momen Penampang Balok Ujung sebelum Komposit.....	62
4.6 Momen Inersia Penampang Balok Ujung sebelum Komposit.....	63
4.7 Statis Momen Penampang Balok Ujung Komposit	64
4.8 Momen Inersia Penampang Balok Ujung Komposit.....	64
4.9 Momen dan Kombinasi Momen.....	74
4.10 Perhitungan Batas Daerah Aman a_1	77
4.11 Perhitungan Batas Daerah Aman a_2	77
4.12 Perhitungan Batas Daerah Aman a_3	78
4.13 Perhitungan Batas Daerah Aman a_4	78
4.14 Data Penampang Balok Prategang	80
4.15 Data Dimensi Angkur, Tendon dan Gaya Prategang	80
4.16 Koordinat Penempatan Angkur dan Puncak Tendon.....	81
4.17 Koordinat Tendon 1 dan 2	81
4.18 Koordinat Tendon 3.....	82
4.19 Koordinat Tendon 4 dan 5.....	82
4.20 Titik Berat dan Eksentrisitas Tendon Terhadap Penampang Sebelum Komposit	83
4.21 Titik Berat dan Eksentrisitas Tendon Terhadap Penampang Komposit	83
4.22 Tegangan Keadaan Awal.....	92
4.23 Tegangan setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	94
4.24 Tegangan setelah Beton Bertulang di Cor	96
4.25 Tegangan Beton Komposit tanpa Beban Hidup	98

4.26 Tegangan Kondisi Akhir.....	101
5.1 Dimensi Penampang <i>End Block</i>	124
5.2 Dimensi Penampang <i>Center Block</i>	124
5.3 Hasil Analisa Lendutan	125



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Beban Lajur D.....	7
2.2 Penyebaran Pembebanan Arah Melintang (lebar $\leq 5,5$ m).....	8
2.2 Penyebaran Pembebanan Arah Melintang(lebar $> 5,5$ m).....	8
2.2 Penyebaran Pembebanan Arah Melintang (lebar > 9 m).....	9
2.5 Pembebanan Truk T	9
2.6 Beban Angin Jembatan Kosong.....	12
2.7 Beban Angin Jembatan Penuh	13
2.8 Sistem <i>Pre-Tensioning</i>	17
2.9 Sistem <i>Post-Tensioning</i>	18
2.10 Model pemasangan Tendon	19
2.11 Analisa Tegangan	19

2.12 Permodelan Tegangan akibat Gaya Prategang eksentris.....	20
2.13 Permodelan Tegangan akibat Momen yang Bekerja.....	20
2.14 Daerah Aman dan Penempatan Tendon	23
2.15 Transmisi Gaya pada Balok Ujung (Angkur Tunggal)	32
2.16 Transmisi Gaya pada Balok Ujung (Angkur Ganda)	33
2.17 Balok Ujung dan Diagram Tegangan.....	34
2.18 Balok Ujung dan Diagram Gaya per cm.....	34
2.19 Balok Ujung dan Diagram Moment	35
2.20 Jarak Penempatan Tulangan Pecah Ledak	36
3.1 Potongan Memanjang Jembatan.....	39
3.2 Potongan Melintang Jembatan.....	39
3.3 Potongan Melintang dan Memanjang Sandaran Jembatan.....	43
3.4 Gaya-gaya yang Bekerja pada Pipa Sandaran dan Resultan Gaya.....	44
3.5 Penampang Pipa.....	44
3.6 Pembebanan Tiang Sandaran	45
3.7 Penulangan Tiang Sandaran	47
3.8 Ilustrasi Beban Muatan Truk T	48
3.9 Skema Pembebanan Keadaan 1	50
3.10 Skema Pembebanan Keadaan 2.....	50
3.11 Skema Pembebanan Keadaan 3	51
3.12 Skema Pembebanan Keadaan 4.....	51
3.13 Skema Pembebanan Keadaan 5	51
4.1 Penampang Balok	57

4.2 Penampang Balok sebelum Komposit	59
4.3 Penampang Balok Komposit	61
4.4 Penampang Balok Ujung sebelum Komposit	62
4.5 Penampang Balok Ujung Komposit.....	63
4.6 Penempatan Balok Diafragma	65
4.7 Penempatan Balok Diafragma Tengah	65
4.8 Penempatan Balok Diafragma Ujung.....	66
4.9 Pembebanan Berat Sendiri Gelagar Prategang	67
4.10 Pembebanan Berat Sendiri Diafragma.....	68
4.11 Pembebanan Beban Mati Gelagar.....	69
4.12 Intensitas Penyebaran Beban Lajur D	70
4.13 Pembebanan Beban Merata UDL	70
4.14 Beban Garis KEL.....	71
4.15 Gaya Rem.....	72
4.16 Beban Angin pada Struktur Atas Jembatan	72
4.17 Daerah Aman Tendon	79
4.18 Susunan Penempatan Tendon pada Ujung dan Tengah Bentang	80
4.19 Diagram Tegangan pada Kondisi Awal.....	93
4.20 Diagram Tegangan setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	95
4.21 Diagram Tegangan setelah Beton Bertulang di Cor	97
4.22 Diagram Tegangan Beton Komposit tanpa Beban Hidup	100
4.23 Diagram Tegangan Kondisi Akhir	102
4.24 Detail Penempatan Angkur pada <i>End Block</i>	109

4.25 Diagram Tegangan.....	111
4.26 Diagram Gaya per cm	111
4.27 Diagram Momen	112
4.28 Penempatan Tulangan Pecah Ledak	113
4.29 Transmisi Gaya pada Balok Ujung	114
4.30 Tulangan Vertikal dan Horizontal	116
4.31 Tulangan Geser	120
4.32 Sketsa Tegangan Plat	121
4.33 Penulangan <i>Shear Connector</i>	122
4.34 Tulangan Memanjang	122



DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
2.1 Faktor Beban Dinamis.....	11
2.2 Gaya Rem	11



Lampiran

1. Analisa Statika dengan STAAD Pro
2. Gambar Struktur
3. Data VSL
4. Lembar Asistensi
5. Data-Data Asli Jembatan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan dan terdapat banyak sungai-sungai yang lebar sehingga diperlukan sarana penghubung yaitu sebuah jembatan. Dengan adanya jembatan ini maka mobilitas manusia dan barang dapat berjalan lancar. Pentingnya fungsi jembatan itu maka diperlukannya struktur jembatan yang kuat agar mampu menahan beban-beban yang akan diterima pada saat jembatan tersebut digunakan.

Jembatan ada beberapa macam ditinjau dari materialnya yaitu jembatan kayu, jembatan baja, jembatan beton dan jembatan komposit. Pemilihan bahan struktur untuk jembatan dapat dilihat dari panjang jembatan dan fungsi dari jembatan tersebut. Untuk jembatan yang pendek dan digunakan untuk menyeberangi sungai-sungai dengan bentang pendek dapat digunakan struktur dari kayu saja, sedangkan untuk bentang jembatan yang lebih panjang dapat digunakan beton bertulang ataupun baja. Seperti Jembatan Konang yang mempunyai bentang total 92 meter menggunakan jembatan beton dengan membaginya menjadi 6 bagian dengan masing-masing bentang 15-16 meter.

Beton mempunyai kekuatan yang tinggi terhadap tekanan, tetapi lemah terhadap tegangan tarik. Untuk mengatasi kelemahan ini diperlukan tulangan baja yang kuat terhadap tegangan tarik. Perkembangan teknologi yang semakin pesat dibidang teknik sipil khususnya pada konstruksi jembatan, terdapat berbagai

pilihan dalam merencanakan suatu konstruksi bangunan atas jembatan. Pemilihan model suatu struktur jembatan banyak hal yang perlu dipertimbangkan baik itu berupa kekuatan, efisiensi waktu, dan biaya ataupun kondisi lapangan yang menentukan dari segi pelaksanaan. Oleh karena itu Jembatan Konang yang memiliki panjang bentang 92 meter akan direncanakan menggunakan beton prategang dengan membaginya menjadi 2 bagian dengan bentang masing-masing 46 meter dan akan dijadikan 8 segmen dengan masing-masing segmen memiliki panjang 5,75 meter. Dengan menggunakan beton prategang, daya pikul jembatan akan bertambah, jumlah pilar yang awalnya 5 menjadi 1 dan dimensi dari balok dapat diperkecil. Lebar jembatan awal yang besarnya 5,8 meter akan di rencanakan menjadi 9 meter.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah: bagaimana merencanakan struktur atas jembatan Konang dengan menggunakan balok girder prategang segmental.

1.3 Batasan Masalah

Dalam analisis ini, dilakukan pembatasan-pembatasan masalah sebagai berikut :

- a) Gelagar jembatan menggunakan balok girder prategang segmental.
- b) Perencanaan struktur jembatan mengenai:

PLAGIARISME ADALAH PELANGGARAN HAK CIPTA DAN ETIKA

- Perhitungan tiang sandaran,
 - Perhitungan pelat lantai,
 - Perhitungan gelagar.
- c) Tidak membahas mengenai struktur bawah jembatan.
- d) Tidak memperhitungkan faktor beban gempa, karena lokasi jembatan pada wilayah gempa 3.
- e) Tidak membahas tentang perencanaan biaya.

Untuk mendukung studi perencanaan ini penulis menggunakan standart aturan dan data perencanaan sebagai berikut:

1. Peraturan Pembebanan Jembatan berdasarkan *Bridge Management System* 1992.
2. Peraturan perencanaan struktur beton prategang dan beton bertulang berdasarkan SNI 03-2847-2002.
3. Tipe tendon yang digunakan adalah VSL (*Vorspann System Losinger*).

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan skripsi ini untuk:

- Ingin mengaplikasikan prategang pada struktur atas Jembatan Konang.
- Merencanakan balok prategang dengan balok girder pada jembatan konang.
- Menerapkan SNI 03-2847-2002

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui cara merencanakan struktur atas jembatan dengan menggunakan balok girder prategang segmental.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan penulis melalui tugas akhir ini :

- a) Bagi Mahasiswa dapat memberi pengetahuan baru mengenai perencanaan Struktur jembatan menggunakan balok girder prategang.
- b) Bagi Lembaga dapat memperkaya sumber pustaka bagi Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Widya Karya Malang.
- c) Bagi Praktisi dapat memperkaya pengetahuan para praktisi di bidang konstruksi mengenai pembangunan jembatan yang menggunakan balok girder prategang.