

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karuniaNya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penganalisaan ini adalah “ *Analisis Perhitungan Struktur Atas (Box Girder) Pada Flyover Jamin Ginting Dengan Sistem Beton Prategang* “(Studi Kasus).

Skripsi ini merupakan tugas akhir yang diselesaikan pada semester VIII, yang disusun setelah judul skripsi disetujui fakultas teknik sipil oleh ketua program studi dan mengadakan seminar proposal selesai pada tanggal 10 April 2014. Penulis berharap bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa saran yang berkaitan dengan penulisan skripsi ini, sehingga dapat lebih sempurna. Untuk selanjutnya penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan saran dalam mengerjakan dan menyelesaikan skripsi ini.

Terima kasih penulis sampaikan kepada;

1. Bapak Prof. Dr. H.A. Ya'kub Matondang, MA selaku rector Universitas Medan Area
2. Ibu Ir. Hj. Haniza, MT selaku dekan fakultas teknik Universitas Medan Area
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT sebagai ketua Program Studi Teknik Sipil
4. Bapak Ir. Irwan, MT sebagai pembimbing I dan penguji I, Ir. Amsuardiman, MT sebagai dosen pembimbing II dan penguji II

5. Pihak PU Bina Marga metropolitan Medan dan konsultan supervisi serta PP-Wijaya Karya KSO yang ikut membantu penulis selama proses penulisan Tugas Akhir atau skripsi ini
6. Orangtua saya yang memberikan motivasi.

Yang telah banyak memberikan saran dan membantu penulis selama melaksanakan penyusunan sampai seminar hasil dan sidang meja hijau.

Akhir kata, penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Medan, Juni 2014

Penulis

Bahagia Tambunan

NIM: 10 811 0070

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR NOTASI .....	xi
BAB.I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Maksud dan Tujuan .....	3
1.5 Metode Pengambilan Data .....	4
BAB.II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pendahuluan .....	5
2.2 Defenisi Beton Prategang (Prestressed Concrete) .....	5
2.3 Sistem Prategang Pre-tension Dan Post-tension .....	6
2.4 Material Dan Sistem Untuk Pemberian Prategang .....	7
2.4.1 Beton .....	7
2.4.1.1 Penulangan Nonprategang .....	26
2.4.2 Baja Prategang .....	29
2.6 Fungsi Tendon Pada Beton Pratekan .....	37
2.7 Tegangan-Tegangan Izin Maksimum Di Beton dan Tendon .....	37
2.7.1 Tegangan-Tegangan Izin Maksimum Di Beton dan Tendon Menurut ACI .....	37
2.7.2 Tegangan Izin Maksimum AASHTO Di Beton dan Tendon .....	39
2.8 Kehilangan Sebagian Prategang .....	40
2.9 Teori Pembebanan Menurut RSNI T-02-2005 .....	56

2.10 Metode Perletakan Box Girder .....	56
2.11 Prosedur Pelaksanaan Prestressing Concrete Post-Tension .....	57
2.12 Bahan dan Peralatan Untuk Stressing.....	58
2.13 Jenis komponen PC.Box Girder Berlubang.....	59
2.14 Pengaruh Lubang Pada PC.Box Girder Berlubang .....	59
<b>BAB.III DATA DAN METODE PENGANALISAAN .....</b>	<b>60</b>
3.1 Data PC. Box Girder Yang Digunakan Sebagai Bahan Analisa....	60
3.2 Analisa Mutu beton PC. Box Girder berlubang dengan K-500....	65
3.3 Analisa Penampang PC. Box Girder berlubang .....	67
3.4 Pembebanan berdasarkan RSNI T- 02-2005 .....	71
3.5 Analisa Momen .....	74
3.6 Analisa Kabel prategang.....	75
3.6.1 Penentuan Posisi Kabel Strand PC. Box Girder berlubang.	75
3.6.2 Kehilangan Prategang.....	86
3.6.2.1 Kontrol Besar Momen Akibat Gaya Prategang Sesudah Semua Kehilangan .....	89
3.6.3 Gaya Prategang Efektif.....	90
3.7 Analisa Tegangan .....	90
3.7.1 Tegangan Saat Awal.....	90
3.7.2 Tegangan Saat Servis .....	91
3.8 Besar Lendutan atau Defleksi.....	91
3.9 Penulangan Torsional PC. Box Girder berlubang bentang 55 m ..	92
3.10Penganalisaan Umur Rencana PC. Box. Girder. ....	94
<b>BAB.IV ANALISA PERHITUNGAN DAN HASIL.....</b>	<b>96</b>
4.1 Perhitungan Kuat Tekan Beton Pada PC. Box Girder Berlubang	96
4.2 Perhitungan Penampang PC. Box Girder Berlubang .....	98
4.3 Perhitungan Pembebanan Berdasarkan RSNI T- 02-2005.....	111
4.3.1 Besar Beban Mati Sendiri Dan Tambahan.....	112
4.3.1.1 Box Girder Bentang 35 m.....	112
4.3.1.2 Box Girder Bentang 55 m.....	113

4.3.2	Beban Hidup.....	114
4.3.2.1	Beban Truk.....	114
4.3.2.2	Beban Lajur.....	114
4.3.2.3	Beban Gempa.....	116
4.4	Perhitungan Momen.....	118
4.5	Perhitungan Kabel Prategang.....	120
4.5.1	Perhitungan Posisi Kabel Strand PC. Box Girder.....	120
4.5.2	Perhitungan Kehilangan Prategang.....	138
4.5.2.1	Kotrol Momen Akibat Gaya Prategang Sesudah Semua Kehilangan.....	143
4.5.3	Perhitungan Gaya Prategang Efektif.....	145
4.6	Perhitungan Tegangan .....	145
4.6.1	Tegangan Saat Awal.....	145
4.6.2	Tegangan Saat Servis.....	146
4.7	Perhitungan Besar Lendutan Pada PC. Box Girder berlubang ....	147
4.8	Perhitungan Penulangan torsional PC.Box Girder Berlubang bentang 55 m .....	148
4.9	Perhitungan umur rencana PC. Box. Girder.....	151
BAB.V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	153
5.1	Kesimpulan.....	153
5.2	Saran.....	154
	DAFTAR PUSTAKA .....	155
	LAMPIRAN SHOP DRAWING DAN FOTO DOKUMENTASI.....	

## DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Hal.
Tabel 2.1	Proporsi campuran untuk $f_c' > 18.000$ psi	16
Tabel 2.2	Proporsi campuran dalam $\text{lb/yd}^3$ untuk balok komposit dengan $f_c' > 13000$ psi	17
Tabel 2.3	Mutu Tulangan dan Kekuatannya	27
Tabel 2.4	Penulangan Kawat Standar	28
Tabel 2.5	Berat, luas, dan keliling batang individual	29
Tabel 2.6	Kawat-kawat untuk Beton Prategang	31
Tabel 2.7	Strand Standar Tujuh Kawat untuk Beton Prategang	32
Tabel 2.8	Strand 7 Kawat yang dipadatkan untuk beton prategang (ASTM A779).	33
Tabel 2.9	Batang Baja Untuk Beton Prategang	34
Tabel 2.10	Kehilangan lump- sum dari AASHTO	41
Tabel 2.11	Perkiraan Kehilangan Prategang Untuk Pascatarik	41
Tabel 2.12	Jenis-jenis Kehilangan Prategang	43
Tabel 2.13	Koefisien Gesek Kelengkungan dan Wobble	49
Tabel 2.14	Nilai $K_{SH}$ Untuk Komponen Struktur Pascatarik	53
Tabel 2.15	Nilai C	55
Tabel 2.16	Nilai $K_{RE}$ dan $J$	56
Tabel 4.1	Perhitungan Section 1-1 Box girder	99
Tabel 4.2	Perhitungan Section 2-2 Box girder	100
Tabel 4.2A	Perhitungan Section 2-2 Box girder	101
Tabel 4.3	Perhitungan Section 3-3 Box girder	102
Tabel 4.4	Perhitungan Section 4-4 Box girder	103
Tabel 4.5	Perhitungan Section 5-5 Box girder	104
Tabel 4.5A	Perhitungan Section 5'-5' Box girder	105
Tabel 4.5B	Perhitungan penampang blister disepanjang Box girder Bentang 35 (typical)	106
Tabel 4.6	Perhitungan Section 6-6 Box girder	107
Tabel 4.7	Perhitungan Section 7-7 Box girder	108
Tabel 4.8	Perhitungan Section 8-8 Box girder	109

Tabel 4.8 A. Perhitungan penampang blister disepanjang Box girder bentang 55	109
Tabel 4.8 B. Rekapitulasi luas penampang Box girder bentang 35 m tipe cal	110
Tabel 4.8 C. Rekapitulasi luas penampang Box girder bentang 55 m	110
Tabel 4.8 D. Resume Box girder bentang 35 m	111
Tabel 4.8 E. Resume Box girder bentang 55 m	111





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sifat utama beton yang baik	8
Gambar 2. 2	Kurva tegangan-regangan tipikal untuk beton	12
Gambar 2.3	Kurva tegangan-regangan untuk berbagai kekuatan beton	13
Gambar 2. 4	Modulus tangen dan modulus sekan pada beton	14
Gambar 2.5	Kuat tekan versus umur pada beton mutu tinggi	17
Gambar 2.6	Kurva regangan –waktu	20
Gambar 2.7	Model tiga dimensi untuk perilaku structural yang Bergantung pada waktu.	21
Gambar 2.8	(a) Potongan yang sejajar dengan bidang tegangan-deformasi. (b) Potongan yang sejajar dengan bidang deformasi – waktu.	22
Gambar 2.9	Pemulihan rangkai versus waktu.	23
Gambar 2.10	Strands prategang 7 kawat standar dan dipadatkan. (a) Penampang strand standar. (b) Penampang strand (b) yang dipadatkan	33
Gambar 2.11a	Diagram tegangan-regangan untuk baja prategang	35
Gambar 2.11b	Diagram tegangan-regangan untuk strand baja prategang yang mengalami tekan dan mempunyai penulangan batang baja lunak	35
Gambar 3.1	Potongan 1-1 Box girder (diaphragm ujung)	62
Gambar 3.2	Potongan 8-8 Box girder (di tengah bentang)	65
Gambar 4.1	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box Girder pada section 1-1	99
Gambar 4.2	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box Girder pada section 2-2	100
Gambar 4.2A	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 2A-2A	101
Gambar 4.3	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 3-3	102
Gambar 4.4	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 4-4	103



Gambar 4.5	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 5-5	104
Gambar 4.5A	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 5-5	105
Gambar 4.6	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 6-6	106
Gambar 4.7	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 7-7	107
Gambar 4.8	Gambar penentuan cgc / titik pusat berat penampang Box girder pada section 8-8	108
Gambar 4.9	Gambar Tendon /strand penampang Box girder pada section 6-6 ( tumpuan)	137
Gambar 4.10	Gambar Tendon /strand penampang Box girder pada section 8-8 ( tengah bentang)	137

## DAFTAR NOTASI

- $\alpha$  = tinggi blok tegangan persegi panjang ekuivalen.
- $A_{cp}$  = luas yang dicakup oleh keliling luar penampang beton.
- $A_g$  = luas penampang bruto.
- $A_h$  = luas tulangan geser yang sejajar dengan tulangan tarik lentur.
- $A_j$  = luas penampang efektif dalam joint, in<sup>2</sup>., dalam bidang yang sejajar dengan bidang tulangan yang memikul geser di joint. Tinggi joint harus sama dengan tinggi total kolom. Apabila suatu balok berhubungan dengan tumpuan yang mempunyai lebar lebih besar, maka lebar efektif joint tidak dapat melebihi yang terkecil di antara
- (a) Lebar balok ditambah tinggi joint
  - (b) Dua kali jarak tegak lurus terkecil dari sumbu longitudinal balok ke sisi kolom
- $A_l$  = luas total tulangan longitudinal yang menahan torsi.
- $A_n$  = luas tulangan di breket atau korbel yang menahan gaya tarik  $N_{uc}$
- $A_o$  = Luas penampang yang dicakup oleh alur gaya geser.
- $A_{oh}$  = Luas bruto yang dicakup oleh tengah tulangan torsional transversal tertutup terluar.
- $A_{ps}$  = Luas tulangan prategang di daerah tarik.
- $A_s$  = luas tulangan tarik nonprategang.
- $A'_s$  = luas tulangan tekan.
- $A_{sh}$  = luas penampang total tulangan transversal (termasuk tarik silang) dan tegak lurus dimensi  $h_o$ .
- $A_t$  = luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi dalam jarak  $s$ .
- $A_{tr}$  = luas penampang total tulangan transversal dalam jarak  $s$  dan tegak lurus bidang tulangan yang disambung atau dikembangkan.
- $A_v$  = luas tulangan geser dalam jarak  $s$ , atau luas tulangan tarik lentur dalam jarak  $s$  untuk komponen struktur lentur tinggi
- $A_{vf}$  = luas tulangan friksi geser
- $A_{vh}$  = luas tulangan geser yang sejajar tulangan tarik lentur dalam jarak  $s_2$

$b_t$  = lebar bagian penampang yang mengandung sengkang tertutup yang menahan torsi.

$b_v$  = lebar penampang pada permukaan kontak yang sedang ditinjau untuk geser horisontal.

$b_w$  = lebar badan atau diameter penampang lingkaran.

$c$  = jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral.

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan tarik.

$d'$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan tekan.

$d_b$  = diameter nominal batang, kawat atau kabel prategang.

$d_c$  = tebal selimut beton yang diukur dari serat tarik terluar ke pusat tulangan atau kawat yang terdekat dengannya.

$d_p$  = jarak dari serat tekan terluar ke pusat berat tulangan prategang.

$e$  = eksentrisitas beban sejajar dengan sumbu komponen struktur yang diukur dari pusat berat penampang.

$E_c$  = modulus elastisitas beton.

$E_s$  = modulus elastisitas batang tulangan.

$E_{ps}$  = modulus elastisitas batang prategang.

$f'_c$  = kuat tekan beton yang ditetapkan.

$f_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata yang akan digunakan sebagai dasar untuk penentuan proporsi beton.

$f'_{cr}$  = kuat tekan beton rata-rata yang diperlukan sebagai dasar untuk penentuan proporsi beton.

$\sqrt{f'_c}$  = akar dari kuat tekan beton yang ditetapkan.

$f'_{ci}$  = kuat tekan beton pada saat prategang awal.

$\sqrt{f'_{ci}}$  = akar dari kuat tekan beton pada saat prategang awal.

$f_{ct}$  = kuat tarik belah rata-rata beton beragregat ringan.

$f_d$  = tegangan akibat beban mati tak terfaktor, pada serat terluar di mana tegangan tarik disebabkan oleh beban luar yang bekerja

$f_{pc}$  = tegangan tekan beton akibat gaya prategang efektif saja (sesudah terjadinya semua kehilangan tegangan) di serat terluar penampang di mana beban luar yang bekerja

$f_{ps}$  = tegangan di batang prategang pada kondisi kuat nominal

- $f_{pu}$  = kuat tarik tendon prategang yang ditetapkan  
 $f_{py}$  = kuat leleh tendon prategang yang ditetapkan  
 $f_r$  = modulus raptur beton  
 $f'_t$  = kuat tarik beton  
 $f_y$  = kuat leleh tulangan nonprategang yang ditetapkan  
 $f_{yh}$  = kuat leleh tulangan transversal yang ditetapkan  
 $h$  = tebal total komponen struktur  
 $I$  = momen inersia penampang yang menahan beban luar terfaktor, in.<sup>4</sup>  
 $I_b$  = momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu berat, in.<sup>4</sup>  
 $I_{cr}$  = momen inersia penampang retak tertransformasi ke beton, in.<sup>4</sup>  
 $I_g$  = momen inersia penampang bruto terhadap sumbu berat, dengan mengabaikan tulangan, in.<sup>4</sup>  
 $k$  = factor panjang efektif untuk komponen struktur tekan  
 $K_b$  = kekakuan lentur balok; momen per rotasi satuan.  
 $K_t$  = kekakuan torsional komponen struktur torsional; momen per rotasi satuan.  
 $M_a$  = momen maksimum di komponen struktur pada saat defleksi dihitung.  
 $M_c$  = momen terfaktor yang digunakan untuk desain komponen struktur tekan.  
 $M_d$  = momen akibat beban mati.  
 $M_{cr}$  = momen retak.  
 $M_n$  = kuat momen nominal.  
 $M_m^-$  = momen terfaktor maksimum di penampang akibat beban luar yang bekerja.  
 $M_u$  = momen terfaktor di penampang.  
 $n$  = rasio modulus elastisitas =  $E_s/E_c$  atau  $E_{ps}/E_c$ .  
 $N_u$  = beban aksial terfaktor yang tegak lurus penampang yang terjadi secara simultan dengan  $V_u$ ; diambil positif untuk tekan, negative untuk tarik, dan meliputi efek tarik akibat rangkai dan susut.  
 $P_b$  = kuat beban aksial nominal pada kondisi regangan seimbang.  
 $P_c$  = beban tekuk kritis.  
 $P_n$  = kuat beban aksial nominal pada eksentrisitas yang diketahui.  
 $P_{cp}$  = keliling luar penampang beton  $A_{cp}$ .  
 $P_h$  = keliling garis pusat tulangan torsional transversal tertutup yang terluar.  
 $r$  = radius girasi penampang komponen struktur tekan.

- $s$  = jarak tulangan geser atau torsi yang diukur dalam arah sejajar tulangan longitudinal.
- $t$  = tebal dinding penampang berlubang.
- $T_u$  = momen torsional terfaktor di penampang.
- $V_c$  = kuat geser nominal yang diberikan oleh beton.
- $V_{ci}$  = kuat geser nominal yang diberikan oleh beton apabila retak diagonal ditimbulkan oleh gabungan geser dan momen.
- $V_{cw}$  = kuat geser nominal yang diberikan oleh beton apabila retak diagonal ditimbulkan oleh tegangan tarik berlebihan di badan.
- $V_d$  = gaya geser di penampang akibat beban mati terfaktor
- $V_p$  = komponen vertikal gaya prategang efektif di penampang.
- $V_s$  = kuat geser nominal yang diberikan oleh tulangan geser.
- $V_u$  = gaya geser terfaktor di penampang.

