

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	viii
Abstrak	x
<i>Abstract</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiv
DAFTAR NOTASI	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Jembatan	4
2.2. Jembatan Pelengkung	5
2.3. Pembebanan pada jembatan	6
2.3.1. Konsep Dasar	6
2.3.2. Pengertian dan Istilah	7
2.4. Aksi dan Beban Tetap	11

2.4.1. Beban Mati	11
2.4.2. Beban mati tambahan.	13
2.4.3. Pelapisan kembali permukaan jembatan.	13
2.4.4. Sarana lain jembatan.	13
2.5. Beban Lalu Lintas (Beban Hidup).	14
2.5.1. Umum.....	14
2.5.2. Lajur Lalu Lintas Rencana.	14
2.5.3. Beban “D”.	15
2.5.4. Susunan beban “D” pada arah memanjang jembatan.....	16
2.5.5. Faktor beban “D”.	16
2.5.6. Pembebanan Truk “T”	16
2.5.7. Respon terhadap beban lalu lintas “T”	16
2.6. Klasifikasi pembebanan lalu lintas.	18
2.6.1. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi.....	18
2.6.2. Pembebanan lalu lintas yang berlebih (<i>overload</i>).	18
2.6.3. Faktor beban dinamis.	19
2.7. Gaya Rem.	20
2.8. Gaya Sentrifugal.	21
2.9. Pembebanan Untuk Pejalan Kaki.	22
2.10. Aksi Lingkungan.	23
2.11. Aksi-aksi Lain.	27
2.12. Kombinasi beban	28
BAB III METODOLOGI	29
3.1. Pendahuluan	29
3.2. Teknik Pengumpulan Data	32
3.2.1. Pengumpulan Data	32
3.2.2. Sumber Data	32
3.3. Studi Literatur	32
3.4. Pemodelan dengan Program SAP 2000 V.14	33
3.4.1. Pembuatan Model Desain.....	33
3.4.2. Penginputan Data	37

3.4.3. Menjalankan Program	49
3.4.4. Menganalisa Data	50
3.4.5. Review RAB Desain	51
3.5. Kesimpulan dan Saran	51
3.6. Penyusunan Laporan	51
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS	52
4.1 Sistem Struktur Jembatan	52
4.1.2 Dimensi Jembatan Pelengkung	52
4.1.3 Struktur Atas Jembatan Balok <i>Girder Precast I</i>	53
4.1.4 Dimensi Jembatan Balok <i>Girder Pracast I</i>	54
4.2 Analisa Beban Jembatan	56
4.2.1 Berat Sendiri (MS)	56
4.2.2 Beban Mati Tambahan (MA)	57
4.2.3 Beban Lajur "D" (TD)	57
4.2.4 Gaya Rem (TB)	59
4.2.5 Pembebanan untuk Pejalan Kaki (TP)	59
4.2.6 Pengaruh Temperatur (ET)	60
4.2.7 Beban Angin (EW)	60
4.2.8 Beban Gempa (EQ)	61
4.2.9 Koefisien Gempa Arah Y (Melintang) Jembatan	63
4.2.10 Koefisien Gempa Arah X (Memanjang) Jembatan	64
4.2.11 Metode Dinamik <i>Response Spectrum</i>	64
4.2.12 Pengaruh Susut dan Rangkak (SR)	65
4.3 Perhitungan Struktur Balok dan Kolom Jembatan Pelengkung	73
4.3.1 Perhitungan Tulangan pada Balok	73
4.3.2 Analisis Penulangan Kolom menggunakan aplikasi <i>SPColumn</i>	84
4.4 Perhitungan Struktur Balok Prategang PCI Girder	89
4.4.1 Data Jembatan	89
4.4.2 Perhitungan Struktur Beton Girder pada Jembatan	90
4.4.3 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai	92
4.5 Pembebanan Balok Prategang	95

4.5.1 Berat sendiri (MS)	95
4.5.2 Beban mati tambahan (MA)	97
4.5.3 Beban lajur “D” (TD)	98
4.5.4 Gaya rem (TB)	100
4.5.5 Beban angin (EW)	100
4.5.6 Beban gempa (EQ)	101
4.6 Gaya Prategang, Eksentrisitas, dan Jumlah Tendon	107
4.6.1 Kondisi Awal (Saat Transfer)	107
4.6.2 Kondisi Akhir	107
4.7 Pembesian Balok Prategang	109
4.8 Posisi Tendon	110
4.9 Kehilangan Tegangan (<i>Loss of Prestress</i>) pada Kabel	118
4.9.1 Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Angkur	118
4.9.2 Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan Kabe.....	118
4.9.3 Kehilangan Tegangan Akibat Pemendekan Elastis.....	118
4.9.4 Kehilangan Tegangan Akibat Relaxation of Tendon.....	120
4.9.5 Tegangan yang terjadi pada Penampang Balok	124
4.9.5 Tegangan yang terjadi pada Balok Komposit	125
4.10.Perhitungan Balok Girder dengan Bentang 50 meter.....	146
4.10.1 Perhitungan Struktur Beton Girder pada Jembatan.....	147
4.10.2 Penentuan Lebar Efektif Plat Lantai	148
4.11 Pembebanan Balok Prategang	151
4.11.1 Berat sendiri (MS)	151
4.11.2 Beban mati tambahan (MA)	152
4.11.3 Beban lajur “D” (TD)	153
4.11.4 Gaya rem (TB)	153
4.11.5 Beban angin (EW)	154
4.11.6 Beban gempa (EQ)	155
4.12 Gaya Prategang, Eksentrisitas, Jumlah Tendon dan Tegangan.....	162
4.12.1 Kondisi Awal (Saat Transfer)	162
4.12.2 Kondisi Akhir	162
4.12.3 Pembesian Balok Prategang	164

4.12.4 Posisi Tendon	165
4.12.5 Kehilangan Tegangan (<i>Loss of Prestress</i>) pada Kabel.....	171
4.12.6 Tegangan yang terjadi pada Balok Komposit	178
4.13 Perhitungan Sengkang untuk <i>Bursting Force</i>.....	190
4.14 Analisis Pebandingan RAB (Rencana Anggaran Biaya)	201
BAB V PENUTUP.....	204
5.1 Kesimpulan	204
5.2 Saran.....	205
DAFTAR PUSTAKA	206
LAMPIRAN.....	207

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat isi untuk beban mati (kN/m ³).....	12
Tabel 2.2 Faktor beban untuk berat sendiri.....	12
Tabel 2.3 Faktor beban untuk beban mati tambahan.	13
Tabel 2.4 Jumlah Lajur lalu Lintas Rencana	14
Tabel 2.5 Faktor beban akibat beban lajur “D”.....	16
Tabel 2.6 Faktor distribusi untuk pembebanan truk “T”.....	17
Tabel 2. 7 Faktor beban akibat beban truk “T”.....	18
Tabel 2.8 Faktor Pembebanan Lalu Lintas.....	20
Tabel 2.9 Faktor beban akibat gaya sentrifugal.	21
Tabel 2.10 Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki.	22
Tabel 2.11 Faktor beban akibat penurunan.	23
Tabel 2.12 Temperatur jembatan rata-rata nominal.	24
Tabel 2.13 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.	24
Tabel 2.14 Faktor beban akibat pengaruh temperatur.	24
Tabel 2.15 Kecepatan angin rencana, Vw.	25
Tabel 2.16 Faktor beban akibat beban angin.	26
Tabel 2. 17 Faktor beban akibat pengaruh gempa.	27
Tabel 4.1 Data umum jembatan.....	52
Tabel 4.2 Dimensi Jembatan Pelengkung	53
Tabel 4.3 Data Umum Jembatan Girder Precast I.....	54
Tabel 4.4 Dimensi Jembatan Girder Precast I	55
Tabel 4.5 Spesifik Gravity	55
Tabel 4.6 Mutu Beton dan Mutu Baja.....	56
Tabel 4.7 Faktor Berat Sendiri Trotoar	56
Tabel 4 8 Faktor Beban Mati Tambahan pada Lantai Jembatan	57
Tabel 4.9 Dimensi Panjang Bentang Jembatan.....	58
Tabel 4.10 Faktor Pembebanan Trotoar	60
Tabel 4.11 Kombinasi pada Keadaan Ultimit	67
Tabel 4.12 Kombinasi Beban Kerja	68

Tabel 4.13 Dimensi Jembatan PCI Girder bentang tepi.....	89
Tabel 4.14 Specific Gravity.....	89
Tabel 4.15 Dimensi Balok Girder	90
Tabel 4.16 Data Kabel Strands.....	91
Tabel 4.17 Dimensi balok dan momen inersia	93
Tabel 4.18 Momen Inersia Balok dan plat	95
Tabel 4.19 Gaya Geser dan Momen Beban Sendiri	97
Tabel 4.20 Momen dan Gaya Geser dengan Beban Mati Tambahan.....	98
Tabel 4.21 Resume Momen dan Gaya Geser pada Balok	103
Tabel 4.22 Persamaan Momen dan Gaya Geser	103
Tabel 4.23 Momen pada Balok Prategang	105
Tabel 4.24 Gaya Geser pada Balok Prategang	106
Tabel 4.25 Data Kabel Stand.....	108
Tabel 4.26 Posisi baris tendon.....	109
Tabel 4.27 Posisi Tendon di Tumpuan.....	111
Tabel 4.28 Momen statis tendon terhadap pusat tendon terbawah	111
Tabel 4.29 Eksentrisitas Masing-Masing Tendon.....	112
Tabel 4.30 Jarak Tendon per meter	113
Tabel 4.31 Sudut Angkur	113
Tabel 4.32 Trace Kabel	114
Tabel 4.33 Kehilangan Tegangan Akibat Pengangkuran (Anchoring)	119
Tabel 4.34 Loss of Prestress.....	124
Tabel 4.35 Tegangan Akibat Rangkak	127
Tabel 4.36 Superposisi Tegangan Susut dan Rangkak	127
Tabel 4.37 Akibat Temperatur	130
Tabel 4.38 Momen Mpt.....	130
Tabel 4.39 Kombinasi Pembebanan untuk Tegangan Ijin	131
Tabel 4.40 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 1	132
Tabel 4.41 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 2	132
Tabel 4.42 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 3	133
Tabel 4.43 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 4.....	133

Tabel 4.44 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 5	134
Tabel 4.45 Pembesian End Block	135
Tabel 4.46 Momen Statis Luasan Bagian Atas (S _{xa}).....	135
Tabel 4.47 Momen Statis Luasan Bagian Bawah (S _{xb}).....	135
Tabel 4.48 Perhitungan Sengkang Arah Vertikal dan Horizontal.....	136
Tabel 4.49 Jumlah Sengkang yang Digunakan untuk Bursting Force	137
Tabel 4.50 Tinjauan Geser Diatas Garis Netral.....	140
Tabel 4.51 Tinjauan Geser dibawah Garis Netral	141
Tabel 4.52 Jarak Sengkang yang digunakan	142
Tabel 4.53 Jarak Shear	144
Tabel 4.54 Resume Momen Balok	145
Tabel 4.55 Dimensi Jembatan PCI Girder Bentang 50 m	146
Tabel 4.56 Specific Gravity.....	146
Tabel 4.57 Dimensi Balok Girder Bentang 50 m.....	146
Tabel 4.58 Data Kabel Strands.....	148
Tabel 4.59 Dimensi balok dan momen inersia	149
Tabel 4.60 Momen Inersia Balok dan plat	150
Tabel 4.61 Gaya Geser dan Momen Beban Sendiri	152
Tabel 4.62 Momen dan Gaya Geser dengan Beban Mati Tambahan.....	152
Tabel 4.63 Resume Momen dan Gaya Geser pada Balok	157
Tabel 4.64 Persamaan Momen dan Gaya Geser	157
Tabel 4.65 Momen pada Balok Prategang	158
Tabel 4.66 Gaya Geser pada Balok Prategang	160
Tabel 4.67 Data Kabel Stand.....	163
Tabel 4.68 Posisi baris tendon.....	164
Tabel 4.69 Posisi Tendon di Tumpuan.....	166
Tabel 4.70 Momen statis tendon terhadap pusat tendon terbawah	166
Tabel 4.71 Eksentrisitas Masing-Masing Tendon.....	167
Tabel 4.72 Jarak Tendon per meter	Tabel 4.73 Jarak Tendon per meter
Tabel 4.74 Sudut Angkur	169
Tabel 4.75 Trace Kabel.....	169

Tabel 4.76 Kehilangan Tegangan Akibat Pengangkuran (Anchoring)	173
Tabel 4.77 Loss of Prestress.....	177
Tabel 4.78 Tegangan Akibat Rangkak	181
Tabel 4.79 Superposisi Tegangan Susut dan Rangkak	181
Tabel 4.80 Akibat Temperatur	184
Tabel 4.81 Momen Mpt.....	184
Tabel 4.82 Kombinasi Pembebanan untuk Tegangan Ijin	185
Tabel 4.83 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 1	186
Tabel 4.84 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 2.....	186
Tabel 4.85 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 3	187
Tabel 4.86 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 4.....	187
Tabel 4.87 Tegangan pada beton akibat beban kombinasi 5	188
Tabel 4.88 Pembesian End Block	189
Tabel 4.89 Momen Statis Luasan Bagian Atas (S_{xa}).....	189
Tabel 4.90 Momen Statis Luasan Bagian Bawah (S_{xb}).....	189
Tabel 4.91 Perhitungan Senggang Arah Vertikal dan Horizontal.....	190
Tabel 4.92 Jumlah Senggang yang Digunakan untuk Bursting Force	191
Tabel 4.93 Tinjauan Geser Diatas Garis Netral.....	193
Tabel 4.94 Tinjauan Geser dibawah Garis Netral	194
Tabel 4.95 Jarak Senggang yang digunakan	196
Tabel 4.96 Jarak Shear	198
Tabel 4.97 Resume Momen Balok	200
Tabel 4.98 Rekapitulasi RAB dengan Balok Girder Precast I	201
Tabel 4.99 Rekapitulasi RAB dengan type Pelengkung	202

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya rem per lajur 2,75 meter keadaan batas ultimate (KBU).	21
Gambar 2.2 Pembebanan untuk pejalan kaki.	22
Gambar 3.1 Bagan Metodologi.	31
Gambar 3.2 Kotak Dialog New Model (New Model Initialization)	34
Gambar 3.3 Kotak Dialog New Model (Select Template-Grid Only)	35
Gambar 3.4 Define Grid Systems Data	35
Gambar 3.5 Draw Frame/Cable Element	36
Gambar 3.6 Assign Joint Restraints	37
Gambar 3.7 Define Materials	38
Gambar 3.8 Material Properties Data	38
Gambar 3.9 Frame Property	39
Gambar 3.10 Frame Section Property	39
Gambar 3.11 Section Properties Data	40
Gambar 3.12 Define Load Patterns	40
Gambar 3.13 Define Load Cases	41
Gambar 3.14 Load Cases Data	41
Gambar 3.15 Define Load Combination	42
Gambar 3.16 Load Combination Data	42
Gambar 3.17 Load Combination Data	43
Gambar 3.18 Load Combination Data	44
Gambar 3.19 Load Combination Data	44
Gambar 3.20 Load Combination Data	45
Gambar 3.21 Load Combination Data	45
Gambar 3.22 Block Frame Section	46
Gambar 3.23 Frame Properties (pemilihan jenis frame section)	46
Gambar 3.24 Hasil Pemilihan Frame Section Pada Frame	47
Gambar 3.25 Hasil Pemilihan Frame Section Pada Frame	48
Gambar 3.26 Hasil Pemilihan Frame Section Pada Frame	48
Gambar 3.27 Hasil Pemilihan Frame Section Pada Frame	49

Gambar 3.28 Analysis Options	50
Gambar 3.29 Set Load Cases to Run.....	50
Gambar 4.1 Jembatan Pelengkung.....	52
Gambar 4.2 Potongan Melintang Jembatan Pelengkung	52
Gambar 4.3 Jembatan Girder Precast I.....	53
Gambar 4.4 Potongan Melintang Jembatan Girder Precast I.....	54
Gambar 4.5 Faktor Beban Dinamis (DLA)	58
Gambar 4.6 Beban Angin pada Kendaraan.....	61
Gambar 4.7 Peta Gempa Indonesia.....	63
Gambar 4.8 Gaya Momen Jembatan Pelengkung	69
Gambar 4.9 Gaya Aksial Jembatan Pelengkung	69
Gambar 4.10 Gaya Geser Jembatan Pelengkung	70
Gambar 4.11 Gaya Momen Jembatan Girder Precast I.....	71
Gambar 4.12 Gaya Geser Jembatan Girder Precast I.....	71
Gambar 4.13 Gaya Aksial Jembatan Girder Precast.....	72
Gambar 4.14 Penampang Melintang Jembatan.....	89
Gambar 4.15 Profil Balok Girder	90
Gambar 4.16 Detail balok dan lebar efektif plat lantai	92
Gambar 4.17 Dimensi beton prestres.....	93
Gambar 4.18 Detail Balok dan Plat.....	94
Gambar 4.19 Pembebanan pada Balok	96
Gambar 4.20 Beban Lajur “D”.....	98
Gambar 4.21 Pembebanan Balok KEL	99
Gambar 4.22 Posisi Tendon Di Tengah Bentang.....	110
Gambar 4.23 Posisi Kabel Tendon.....	112
Gambar 4.24 Letak 0,00 dari Tumpuan	115
Gambar 4.25 : Letak 4,00 dari Tumpuan	115
Gambar 4.26 Letak 7,00 dari Tumpuan	116
Gambar 4.27 Letak 14,00 dari Tumpuan	116
Gambar 4.28 Letak 16,50 dari Tumpuan	117
Gambar 4.29 Detail Angkur	117

Gambar 4.30 Sambungan tekan pada segmnetal.....	134
Gambar 4.31 Bursting Steel	137
Gambar 4.32 Shear Conector	143
Gambar 4.33 Posisi Tendon Di Tengah Bentang.....	165
Gambar 4.34 Posisi Kabel Tendon.....	167
Gambar 4.35 Letak 0,00 dari Tumpuan	170
Gambar 4.36 Letak 25,00 dari Tumpuan	170
Gambar 4.37 Detail Angkur	171
Gambar 4.38 Sambungan tekan pada segmnetal.....	188
Gambar 4.39 Bursting Steel	191

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 : Gambar Detail Jembatan Pelengkung
- Lampiran 2 : Gambar Detail Jembatan Balok Girder Tipe I
- Lampiran 3 : Hasil Output Program SP Column
- Lampiran 4 : Hasil Perhitungan RAB

DAFTAR NOTASI

C_u	= koefisien rangkai maksimum.
E_c	= modulus elastisitas beton, MPa.
E_p	= modulus elastisitas baja prategang, MPa.
E_s	= modulus elastisitas baja tulangan non-prategang, MPa.
F_{cf}	= kuat tarik lentur beton, MPa.
F_{ct}	= kuat tarik langsung dari beton, MPa.
f_c'	= kuat tekan beton yang disyaratkan pada umur 28 hari, MPa.
f_{ci}'	= kuat tekan beton yang direncanakan pada umur saat dibebani atau dilakukan transfer gaya prategang, MPa.
f_{pu}	= kuat tarik baja prategang, MPa.
f_{py}	= kuat tarik leleh ekivalen baja prategang, MPa.
f_y	= kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang, MPa.
h	= tinggi total komponen struktur, mm.
K_{acc}	= faktor pengaruh kadar udara dalam beton untuk rangkai.
$K_{ac\ s}$	= faktor pengaruh kadar udara dalam beton untuk susut.
$K_{c\ s}$	= faktor pengaruh jumlah semen dalam beton untuk susut.
K_{dc}	= faktor pengaruh ketebalan komponen beton untuk rangkai.
$K_{d\ s}$	= faktor pengaruh ketebalan komponen beton untuk susut.
$K_{f\ c}$	= faktor pengaruh kadar agregat halus dalam beton untuk rangkai.
$K_{f\ s}$	= faktor pengaruh kadar agregat halus dalam beton untuk susut.
K_{hc}	= faktor pengaruh kelembaban relatif udara setempat untuk rangkai.
$K_{h\ s}$	= faktor pengaruh kelembaban relatif udara setempat untuk susut.
K_{sc}	= faktor pengaruh konsistensi (slump) adukan beton untuk rangkai.
$K_{s\ s}$	= faktor pengaruh konsistensi (slump) adukan beton untuk susut.
$K_{to\ c}$	= faktor pengaruh umur beton saat dibebani untuk rangkai.
x	= dimensi terpendek bagian segiempat dari suatu penampang.
y	= dimensi terpanjang bagian segiempat dari suatu penampang.
y_1	= dimensi sengkang terpanjang.
z	= besaran pembatas distribusi tulangan lentur.

- α = sudut antara sengkang miring dan sumbu longitudinal dari komponen struktur.
- α_f = sudut antara tulangan geser-friksi dengan bidang geser.
- α_t = koefisien sebagai fungsi dari y_1/x_1 .
- α_v = rasio kekakuan lengan kepala geser terhadap penampang pelat komposit di sekitarnya.
- β_1 = faktor tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen beban.
- β_c = rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau muka tumpuan.
- β_d = rasio dari beban mati aksial terfaktor maksimum terhadap beban aksial terfaktor maksimum, di mana beban yang ditinjau hanya beban gravitasi dalam menghitung P_c , atau rasio dari beban lateral terfaktor maksimum yang bekerja terhadap beban lateral total terfaktor pada tingkat yang ditinjau dalam perhitungan P_c .
- δ_b = faktor pembesar momen untuk rangka yang ditahan terhadap goyangan ke samping, untuk menggambarkan pengaruh kelengkungan komponen struktur di antara ujung-ujung komponen struktur tekan