

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI	xvi
ABSTRAK	xxi
<i>ABSTRACT</i>	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Pembahasan Tinjauan	7
2.4 Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Pengertian Jembatan	8
3.2 Jembatan Bentang Panjang	10
3.3 Jembatan <i>Box Girder</i>	11

3.3.1	Umum	11
3.3.2	<i>Preliminary Design</i>	12
3.4	Prinsip Dasar Beton Prategang	13
3.4.1	Sistem Penarikan Baja Prategang	13
3.4.2	Konsep Beton Prategang	14
3.4.3	Tahap Pembebanan	17
3.5	Jenis Perencanaan	18
3.6	Pembebanan	19
3.6.1	Beban Permanen	20
3.6.2	Beban Lalu Lintas	21
3.6.3	Beban Lingkungan	24
3.7	Kombinasi Pembebanan	27
3.8	Perencanaan Struktur Atas Jembatan	27
3.8.1	Perencanaan Lantai (<i>Slab</i>) Jembatan	28
3.8.2	Perencanaan Penampang Balok	29
3.8.3	Pemeriksaan Tegangan	30
3.8.4	Tata Letak Tendon (<i>Layout Tendon</i>)	33
3.8.5	Kehilangan Gaya Prategang	35
3.8.6	Kekuatan Batas Lentur (<i>Ultimate Strength</i>)	40
3.8.7	Lendutan (<i>Deflection</i>) dan Lawan Lendut (<i>Chamber</i>)	42
3.8.8	Pembesian <i>Box Girder</i>	42
3.8.9	Perhitungan Tulangan Geser	43
3.8.10	Tinjauan <i>Slab</i> Lantai Jembatan	45
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		49
4.1	Tinjauan Umum	49
4.2	Data Struktur	49
4.3	Tahap Penelitian	52
BAB V PERHITUNGAN STRUKTUR		54
5.1	Data Desain dan Analisis Jembatan	54
5.1.1	Data Teknis Jembatan	54
5.1.2	Data Material	55

5.2	<i>Pre-stressed Concrete Single Box Girder</i>	57
5.2.1	Perhitungan Gaya Prategang dan Tendon Prategang	70
5.2.2	Tinjauan <i>Slab</i> Lantai Jembatan	120
5.3	<i>Pre-stressed Concrete Multibox Girder</i>	132
5.3.1	Perhitungan Gaya Prategang dan Tendon Prategang	145
5.3.2	Tinjauan <i>Slab</i> Lantai Jembatan	195
5.4	Pembahasan	207
BAB VI SIMPULAN DAN SARAN		214
6.1	Simpulan	214
6.2	Saran	214
DAFTAR PUSTAKA		215
LAMPIRAN		217



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Spesifikasi Jembatan Cisomang	3
Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian	6
Tabel 3.1	Bentang Ekonomis Jembatan Berdasarkan Material	8
Tabel 3.2	Kombinasi Pembebanan	27
Tabel 3.3	Luas Tulangan Susut	29
Tabel 3.4	Koefisien Friksi pada Tendon Paskatarik	38
Tabel 3.5	Luas Tulangan Susut	47
Tabel 5.1	<i>Strand</i> Baja Prategang	56
Tabel 5.2	Material dan Berat Jenis	56
Tabel 5.3	<i>Properties Pre-stressed Concrete Single Box Girder</i>	58
Tabel 5.4	Berat Sendiri <i>Single Box Girder</i>	60
Tabel 5.5	Beban Mati Tambahan <i>Single Box Girder</i>	61
Tabel 5.6	Gaya Geser Maksimum (V_{max}) dan Momen Maksimum (M_{max})	69
Tabel 5.7	Jenis Beban <i>Single Box Girder</i>	70
Tabel 5.8	Jumlah <i>Strand Single Box Girder</i>	74
Tabel 5.9	Momen pada Bentang <i>Single Box Girder</i>	79
Tabel 5.10	Batas Bawah Letak Tendon <i>Single Box Girder</i>	80
Tabel 5.11	Batas Atas Letak Tendon <i>Single Box Girder</i>	81
Tabel 5.12	Lintasan Tendon <i>Single Box Girder</i>	85
Tabel 5.13	Tata Letak Kabel Tendon <i>Single Box Girder</i>	86
Tabel 5.14	<i>Loss of Pre-stressed Single Box Girder</i>	95
Tabel 5.15	Tegangan <i>Service</i> Akibat Beban <i>Single Box Girder</i>	102
Tabel 5.16	Tegangan <i>Service</i> Susut dan Rangkak <i>Single Box Girder</i>	102
Tabel 5.17	Kombinasi Pembebanan <i>Single Box Girder</i>	111
Tabel 5.18	Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Akibat Beban <i>Single Box Girder</i>	111
Tabel 5.19	Lendutan <i>Single Box Girder</i>	116
Tabel 5.20	Jarak Tulangan Geser <i>Single Box Girder</i>	119

Tabel 5.21	Momen <i>Ultimate</i> pada <i>Slab</i> Lantai Jembatan	124
Tabel 5.22	<i>Properties Pre-stressed Concrete Multibox Girder</i>	133
Tabel 5.23	Berat Sendiri <i>Multibox Girder</i>	135
Tabel 5.24	Beban Mati Tambahan <i>Multibox Girder</i>	136
Tabel 5.25	Gaya Geser Maksimum (V_{max}) dan Momen Maksimum (M_{max})	144
Tabel 5.26	Jenis Beban <i>Multibox Girder</i>	145
Tabel 5.27	Jumlah <i>Strand Multibox Girder</i>	149
Tabel 5.28	Momen pada Bentang <i>Multibox Girder</i>	154
Tabel 5.29	Batas Bawah Letak Tendon <i>Multibox Girder</i>	155
Tabel 5.30	Batas Atas Letak Tendon <i>Multibox Girder</i>	156
Tabel 5.31	Lintasan Tendon <i>Multibox Girder</i>	160
Tabel 5.32	Tata Letak Kabel Tendon <i>Multibox Girder</i>	161
Tabel 5.33	<i>Loss of Pre-stressed Multibox Girder</i>	170
Tabel 5.34	Tegangan <i>Service</i> Akibat Beban <i>Multibox Girder</i>	177
Tabel 5.35	Tegangan <i>Service</i> Susut dan Rangkak <i>Multibox Girder</i>	177
Tabel 5.36	Kombinasi Pembebanan <i>Multibox Girder</i>	186
Tabel 5.37	Kontrol Momen <i>Ultimate</i> Akibat Beban <i>Multibox Girder</i>	186
Tabel 5.38	Lendutan <i>Multibox Girder</i>	191
Tabel 5.39	Jarak Tulangan Geser <i>Multibox Girder</i>	194
Tabel 5.40	Momen <i>Ultimate</i> pada <i>Slab</i> Lantai Jembatan	199
Tabel 5.41	Perbandingan Desain	207

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Jembatan Perawang (Sultan Syarif Hasyim), Provinsi Riau	10
Gambar 3.2	Bentuk Penampang <i>Box Girder</i>	11
Gambar 3.3	Tinggi Elemen <i>Box Girder</i>	12
Gambar 3.4	Sistem Pratarik	13
Gambar 3.5	Sistem Paskatarik	14
Gambar 3.6	Balok Akibat Gaya Prategang dan Gaya Eksternal	15
Gambar 3.7	Balok Prategang dengan Tendon Parabola	16
Gambar 3.8	Momen Tahanan Internal pada Beton Prategang dan Beton Bertulang	17
Gambar 3.9	Beban Lajur “D”	22
Gambar 3.10	Beban <i>Truck</i> “T”	22
Gambar 3.11	Faktor Beban Dinamis (<i>FBD</i>)	23
Gambar 3.12	Wilayah Gempa Indonesia untuk Periode Ulang 500 Tahun	26
Gambar 3.13	Tata Letak Tendon	35
Gambar 3.14	Perpendekan Elastis Beton	36
Gambar 3.15	Gaya Geser pada Balok Prategang <i>Box Girder</i>	43
Gambar 4.1	Peta Lokasi Jembatan Cisomang	50
Gambar 4.2	Desain Panjang Bentang Jembatan Cisomang	50
Gambar 4.3	Desain Potongan Melintang <i>Single Box Girder</i> Jembatan Cisomang	51
Gambar 4.4	Desain Potongan Melintang <i>Multibox Girder</i> Jembatan Cisomang	51
Gambar 4.5	<i>Flowchart</i> Penulisan Tugas Akhir	53
Gambar 5.1	Tampang Melintang <i>Pre-stressed Concrete Single Box Girder</i> Jembatan Cisomang	54
Gambar 5.2	Tampang Melintang <i>Pre-stressed Concrete Multibox Girder</i> Jembatan Cisomang	55

Gambar 5.3	Komponen-komponen <i>Pre-stressed Concrete Single Box Girder</i>	57
Gambar 5.4	Berat Sendiri <i>Single Box Girder</i>	59
Gambar 5.5	Beban Mati Tambahan <i>Single Box Girder</i>	60
Gambar 5.6	Beban Lajur “D” <i>Single Box Girder</i>	62
Gambar 5.7	Beban Pejalan Kaki <i>Single Box Girder</i>	64
Gambar 5.8	Beban Gaya Rem <i>Single Box Girder</i>	65
Gambar 5.9	Beban Angin <i>Single Box Girder</i>	66
Gambar 5.10	Beban Gempa <i>Single Box Girder</i>	67
Gambar 5.11	Gaya Prategang Awal dan Eksentrisitas Tendon pada Tengah Bentang <i>Single Box Girder</i>	72
Gambar 5.12	Susunan Tendon pada Tengah Bentang <i>Single Box Girder</i>	74
Gambar 5.13	Tendon <i>Pre-stressed Concrete Single Box Girder</i>	75
Gambar 5.14	Posisi Tendon pada Tengah Bentang <i>Single Box Girder</i>	82
Gambar 5.15	Posisi Tendon pada Tumpuan <i>Single Box Girder</i>	83
Gambar 5.16	Lintasan Inti Tendon <i>Single Box Girder</i>	84
Gambar 5.17	Grafik <i>Trace Cable Single Box Girder</i>	88
Gambar 5.18	Tegangan Saat <i>Transfer Single Box Girder</i>	96
Gambar 5.19	Selubung Tendon <i>Single Box Girder</i>	96
Gambar 5.20	Tegangan Saat <i>Service Single Box Girder</i>	97
Gambar 5.21	Tegangan Akibat Beban Berat Sendiri <i>Single Box Girder</i>	98
Gambar 5.22	Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan <i>Single Box Girder</i>	99
Gambar 5.23	Tegangan Akibat Susut dan Rangkak <i>Single Box Girder</i>	100
Gambar 5.24	Tegangan Akibat <i>Pre-stressed Single Box Girder</i>	103
Gambar 5.25	Tegangan Akibat Beban Lajur “D” <i>Single Box Girder</i>	104
Gambar 5.26	Gaya Geser pada Balok Prategang <i>Single Box Girder</i>	118
Gambar 5.27	Penampang Melintang Jembatan <i>Single Box Girder</i>	120
Gambar 5.28	Penulangan Jembatan <i>Single Box Girder</i>	128
Gambar 5.29	Komponen-komponen <i>Pre-stressed Concrete Multibox Girder</i>	132
Gambar 5.30	Berat Sendiri <i>Multibox Girder</i>	134
Gambar 5.31	Beban Mati Tambahan <i>Multibox Girder</i>	135
Gambar 5.32	Beban Lajur “D” <i>Multibox Girder</i>	137

Gambar 5.33	Beban Pejalan Kaki <i>Multibox Girder</i>	139
Gambar 5.34	Beban Gaya Rem <i>Multibox Girder</i>	140
Gambar 5.35	Beban Angin <i>Multibox Girder</i>	141
Gambar 5.36	Beban Gempa <i>Multibox Girder</i>	142
Gambar 5.37	Gaya Prategang Awal dan Eksentrisitas Tendon pada Tengah Bentang <i>Multibox Girder</i>	147
Gambar 5.38	Susunan Tendon pada Tengah Bentang <i>Multibox Girder</i>	149
Gambar 5.39	Tendon <i>Pre-stressed Concrete Multibox Girder</i>	150
Gambar 5.40	Posisi Tendon pada Tengah Bentang <i>Multibox Girder</i>	157
Gambar 5.41	Posisi Tendon pada Tumpuan <i>Multibox Girder</i>	158
Gambar 5.42	Lintasan Inti Tendon <i>Multibox Girder</i>	159
Gambar 5.43	Grafik <i>Trace Cable Multibox Girder</i>	163
Gambar 5.44	Tegangan Saat <i>Transfer Multibox Girder</i>	171
Gambar 5.45	Selubung Tendon <i>Multibox Girder</i>	171
Gambar 5.46	Tegangan Saat <i>Service Multibox Girder</i>	172
Gambar 5.47	Tegangan Akibat Beban Berat Sendiri <i>Multibox Girder</i>	173
Gambar 5.48	Tegangan Akibat Beban Mati Tambahan <i>Multibox Girder</i>	174
Gambar 5.49	Tegangan Akibat Susut dan Rangkak <i>Multibox Girder</i>	175
Gambar 5.50	Tegangan Akibat <i>Pre-stressed Multibox Girder</i>	178
Gambar 5.51	Tegangan Akibat Beban Lajur “D” <i>Multibox Girder</i>	179
Gambar 5.52	Gaya Geser pada Balok Prategang <i>Multibox Girder</i>	193
Gambar 5.53	Penampang Melintang Jembatan <i>Multibox Girder</i>	195
Gambar 5.54	Penulangan Jembatan <i>Multibox Girder</i>	203
Gambar 5.55	Perbandingan Luas Penampang (A)	209
Gambar 5.56	Perbandingan Jumlah Tendon (n)	210
Gambar 5.57	Perbandingan Jumlah <i>Strand</i> (ns)	211
Gambar 5.58	Perbandingan Kehilangan Gaya Prategang (LOF)	212
Gambar 5.59	Perbandingan Lendutan (δ)	213

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Detail Penampang Melintang *Single Box Girder*
- Lampiran 2. Detail Penampang Melintang *Multibox Girder*
- Lampiran 3. Detail Tata Letak Tendon di Tengah Bentang *Single Box Girder*
- Lampiran 4. Detail Tata Letak Tendon di Tengah Bentang *Multibox Girder*
- Lampiran 5. Detail Tata Letak Tendon di Tumpuan Bentang *Single Box Girder*
- Lampiran 6. Detail Tata Letak Tendon di Tumpuan Bentang *Multibox Girder*
- Lampiran 7. Detail Tendon *Single Box Girder*
- Lampiran 8. Detail Tendon *Multibox Girder*
- Lampiran 9. Detail Tulangan *Single Box Girder*
- Lampiran 10. Detail Tulangan *Multibox Girder*



DAFTAR NOTASI

A	= Luas Penampang <i>Bruto</i>
A_n	= Luas Penampang <i>Netto</i>
A_b	= Luas Bidang Samping Jembatan
A_t	= Luas Penampang Transformasi
A_s	= Luas Tulangan Tarik
A_s'	= Luas Tulangan Tekan
A_v	= Luas Tulangan Geser Tegak Lurus Tulangan Tarik Lentur Jarak s
A_{ID}	= Luas Penampang Satu Batang Tulangan
A_{ps}	= Luas Tulangan Prategang
b	= Lebar Muka Tekan Komponen Struktur
B_{eff}	= Lebar Efektif Pelat Lantai Jembatan
BJ	= Berat Jenis Beton
b_w	= Lebar Balok Prategang
c_{gc}	= <i>Center Gravity of Concrete</i> (Kedudukan Titik Berat Penampang)
c_t	= Jarak Garis Netral Terhadap Sisi Atas Penampang
c_b	= Jarak Garis Netral Terhadap Sisi Bawah Penampang
c_s	= Koefisien Geser Dasar
c_w	= Koefisien Seret
d	= Jarak Serat Luar ke Pusat Berat Tulangan Tarik
d'	= Jarak Serat Tekan ke Pusat Berat Tulangan Tekan
d_p	= Jarak Serat Tekan Luar ke Pusat Berat Tulangan Prategang
e_s	= Eksentrisitas Gaya Terhadap Sumbu
E_c	= Modulus Elastis Beton
E_s	= Modulus Elastis Baja

F	= Gaya Gesek pada Perletakan
f_c'	= Kuat Tekan Beton
$f_{c'i}$	= Kuat Tekan Beton Saat <i>Transfer</i>
f_{ci}	= Tegangan Ijin Serat Tekan Saat <i>Transfer</i>
f_{ti}	= Tegangan Ijin Serat Tarik Saat <i>Transfer</i>
f_{cs}	= Tegangan Ijin Serat Tekan Saat Layan
f_{ts}	= Tegangan Ijin Serat Tarik Saat Layan
f_t	= Tegangan Beton pada Serat Atas
f_b	= Tegangan Beton pada Serat Bawah
f_y	= Kuat Leleh Tulangan Non Prategang
f_{pi}	= Tegangan Awal Tendon
f_{ps}	= Tegangan Batang Prategang pada Kondisi Kuat Nominal
f_{pu}	= Kuat Tarik Tendon Prategang
f_{py}	= Kuat Leleh Tendon
g	= Percepatan Gravitasi
H	= Tinggi Penampang
I	= Momen Inersia Penampang Penahan Beban Luar Terfaktor
j	= Nomor Operasi Pendongkrakan
K	= Faktor Beban <i>Ultimate</i>
K_p	= Kekakuan Struktur
K_h	= Koefisien Beban Gempa Horizontal
K_v	= Koefisien Beban Gempa Vertikal
L	= Panjang Bentang
LOF	= <i>Loss of Pre-stressed</i> (Kehilangan Gaya Prategang)
M_{MS}	= 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_G	= Momen Akibat Berat Gelagar Beton
M_L	= Beban Hidup
M_r	= Momen Rencana
M_t	= Momen Total (Saat <i>Service</i>)
M_n	= Kuat Momen Nominal
M_u	= Momen <i>Ultimate</i>
N	= Modulus Ratio Baja <i>Pre-stressed</i> dan Balok Beton
n	= Jumlah Tulangan, Tendon Prategang
P	= Gaya Aksial
P_{bl}	= Beban Putus 1 Tendon
P_{bsl}	= Beban Putus 1 <i>Strand</i>
P_{MS}	= Gaya Aksial Akibat Beban Sendiri
P_{TD}	= Gaya Aksial Akibat Beban Hidup Kendaraan
P_{TP}	= Gaya Aksial Akibat Beban Pejalan Kaki
P_n	= Kuat Beban Aksial Nominal
P_{eff}	= Gaya Prategang Efektif
P_{EQ}	= Gaya Geser Dasar Total Dalam Arah Ditinjau
P_t	= Gaya Prategang Awal
P_i	= Gaya Prategang Akibat Pemendekan Elastis
P_o	= Gaya <i>Pre-stressed</i> Akibat <i>Jacking Force</i>
P_j	= Modulus <i>Elastic</i> Kabel
P_x	= <i>Loss of Pre-stressed</i> Akibat Gesekan Kabel
P_u	= Gaya Aksial Terfaktor
Q	= Beban Merata
R	= Rasio Kehilangan Gaya Prategang
R_n	= Koefisien Lawan Perencanaan Kekuatan

r	= Radius Girasi Penampang Komponen Struktur Tekan
S	= Faktor Tipe Struktur
s	= Jarak Antar Tulangan
s_t	= Modulus Penampang Bagian Atas
s_b	= Modulus Penampang Bagian Bawah
T	= Waktu Getar Struktur
t	= Kopel Resultan Gaya Tarik Baja
t_1	= Waktu Awal Interval pada Penarikan (<i>Jacking</i>)
t_2	= Waktu Akhir Interval pada Penarikan (<i>Jacking</i>)
T_{EQ}	= Gaya Gempa atau Gaya Geser Total
T_{EW}	= Gaya Beban Angin
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	= Gaya Geser
V_c	= Kuat Geser Nominal Akibat Beton
V_u	= Gaya Geser Terfaktor pada Penampang
V_w	= Kecepatan Angin Rencana
W_a	= Tahanan Momen Sisi Atas
W_b	= Tahanan Momen Sisi Bawah
W_t	= 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
z_o'	= Jarak Titik Berat Tendon ke Sisi Atas
α	= Sudut Tendon

Δ_A	= Pergeseran Angkur
ΔP_o	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Angkur
Δf_{pCR}	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Rangkak
Δf_{pE}	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Perpendekan Elastis Beton
Δf_{pF}	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Gesekan Tendon
Δf_{pR}	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Relaksasi Tendon
Δf_{pSH}	= Kehilangan Gaya Prategang Akibat Susut
μ	= <i>Wobble Effect</i>
ΣH	= Jumlah Gaya Arah Horizontal
ΣP	= Jumlah Gaya Arah Vertikal
β_1	= Konstanta Ekuivalen Blok Tegangan Tergantung Mutu Beton
ρ	= Perbandingan Tulangan Tarik Non Prategang
ρ_p	= Rasio Baja Prategang
ρ_{min}	= Perbandingan Tulangan pada Kondisi Regangan Minimum
ρ_{max}	= Perbandingan Tulangan pada Kondisi Regangan Maksimum
ε_c	= Regangan Tekan Beton
ε_s	= Regangan Baja Tulangan
ε_{cr}	= Regangan Akibat Rangkak
σ_{cr}	= Tegangan Akibat Rangkak
\emptyset	= Faktor Reduksi Kekuatan
δ	= Lendutan