

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xxii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Tugas Akhir	1
1.3 Lingkup Perencanaan.....	2
1.4 Hasil Tugas Akhir.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pendahuluan	4
2.2 Beberapa Perhitungan Kontruksi Jembatan <i>Box Girder</i> yang Sudah Dilakukan	4
2.2.1 Perhitungan oleh Podolny dan Muller (1982).....	4
2.2.2 Perhitungan oleh Meyer (1970).....	5
2.2.3 Perhitungan <i>Box Girder</i> menurut U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration	6
2.3 Referensi Perhitungan <i>Box Girder</i> Menurut Mila Lutfiani dan	8
2.3.1 Perhitungan <i>Box Girder</i>	8
2.3.2 Jarak Titik Berat dari Garis Bawah	8
2.3.3 Jarak Titik Berat dari Garis Atas	8
2.3.4 Momen Inersia ke Bagian Bawah <i>Box Girder</i>	9
2.3.5 Momen Inersia Terhadap Titik Berat <i>Box Girder</i>	9

2.3.6	Momen <i>Section resistance</i> dari Garis Atas ke Titik Berat.....	10
2.3.7	Momen <i>Section resistance</i> dari Garis Atas ke Titik Berat.....	10
2.3.8	Berat Sendiri <i>Box Girder</i>	10
2.3.9	Momen Maksimal di Tengah Bentang	11
2.3.10	Gaya Geser Maksimum yang Terjadi	11
2.4	Pembebanan <i>Box Girder</i>.....	11
2.4.1	Beban Sendiri (MS)	11
2.4.2	Beban Mati yang Ditumpangkan.....	12
2.4.3	Momen Maksimal Akibat Beban Mati	13
2.4.4	Beban Hidup (TD).....	13
2.4.5	Beban Angin (EW)	13
2.4.6	Transfer Beban Angin ke Jembatan.....	14
2.4.7	Gaya Geser Maksimum Karena Beban Angin	14
2.4.8	Momen Maksimum Akibat Beban Angin.....	14
2.4.9	Beban Gempa (EQ)	15
2.4.10	Berat Total Struktur	15
2.4.11	Rencana Gaya Gempa Vertikal	15
2.4.12	Gaya Gempa Vertikal	15
2.4.13	Gaya Geser Maksimal Akibat Beban Gempa	16
2.4.14	Momen Maksimum Akibat Beban Gempa	16
2.5	Kekuatan Pratekan, Eksentrisitas, dan Jumlah Tendon	16
2.5.1	Kondisi Awal (Saat Transfer)	16
2.5.2	Tegangan di Serat Atas (Persamaan 1).....	17
2.5.3	Tegangan di Serat Bawah (Persamaan 2)	17
2.5.4	Presentase Tegangan Leleh yang Timbul pada Baja.....	18
2.5.5	Gaya Prestress Karena Jacking.....	18
2.5.6	Kondisi Akhir (Saat Service)	18
2.5.7	Tegangan di serat bawah (persamaan 2).....	19
2.6	Posisi Tendon Prategang	19
2.6.1	Posisi Tendon pada Tengah Bentang.....	20
2.6.2	Jarak Masing- masing Baris Tendon Terhadap Alas adalah.....	20
2.6.3	Posisi Tendon pada Alas	20
2.6.4	Jarak masing – masing tendon terhadap alas adalah	20
2.6.5	Eksentrisitas Setiap Tendon	21

2.6.6	Lintasan Inti Tendon.....	21
2.7	Jembatan <i>Box Girder</i>.....	21
2.8	Jembatan Pelengkung.....	22
2.9	Pembebanan Jembatan	26
2.9.1	Beban Gravitasi	27
2.9.2	Beban Permanen.....	27
2.9.3	Beban Lalu Lintas.....	28
2.9.4	Beban Truk “T”	30
2.9.5	Pengaruh Beban Gempa.....	31
BAB III	DESAIN METODELOGI	33
3.1	Pendahuluan	33
3.2	Preliminary Design	33
3.3	Metode Beban Batas.....	35
3.4	Menggunakan Metode Tegangan Kerja	36
3.5	Dimensi <i>Box Girder</i>.....	36
3.6	Bagian Penampang.....	37
3.7	Pembebanan <i>Box Girder</i>.....	40
3.7.1	Beban Sendiri (MS)	40
3.7.2	Beban Mati yang Ditumpangkan (MA)	41
3.7.3	Beban Hidup (TD).....	43
3.7.4	Beban Angin (EW)	43
3.7.5	Beban Gempa (EQ)	44
3.8	Kekuatan Pratekan, Eksentrisitas, dan Jumlah Tendon	47
3.8.1	Kondisi Awal (Saat Transfer)	47
3.8.2	Kondisi Akhir (Saat Service)	49
3.9	Posisi Tendon Prategang	51
3.10	Kehilangan Tegangan.....	54
3.10.1	Gesekan Angkur	54
3.10.2	Gesekan Jack	54
3.10.3	Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis	55
3.10.4	Pengangkuran	59
3.10.5	Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Tendon	60
3.11	Tekanan yang Terjadi karena Gaya <i>Prestress</i>.....	66
3.11.1	Kondisi Awal Saat Transfer	67

3.11.2	Kondisi Akhir (Saat Service)	68
3.12	Tegangan Pada <i>Box Girder</i> karena Beban.....	69
3.12.1	Tegangan karena Beban Sendiri (MS).....	69
3.12.2	Tegangan karena Beban Mati (MA)	70
3.12.3	Tegangan karena Susut dan Rangkak (SR).....	71
3.12.4	Tegangan Akibat Prategang (PR).....	75
3.12.5	Tegangan Akibat Beban Hidup (TD)	76
3.12.6	Tegangan karena Beban Angin (EW).....	77
3.12.7	Tegangan karena Beban Gempa (EQ)	78
3.12.8	Tegangan karena Pengaruh Suhu (ET)	78
3.13	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi	80
3.13.1	Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 1.....	80
3.13.2	Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 2.....	80
3.13.3	Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 3.....	80
3.13.4	Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 4.....	81
3.13.5	Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi 5.....	81
3.14	Defleksi <i>Box Girder</i>.....	81
3.14.1	Lendutan dalam Kondisi Awal (transfer)	81
3.14.2	Lendutan Setelah Kehilangan Tegangan	82
3.14.3	Lendutan <i>Box Girder</i> karena Beban	83
3.15	Kontrol Lendutan Kombinasi Beban.....	86
3.16	Tinjauan Kembali <i>Box Girder</i> Pratekan.....	87
3.16.1	Kapasitas Momen Ultimit	87
3.16.2	Momen Tertinggi karena Beban.....	90
3.16.3	Kontrol Kombinasi Momen Ultimit	93
3.17	Blok Akhir Tulangan.....	93
3.17.1	Perhitungan Senggang untuk Gaya Bursting	93
3.17.2	Gambar Gaya Geser.....	94
3.18	Pembesian <i>Box Girder</i>	95
BAB IV	PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN	97
4.1	Pendahuluan	97
4.2	Perencanaan Awal.....	97
4.2.1	Spesifikasi <i>Box Girder</i>	97
4.2.2	Spesifikasi Beton.....	98

4.2.3	Spesifikasi Baja	99
4.3	Dimensi <i>Box Girder</i>.....	99
4.4	Pembebanan <i>Box Girder</i>.....	103
4.4.1	Berat Sendiri (MS).....	103
4.4.2	Beban Mati Tambahan.....	104
4.4.3	Beban Hidup.....	105
4.4.4	Beban Angin (EW)	107
4.4.5	Beban Gempa (EQ)	108
4.4.6	Resume Momen dan Gaya Geser	110
4.5	Gaya <i>Prestress</i>, Eksentrisitas, dan Jumlah Tendon.....	110
4.5.1	Kondisi Awal (Saat Transfer)	110
4.5.2	Kondisi Akhir (Saat Service)	112
4.6	Posisi Tendon	113
4.7.1	Posisi Tendon di Tengah Bentang	113
4.7.2	Posisi Tendon pada Tumpuan	114
4.7.3	Eksentrisitas Masing-masing Tendon.....	115
4.7.4	Lintasan Inti Tendon.....	116
4.7.5	Sudut Angkur	117
4.7.6	Tata Letak dan Trace Kabel	117
4.7	Kehilangan Tegangan (<i>Loss of Prestress</i>).....	118
4.7.7	Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur (<i>Anchorage Friction</i>)	118
4.7.8	Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Cale (<i>Jack Friction</i>)	118
4.7.9	Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis (<i>Elastic Shortening</i>).....	119
4.7.10	Kehilangan Tegangan Akibat Pengankuran (<i>Anchoring</i>).....	121
4.7.11	Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Tendon	122
4.8	Tegangan yang terjadi akibat gaya <i>prestress</i>.....	125
4.8.1	Keadaan awal (saat transfer)	126
4.8.2	Keadaan setelah kehilangan gaya prategang.....	126
4.9	Tekanan pada <i>Box Girder</i> karena beban	127
4.9.1	Tekanan karena beban sendiri (MS)	127
4.9.2	Tekanan karena beban mati yang di tumpangkan (MA).....	127
4.9.3	Tekanan karena susut dan rangkak (SR).....	128
4.9.4	Tegangan Akibat Prategang (PR).....	131

4.9.5	Tegangan akibat Beban Hidup (TD)	131
4.9.6	Tegangan akibat beban Angin (EW)	132
4.9.7	Tegangan akibat beban Gempa (EQ).....	133
4.9.8	Tegangan akibat Pengaruh Suhu (ET).....	133
4.10	Kontrol pemuatan tegangan terhadap kombinasi.....	135
4.10.1	Kontrol tegangan terhadap kombinasi 1	135
4.10.2	Kontrol tegangan terhadap kombinasi 2	136
4.10.3	Kontrol tegangan terhadap kombinasi 3	136
4.10.4	Kontrol tegangan terhadap kombinasi 4	137
4.10.5	Kontrol tegangan terhadap kombinasi 5	137
4.11	Defleksi <i>Box Girder</i>	138
4.11.1	Defleksi pada kondisi awal (transfer)	138
4.11.2	Defleksi setelah kehilangan tegangan.....	139
4.11.3	Defleksi <i>Box Girder</i> karena Beban.....	140
4.11.4	Kontrol Defleksi Beban Kombinasi	142
4.12	Tinjauan ultimit <i>Box Girder</i> prategang	144
4.12.1	Momen ultimit karena beban.....	146
4.12.2	Kontrol kombinasi momen ultimit	148
4.13	Blok akhir Tulangan.....	151
4.13.1	Perhitungan sengkang untuk gaya bursting	152
4.13.2	Perhitungan sengkang untuk gaya bursting	154
4.14	Pembesian <i>Box Girder</i>	155
4.14.1	Pelat dinding tengah	155
4.14.2	Pelat dinding tepi.....	155
4.14.3	Pelat dinding atas.....	157
BAB V	KESIMPULAN.....	158
5.1	Kesimpulan	158
5.2	Saran	158
	DAFTAR PUSTAKA.....	159
	LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

NO. TABEL	URAIAN HALAMAN
2.1	Tebal Minimum Sayap Atas..... 5
3.1	Rumus Momen Maksimum dan Gaya Geser Maksimum..... 47
4.1	Spesifikasi Jembatan Box Girder 98
4.2	Berat Jenis Material Jembatan Box Girder 98
4.3	Spesifikasi Beton..... 98
4.4	Spesifikasi Baja 99
4.5	H Tafsiran Setiap Joint 100
4.6	Spesifikasi Dimensi Box Girder..... 101
4.7	Perhitungan Dimesi Box Girder Segmen 22 103
4.8	Beban Mati Tambahan..... 104
4.9	Pembebanan Box Girder 110
4.10	Strands Kabel 111
4.11	Eksentritas Tendon 116
4.12	Lintasan Inti Tendon..... 116
4.13	Sudut Angkur 117
4.14	Superposisi Karena Susut dan Rangkak 130
4.15	Momen Akibat Temperatur..... 134
4.16	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi..... 135
4.17	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi 1..... 136
4.18	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi 2..... 136
4.19	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi 3..... 137
4.20	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi 4..... 137
4.21	Kontrol Pemuatan Tegangan Terhadap Kombinasi 5..... 138
4.22	Kontrol Pemuatan Defleksi Terhadap Kombinasi 1..... 142
4.23	Kontrol Pemuatan Defleksi Terhadap Kombinasi 2..... 143
4.24	Kontrol Pemuatan Defleksi Terhadap Kombinasi 3..... 143
4.25	Kontrol Pemuatan Defleksi Terhadap Kombinasi 4..... 143

4.26	Kontrol Pemuatan Defleksi Terhadap Kombinasi 5.....	144
4.27	Resume Momen Balok	148
4.28	Kombinasi 1 Momen Ultimit	149
4.29	Kombinasi 2 Momen Ultimit	149
4.30	Kombinasi 3 Momen Ultimit	149
4.31	Kombinasi 4 Momen Ultimit	150
4.32	Kombinasi 5 Momen Ultimit	150
4.33	Posisi Blok Akhir Tulangan.....	150
4.34	Momen Statis Pada Balok Atas.....	151
4.35	Momen Statis Pada Balok Bawah	151
4.36	Perhitungan Sengkang	153
4.37	Jumlah Sengkang yang Digunakan Untuk Gaya Bursting.....	154

DAFTAR GAMBAR

NO. GAMBAR	URAIAN HALAMAN
1.1	Denah Lokasi Jembatan Rajamandala 2
1.2	Jembatan Rajamandala 2
2.1	Box Girder Sel Tunggal 7
2.2	Box girder multisel 7
2.3	Tata letak tendon 7
2.4	Tipe Sel Box Girder 21
2.5	Konstruksi Balanced Kantilever 22
2.6	Pelengkung Terjepit 23
2.7	Pelengkung Dua Sendi 23
2.8	Pelengkung Tiga Sendi 24
2.9	Pelengkung Terikat 25
2.10	True arch 25
2.11	Tied Arch 26
2.12	Half True Arch 26
2.13	Beban lajur “D” 28
2.14	Penyebaran beban lajur “D” pada arah melintang 29
2.15	Penyebaran beban truk “T” 30
3.1	Bagan Alir dari Desain dan Metodologi 34
3.2	Potongan Penampang Memanjang Box Girder 35
3.3	Potongan Penampang Melintang Segmen 1 35
3.4	Potongan Penampang Melintang Segmen 2 35
4.1	Penampang Melintang Box Girder 97
4.2	Box Girder Segmen 2 101
4.3	Posisi Tendon di Tengah Bentang 113
4.4	Posisi Tendon di Tumpuan 114
4.5	Trace Kabel 117

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= Luas penampang
A_{plat}	= Luas penampang pelat
a_s	= Jarak Sengkang
A_{st}	= Luas tampang nominal satu strand
B	= Lebar jalur lalu lintas
b_t	= Lebar trotoar
d	= Tebal efektif slab beton
d'	= Jarak tulangan terhadap sisi luar beton
DLA	= Faktor beban dinamis
E	= Bilangan natural
E_c	= Modulus elastic beton
E_s	= Modulus elastic strands
e'	= Eksentrisitas gaya susut terhadap pusat penampang
e_s	= Eksentrisitas tendon
f_a	= Tegangan beton di serat atas
f_{ai}	= Tegangan ijin tekan beton
f_b	= Tegangan beton di serat bawah
f_{bi}	= Tegangan ijin tarik beton
f_c'	= Kuat tekan beton
f_{ci}'	= Kuat tekan beton pada keadaan awal
f_p	= Tegangan yang terjadi pada tendon pasca tarik
f_{py}	= Tegangan leleh strand
f_v	= Tegangan geser yang terjadi
G	= Modulus geser
G	= Percepatan grafitasi bumi
H	= Tinggi <i>Box Girder</i>

H = Tebal slab beton
 i = Jari-jari inersia penampang *Box Girder*
 I_b = Momen inersia terhadap alas balok
 I_x = Momen inersia terhadap titik berat balok
 K = Mutu beton
 k_b = koefisien yang tergantung pada pemakaian air semen
 k_c = koefisien yang tergantung pada kelembaban udara
 k_d = koefisien yang tergantung pada derajat pengerasan beton
 k_e = koefisien yang tergantung pada tebal teoritis
 k_p = koefisien yang tergantung pada luas tulangan baja memanjang
 k_{tn} = koefisien yang tergantung pada waktu
 L = Panjang *Box Girder*
 L_{max} = Jarak pengaruh kritis slip ankur
 LOP = *Loss of Prestress*
 M = Beban momen akibat gaya rem
 m = Kemiringan diagram gaya
 M_{bs} = Momen maksimum di tengah bentang
 M_{ET} = Momen maksimum akibat temperatur
 M_{EQ} = Momen maksimum akibat beban gempa vertikal
 M_{EW} = Momen maksimum akibat beban angin
 M_{MA} = Momen maksimum akibat beban mati tambahan
 M_{MS} = Momen maksimum akibat berat sendiri
 M_{PR} = Momen maksimum akibat *prestress*
 M_R = Momen akibat rangkai
 M_S = Momen akibat susut
 M_{SR} = Momen akibat susut dan rangkai
 M_{TD} = Momen maksimum akibat beban hidup
 M_{TP} = Momen maksimum akibat beban pejalan kaki
 M_U = Momen ultimit

N = Jumlah *Box Girder*
 n_s = Jumlah strand minimal
 p = Beban garis
 P_{bs} = Beban putus minimal satu strands
 P_{bl} = Beban putus minimal satu tendon
 P_{bt} = Bursting force untuk sengkang
 P_{eff} = Gaya prestress akhir
 p_o = Presentase tegangan leleh
 P_j = Gaya Prestress akibat Jacking
 P_o = Kehilangan gaya akibat gesekan ankur
 P_s = Gaya internal yang timbul akibat susut
 P_t = Gaya prategang awal
 P_{TD} = Beban terpusat pada *Box Girder*
 P_x = Kehilangan tegangan akibat gesekan kabel
 Q = Beban merata
 Q_{bs} = Berat sendiri *Box Girder*
 Q_{EW} = Transfer beban angin ke lantai jembatan
 Q_{MA} = Total berat beban mati tambahan
 Q_{MS} = Total berat sendiri
 Q_{TD} = Beban hidup pada *Box Girder*
 r = Rasio perbandingan lebar plat ankur
 R_n = Faktor tahanan momen
 s = Jarak tulangan yang diperlukan
 T = Temperatur udara rata-rata
 T = Tebal slab
 t' = Umur penegerasan beton terkoreksi
 T_{EW} = Beban angin

- T_{EQ} = Gaya gempa vertical rencana
 T_{TB} = Gaya rem 5% beban lajur D tanpa factor beban dinamis
 T_{TD} = Gaya rem
 V_{bs} = Gaya geser maksimum di tumpuan
 V_{EQ} = Gaya geser maksimum akibat beban gempa vertikal
 V_{EW} = Gaya geser maksimum akibat beban angin
 V_{MA} = Gaya geser maksimum akibat beban mati tambahan
 V_{MS} = Gaya geser maksimum akibat berat sendiri
 V_{TD} = Gaya geser maksimum akibat beban hidup
 W_a = Tahanan momen sisi atas
 W_b = Tahanan momen sisi bawah
 W_c = Berat jenis beton prestress
 W_c' = Berat jenis beton bertulang
 W_c'' = Berat jenis beton
 W_t = Berat total struktur yang berupa berat sendiri
 X = Jarak anatar roda kendaraan
 Y = Persamaan lintasan tendon
 y = Lengan terhadap titik berat *Box Girder*
 y_a = titik berat terhadap atas
 y_b = titik berat terhadap bawah
 Z_o = Jarak pusat berat tendon terhadap sisi bawah *Box Girder*
 A = Sudut lintasan tendon dari ujung ke tengah
 β = Koefisien Wobble
 γ = Sudut bidang geser
 ε = Koefisien muai panjang
 μ = Koefisien gesek
 ν = Angka poisson
 Φ = Faktor reduksi kekuatan lentur

ζ_{bt} = Tegangan beton pada level bajanya oleh penaruh gaya prestress ζ_{cr} =
Tegangan akibat Creep

$\Delta\zeta_{pe}$ = Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastis tanpa pengaruh berat
sendiri

ζ_{pe}' = Kehilangan tegangan pada baja oleh regangan elastis dengan
memperhitungkan pengaruh berat sendiri

ζ_{pi} = Tegangan baja prestress sebelum LOP

ζ_{sh} = Tegangan susut

δ = Lendutan

$\Delta\varepsilon_{su}$ = Regangan akibat creep

$\Delta\varepsilon_{su}$ = Regangan akibat susut

ΔL = panjang tarik masuk

ΔP = Loss of prestress akibat angkur

ΔP_e = Loss of prestress akibat pemendekan elastis