

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
ABSTRAK	xxiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN PENELITIAN	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 TINJAUAN UMUM	5
2.2 PENELITIAN TERDAHULU	5
2.3 PEMBAHASAN TINJAUAN	7
2.4 KEASLIAN PENELITIAN	7
BAB III LANDASAN TEORI	9
3.1 TINJAUAN UMUM	9
3.2 PENGERTIAN JEMBATAN	9
3.3 JEMBATAN <i>GIRDER</i>	11

3.4 PRINSIP DASAR BETON PRATEGANG	12
3.4.1 Sistem Penarikan Baja Prategang	12
3.4.2 Konsep Beton Prategang	14
3.4.3 Tahap Pembebanan	16
3.5 JENIS PERENCANAAN	17
3.5.1 Perencanaan Tegangan Kerja ( <i>Working Stress Design/WSD</i> )	17
3.5.2 Perencanaan Kuat Batas ( <i>Ultimate Strength Design/USD</i> )	18
3.6 PEMBEBANAN	18
3.6.1 Beban Permanen	19
3.6.2 Beban Lalu Lintas	20
3.6.3 Beban Lingkungan	26
3.6.4 Beban Lainnya	33
3.7 KOMBINASI PEMBEBANAN	33
3.8 PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN	36
3.8.1 Perencanaan Dinding Pagar Tepi ( <i>Barrier</i> )	36
3.8.2 Perencanaan Lantai ( <i>Slab</i> ) Jembatan	40
3.8.3 Perencanaan Penampang Balok	41
3.8.4 Pemeriksaan Tegangan	43
3.8.5 Tata Letak Tendon ( <i>Lay Out Tendon</i> )	47
3.8.6 Kehilangan Gaya Prategang	49
3.8.7 Kekuatan Batas Lentur ( <i>Ultimate Strength</i> )	55
3.8.9 Lendutan ( <i>Deflection</i> ) dan Lawan Lendut ( <i>Chamber</i> )	56
3.8.10 Perencanaan Penghubung Geser ( <i>Shear Connector</i> )	57
BAB IV	59
METODOLOGI PENELITIAN	59
4.1 TINJAUAN UMUM	59
4.2 DATA STRUKTUR	59
4.3 TAHAP PENELITIAN	60
4.4 JADWAL PENELITIAN	62
BAB V	64
ANALISIS DATA	64
5.1 DATA PERENCANAAN JEMBATAN	64

5.1.1 Data Teknis Jembatan	64
5.1.2 Data Material	65
5.2 PERHITUNGAN <i>PRESTESSED CONCRETE BOX GIRDER</i>	67
5.2.1 Perencanaan Trotoar	67
5.2.2 Perencanaan <i>Prestressed Concrete Box Girder</i>	74
5.2.3 Perhitungan Gaya Prategang dan Tendon Prategang	91
5.3 PERHITUNGAN <i>PRESTESSED CONCRETE I GIRDER</i>	141
5.3.1 Perencanaan Trotoar	141
5.3.2 Perhitungan <i>Slab</i> Lantai Jembatan	148
5.3.3 Perhitungan Balok Prategang	157
5.4 PEMBAHASAN	241
BAB VI	244
SIMPULAN DAN SARAN	244
6.1 SIMPULAN	244
6.2 SARAN	244
DAFTAR PUSTAKA	245



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Sistem pratarik	13
Gambar 3.2 Sistem paskatarik	13
Gambar 3.3 Balok akibat gaya prategang dan gaya eksternal	14
Gambar 3.4 Balok prategang dengan tendon parabola	15
Gambar 3.5 Momen tahanan internal pada balok beton prategang dan beton bertulang	16
Gambar 3.6 Beban lajur "D"	21
Gambar 3.7 Grafik beban tersebar merata	21
Gambar 3.8 Penyebaran pembebanan pada arah melintang	22
Gambar 3.9 Beban <i>truck</i> "T"	23
Gambar 3.10 Faktor beban dinamis (FBD)	23
Gambar 3.11 Gaya rem per lajur 2,75 (KBU)	25
Gambar 3.12 Pembebanan untuk pejalan kaki	26
Gambar 3.13 Koefisien geser dasar gempa wilayah 3	30
Gambar 3.14 Tata letak tendon	49
Gambar 3.15 Perpendekan elastis beton	50
Gambar 4.1 Peta lokasi pekerjaan Jembatan Jurang Gempal	59
Gambar 4.2 Potongan melintang desain 1 struktur atas Jembatan Jurang Gempal	60
Gambar 4.3 Potongan melintang desain 2 struktur atas Jembatan Jurang Gempal	60
Gambar 4.4 <i>Flow chart</i> penulisan tugas akhir	61
Gambar 5.1 Tampang melintang <i>prestressed concrete box girder</i> Jembatan Jurang Gempal	64
Gambar 5.2 Tampang melintang <i>prestressed concrete I girder</i> Jembatan Jurang Gempal	65
Gambar 5.3 Dimensi dan pembebanan trotoar	68
Gambar 5.4 Komponen berat sendiri trotoar	69

Gambar 5.5 Berat sendiri pada <i>prestressed concrete box girder</i>	77
Gambar 5.6 Beban mati tambahan	78
Gambar 5.7 Beban lajur	79
Gambar 5.8 Beban merata akibat pejalan kaki	81
Gambar 5.9 Gaya rem	82
Gambar 5.10 Beban merata akibat angin	83
Gambar 5.11 Beban merata akibat gempa	84
Gambar 5.12 Wilayah gempa Indonesia untuk perioda ulang 500 tahun	85
Gambar 5.13 Koefisien geser dasar gempa wilayah 3	85
Gambar 5.14 Gaya prategang awal dan eksentrisitas tendon di tengah bentang	92
Gambar 5.15 Susunan tendon <i>box girder</i> prategang pada tengah bentang	95
Gambar 5.16 Tendon beton prategang	95
Gambar 5.17 Posisi tendon di tengah bentang	101
Gambar 5.18 Posisi tendon di tumpuan	102
Gambar 5.19 Lintasan inti tendon	102
Gambar 5.20 Grafik <i>trace cable</i>	106
Gambar 5.21 Tegangan saat transfer	110
Gambar 5.22 Selubung tendon	111
Gambar 5.23 Tegangan saat <i>service</i>	112
Gambar 5.24 Tegangan akibat beban sendiri	113
Gambar 5.25 Tegangan akibat beban mati tambahan	113
Gambar 5.26 Tegangan akibat susut dan rangkai	114
Gambar 5.27 Kapasitas penampang <i>box girder</i>	118
Gambar 5.28 Angkur pada balok prategang	125
Gambar 5.29 Penampang balok bagian atas	125
Gambar 5.30 Penampang balok bagian bawah	126
Gambar 5.31 Plat angkur dan sengkang untuk <i>bursting force</i>	127
Gambar 5.32 Gaya geser pada balok prategang	130
Gambar 5.33 Penampang melintang jembatan	133
Gambar 5.34 Beban sendiri pada lantai jembatan	134
Gambar 5.35 Beban mati tambahan pada lantai jembatan	134

Gambar 5.36 Beban hidup truk pada lantai jembatan	136
Gambar 5.37 Beban angin pada lantai jembatan	137
Gambar 5.38 Dimensi dan pembebanan trotoar	142
Gambar 5.39 Komponen berat sendiri trotoar	143
Gambar 5.40 Beban berat sendiri ( <i>MS</i> ) plat lantai	149
Gambar 5.41 Beban mati tambahan ( <i>MA</i> ) plat lantai	150
Gambar 5.42 Beban truk ( <i>TT</i> ) plat lantai	151
Gambar 5.43 Transfer beban angin terhadap plat lantai	152
Gambar 5.44 Beban angin ( <i>EW</i> ) plat lantai	153
Gambar 5.45 Penampang balok prategang <i>I-Girder</i>	160
Gambar 5.46 Pembebanan berat sendiri struktur atas jembatan	164
Gambar 5.47 Penempatan diafragma pada bentang memanjang <i>PCI Girder</i>	165
Gambar 5.48 Pembebanan berat tambahan ( <i>MA</i> ) struktur atas jembatan	168
Gambar 5.49 Pembebanan lajur “ <i>D</i> ” pada balok	169
Gambar 5.50 Pembebanan rem ( <i>TB</i> ) pada balok	171
Gambar 5.51 Pembebanan angin ( <i>EW</i> ) pada balok	173
Gambar 5.52 Wilayah gempa Indonesia untuk perioda ulang 500 tahun	176
Gambar 5.53 Koefisien geser dasar gempa wilayah 3	176
Gambar 5.54 Pembebanan gempa ( <i>EQ</i> ) pada balok	177
Gambar 5.55 Gaya prategang awal dan eksentrisitas tendon di tengah bentang	187
Gambar 5.56 Susunan baris tendon ditengah bentang	188
Gambar 5.57 Posisi tendon di tengah bentang	194
Gambar 5.58 Posisi tendon di tumpuan	195
Gambar 5.59 Lintasan inti tendon	197
Gambar 5.60 Posisi <i>trace cable</i> pada jarak tertentu dari tumpuan	200
Gambar 5.61 Grafik <i>trace cable</i>	201
Gambar 5.62 Tegangan saat <i>transfer</i>	209
Gambar 5.63 Tegangan saat <i>loss of prestress</i>	211
Gambar 5.64 Tegangan saat setelah plat dan balok menjadi komposit	213
Gambar 5.65 Kapasitas penampang <i>I – Girder</i>	216
Gambar 5.66 Pembesian angkur	226

Gambar 5.67 Bagian penampang pada balok prategang	229
Gambar 5.68 Bagian penampang pada balok prategang	230
Gambar 5.69 Tulangan geser <i>I-Girder</i>	231
Gambar 5.70 Penampang Gelagar dengan <i>Shear Connector</i>	238
Gambar 5.71 Diagram perbandingan luas penampang	242
Gambar 5.72 Diagram perbandingan jumlah tendon	243
Gambar 5.73 Diagram perbandingan lendutan yang terjadi ada gelagar	243



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Faktor beban dinamik untuk beban garis KEL	24
Tabel 3.2 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki	25
Tabel 3.3 Koefisien seret ( $C_w$ )	27
Tabel 3.4 Kecepatan angin rencana ( $V_w$ )	27
Tabel 3.5 Koefisien geser dasar untuk wilayah gempa 3	30
Tabel 3.6 Faktor kepentingan bangunan	31
Tabel 3.7 Kondisi tanah untuk koefisien geser dasar	31
Tabel 3.8 Temperatur jembatan rata-rata nominal	32
Tabel 3.9 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur	33
Tabel 3.10 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas kelayakan	34
Tabel 3.11 Kombinasi beban umum untuk keadaan batas ultimit	34
Tabel 3.12 Kombinasi pada keadaan tegangan kerja	35
Tabel 3.13 Luas tulangan susut yang dibutuhkan	41
Tabel 3. 14 Sifat-sifat <i>strand</i> 7 kawat (ASTM A-416)	42
Tabel 3.15 Koefisien friksi tendon pasca tarik	53
Tabel 4.1 Jadwal penyusunan tugas akhir	63
Tabel 5.1 Stands baja prategang	66
Tabel 5.2 Material dan berat jenis	67
Tabel 5.3 Berat sendiri gelagar	69
Tabel 5.4 Properties <i>prestressed concrete box girder</i>	75
Tabel 5.5 Berat sendiri	77
Tabel 5.6 Beban mati tambahan	79
Tabel 5.7 Rekapitulasi hasil perhitungan gaya geser maksimum ( $V_{max}$ ) dan momen maksimum ( $M_{max}$ )	86
Tabel 5.8 Rekapitulasi pembebanan	87
Tabel 5.9 Rumus perhitungan momen dan gaya geser	87
Tabel 5.10 Momen pada <i>box girder</i>	88
Tabel 5.11 Gaya geser pada <i>box girder</i>	89



Tabel 5.12	Standis baja prategang	93
Tabel 5.13	Jumlah <i>strands box girder</i> prategang	95
Tabel 5.14	Perhitungan momen pada bentang	98
Tabel 5.15	Batas bawah letak tendon	99
Tabel 5.16	Batas atas letak tendon	100
Tabel 5.17	Perhitungan lintasan tendon	103
Tabel 5.18	Sudut angkur	104
Tabel 5.19	Tata letak kabel tendon	105
Tabel 5.20	<i>Loss of prestress</i>	110
Tabel 5.21	Tegangan <i>service</i> akibat beban	115
Tabel 5.22	Tegangan akibat susut dan rangkai	115
Tabel 5.23	Perhitungan momen <i>ultimate</i> akibat beban yang bekerja	120
Tabel 5.24	Spesifikasi angkur dan tendon	125
Tabel 5.25	Momen statis luasan bagian atas ( $S_{xa}$ )	126
Tabel 5.26	Momen statis luasan bagian bawah ( $S_{xb}$ )	127
Tabel 5.27	Sengkang arah vertikal	128
Tabel 5.28	Sengkang arah horizontal	128
Tabel 5.29	Jarak tulangan geser	132
Tabel 5.30	Rekap momen <i>ultimate</i> pada slab lantai jembatan	138
Tabel 5.31	Berat sendiri gelagar	143
Tabel 5.32	Rekap momen pada slab lantai jembatan	153
Tabel 5.33	Rekap momen <i>ultimate</i> pada slab lantai jembatan	154
Tabel 5.34	Dimensi penampang <i>I-Girder</i>	160
Tabel 5.35	Rekap momen <i>ultimate</i> penampang <i>I-Girder</i> terhadap alas	162
Tabel 5.36	Rekap momen <i>ultimate</i> penampang <i>I-Girder</i> terhadap alas	163
Tabel 5.37	Rekapitulasi pembebanan untuk berat sendiri	166
Tabel 5.38	Berat mati tambahan struktur atas	168
Tabel 5.39	Rekap pembebanan balok prategang	179
Tabel 5.40	Persamaan momen dan gaya geser pada balok prategang	179
Tabel 5.41	Kombinasi momen pada balok prategang	183
Tabel 5.43	Data <i>strands cable</i>	186

Tabel 5.44 Jumlah <i>strands</i> pada <i>I-Girder</i> prategang di posisi tengah bentang	188
Tabel 5.45 Perhitungan momen pada titik tinjau	190
Tabel 5.46 Batas bawah letak tendon	192
Tabel 5.47 Batas atas letak tendon	193
Tabel 5.48 Jumlah <i>strands</i> pada tiap posisi tendon di tumpuan	195
Tabel 5.49 Perhitungan lintasan tendon	198
Tabel 5.50 Sudut angkur	199
Tabel 5.51 Tata letak kabel tendon	200
Tabel 5.52 Total kehilangan gaya prategang	208
Tabel 5.53 Gaya tekan beton dan momen nominal	219
Tabel 5.54 Perhitungan momen <i>ultimate</i> akibat beban yang bekerja	220
Tabel 5.55 Rekapitulasi perhitungan lendutan pada balok <i>I-Girder</i>	224
Tabel 5.55 Perhitungan sengkang arah vertikal	228
Tabel 5.56 Perhitungan sengkang arah horizontal	228
Tabel 5.58 Tinjauan geser di atas garis netral	235
Tabel 5.59 Tinjauan geser di bawah garis netral	236
Tabel 5.60 Rekapitulasi tulangan sengkang yang digunakan	237
Tabel 5.61 Hasil jarak <i>shear connector</i>	240
Tabel 5.62 Perbandingan desain	241

## 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.
$A_{ID}$	= luas penampang satu batang tulangan.
$A_{ps}$	= luas tulangan prategang.
$b$	= lebar muka tekan suatu komponen struktur.
$B_j$	= berat jenis beton.
$c.g.c$	= <i>centre 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.
$c_w$	= koefisien seret.
$d$	= jarak dari serat terluar kepusat berat tulangan tarik.
$d'$	= jarak dari serat tekan kepusat berat tulangan tekan.
$d_p$	= jarak dari serat tekan terluar kepusat 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 <i>transfer</i> .
$f_{ti}$	= tegangan ijin serat tarik pada saat <i>transfer</i> .
$f_{cs}$	= tegangan ijin serat tekan pada saat <i>layan</i> .
$f_{ts}$	= tegangan ijin serat tarik pada saat <i>layan</i> .
$f_t$	= 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.
$LOF$	= <i>loss of prestress</i> (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  
 $P$  = gaya aksial.  
 $P_{MS}$  = 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 resultan 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.  
 $\Sigma H$  = jumlah gaya arah horizontal.  
 $\Sigma P$  = jumlah gaya arah vertikal.  
 $\beta_1$  = konstata akuivalen blok tegangan yang tergantung dari mutui beton.  
 $\rho$  = perbandingan tulangan tarik non-prategang.  
 $\rho_{\min}$  = perbandingan tulangan pada keadaan regangan minimum.  
 $\rho_{\max}$  = perbandingan tulangan pada keadaan regangan maksimum.  
 $\epsilon_c$  = regangan tekan beton.  
 $\epsilon_s$  = regangan pada baja tulangan.  
 $\emptyset$  = faktor reduksi kekuatan.

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Potongan memanjang jembatan
- Lampiran 2. Potongan melintang jembatan
- Lampiran 3. Dimensi gelagar
- Lampiran 4. Susunan tendon *prestressed concrete box girder*
- Lampiran 5. Tata letak tendon *prestressed concrete box girder*
- Lampiran 6. Tata letak tendon *prestressed concrete i girder*
- Lampiran 7. Tulangan geser gelagar
- Lampiran 8. Penulangan gelagar
- Lampiran 9. Detail penulangan
- Lampiran 10. Detail *bursting steel prestressed concrete box girder*
- Lampiran 11. Detail *bursting steel prestressed concrete i girder*

