

DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI	
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Umum	1
1.2. Jembatan Srandakan	2
1.3. Latar Belakang	2
1.4. Rumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Batasan Masalah	5
1.7. Metodologi Penulisan	5
1.8. Sistematika Penulisan	6
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1. Umum	7
2.2. Sejarah Beton Prategang	7
2.3. Definisi Beton Prategang	10
2.4. Material Beton Prategang	11
2.4.1. Beton	11
2.4.2. Baja	12
2.4.3. <i>Grouting</i>	14
2.5. Jenis Beton Prategang	14
2.5.1. Berdasarkan Pemberian Gaya Prategang pada Beton	14
2.5.2. Berdasarkan Ada Tidaknya Lekatan pada Beton	17
2.6. Tegangan pada Serat Balok	18
2.7. Tegangan Izin Beton Prategang	19
2.8. Lintasan Inti dan Tata Letak Tendon	19
2.9. Sudut Angkur	20
2.10. Kehilangan Gaya Prategang.....	21
2.11. Faktor Penyebab Kehilangan Gaya Prategang.....	22
2.11.1. Perpendekan Elastis Beton.....	22
2.11.2. Gesekan.....	23
2.11.3. Penggelinciran Angkur	24

2.11.4. Penyusutan Beton.....	25
2.11.5. Rangkak Beton.....	26
2.11.6. Relaksasi Tegangan pada Baja.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	28
3.1. Umum	28
3.2. Studi Literatur	29
3.3. Spesifikasi Beton	29
3.4. Spesifikasi Baja.....	31
3.5. Perhitungan Lebar Efektif.....	31
3.6. Analisa Penampang Girder	31
3.6.1. <i>Section Properties</i> Girder.....	31
3.6.2. <i>Section Properties</i> Balok Komposit.....	32
3.7. <i>Jacking Force</i>	32
BAB IV APLIKASI DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1. Umum	35
4.2. Data Perencanaan.....	35
4.3. Analisa Material.....	36
4.3.1. Beton	36
4.3.2. Baja	38
4.4. Penentuan Lebar Efektif Pelat Lantai	38
4.5. Analisa Penampang.....	39
4.5.1. Analisa Girder	39
4.5.2. Analisa Balok Komposit	41
4.6. Perhitungan Momen akibat Berat Sendiri Girder	43
4.7. Kasus 1	43
4.7.1. Kondisi Awal (Saat Transfer)	43
4.7.2. Kondisi Akhir.....	44
4.8. Konfigurasi Tendon	45
4.8.1. Konfigurasi Tendon di Tengah Bentang	45
4.8.2. Konfigurasi Tendon di Tumpuan.....	46
4.8.3. Posisi dan Eksentrisitas Masing-Masing Tendon	47
4.8.4. Sudut Angkur	48
4.8.5. Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel.....	48
4.9. Kehilangan Tegangan pada Kasus 1	50
4.9.1. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton... ..	50
4.9.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	50
4.9.3. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur	51
4.9.4. Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	51
4.9.5. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	52
4.9.6. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	52
4.9.7. Kehilangan Total.....	53
4.10. Perhitungan Tegangan Izin	54
4.10.1. Kondisi Awal	54
4.10.2. Kondisi Akhir.....	54
4.10.3. Kesimpulan	55
4.11. Kasus 2.....	55

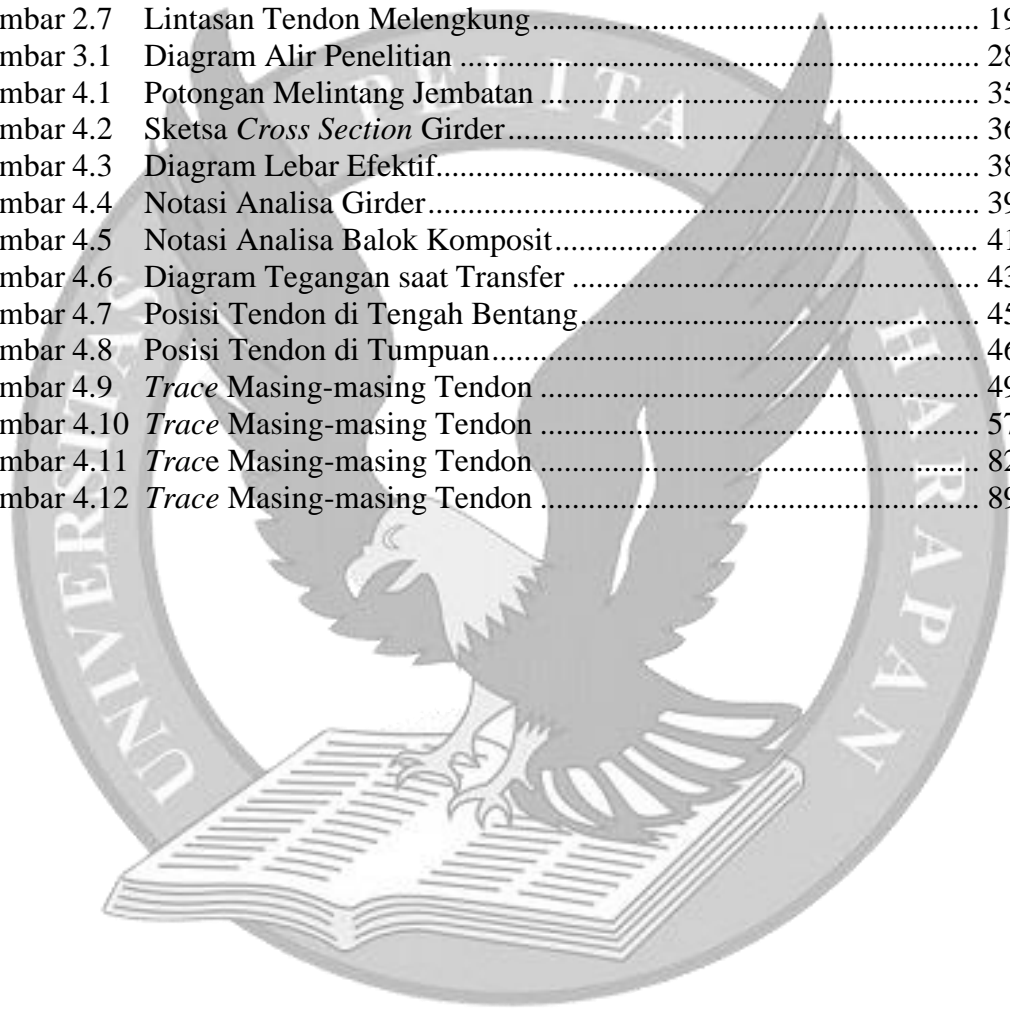
4.11.1.	Konfigurasi Tendon Sepanjang Bentang	55
4.11.2.	Posisi Masing-Masing Tendon.....	55
4.11.3.	Sudut Angkur	55
4.11.4.	Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel Lurus	56
4.12.	Kehilangan Tegangan pada Kasus 2	57
4.12.1.	Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton...	57
4.12.2.	Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	58
4.12.3.	Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	58
4.12.4.	Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	58
4.12.5.	Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	59
4.12.6.	Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	59
4.12.7.	Kehilangan Total.....	60
4.13.	Perhitungan Tegangan Izin	60
4.13.1.	Kondisi Awal	60
4.13.2.	Kondisi Akhir.....	61
4.13.3.	Kesimpulan	61
4.14.	Kasus 3.....	61
4.15.	Analisa Beton K-600	62
4.16.	Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i>	63
4.17.	Kehilangan Tegangan pada Kasus 3	64
4.17.1.	Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton...	64
4.17.2.	Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	64
4.17.3.	Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	65
4.17.4.	Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	65
4.17.5.	Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	66
4.17.6.	Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	66
4.17.7.	Kehilangan Total.....	67
4.18.	Perhitungan Tegangan Izin	68
4.18.1.	Kondisi Awal	68
4.18.2.	Kondisi Akhir.....	68
4.18.3.	Kesimpulan	69
4.19.	Kasus 4.....	69
4.19.1.	Konfigurasi Tendon Sepanjang Bentang	69
4.19.2.	Posisi Masing-masing Tendon.....	69
4.19.3.	Sudut Angkur	69
4.19.4.	Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel Lurus	69
4.20.	Kehilangan Tegangan pada Kasus 4.....	70
4.20.1.	Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton...	70
4.20.2.	Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	70
4.20.3.	Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	71
4.20.4.	Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	71
4.20.5.	Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	72
4.20.6.	Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	72
4.20.7.	Kehilangan Total.....	73
4.21.	Perhitungan Tegangan Izin	73
4.21.1.	Kondisi Awal	73
4.21.2.	Kondisi Akhir.....	74
4.21.3.	Kesimpulan	74

4.22. Kasus 5.....	74
4.23. Dimensi Girder Baru yang Akan Digunakan.....	74
4.24. Analisa Material.....	75
4.25. Analisa Girder.....	75
4.26. Perhitungan Momen Akibat Berat Sendiri Girder.....	76
4.27. Gaya Prategang Kasus 5.....	77
4.27.1. Kondisi Awal (Saat Transfer).....	77
4.27.2. Kondisi Akhir.....	78
4.28. Konfigurasi Tendon.....	78
4.28.1. Konfigurasi Tendon di Tengah Bentang.....	78
4.28.2. Konfigurasi Tendon di Tumpuan.....	79
4.28.3. Posisi dan Eksentrisitas Masing-masing Tendon.....	80
4.28.4. Sudut Angkur.....	80
4.28.5. Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel.....	81
4.29. Kehilangan Tegangan pada Kasus 5.....	82
4.29.1. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton... 82	
4.29.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	83
4.29.3. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	83
4.29.4. Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	83
4.29.5. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak.....	84
4.29.6. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	84
4.29.7. Kehilangan Total.....	85
4.30. Perhitungan Tegangan Izin.....	86
4.30.1. Kondisi Awal.....	86
4.30.2. Kondisi Akhir.....	86
4.30.3. Kesimpulan.....	87
4.31. Kasus 6.....	87
4.31.1. Konfigurasi Tendon Sepanjang Bentang.....	87
4.31.2. Posisi Masing-masing Tendon.....	87
4.31.3. Sudut Angkur.....	87
4.31.4. Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel Lurus.....	87
4.32. Kehilangan Tegangan pada Kasus 6.....	89
4.32.1. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton... 89	
4.32.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	90
4.32.3. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	90
4.32.4. Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	90
4.32.5. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak.....	91
4.32.6. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	91
4.32.7. Kehilangan Total.....	92
4.33. Perhitungan Tegangan Izin.....	92
4.33.1. Kondisi Awal.....	92
4.33.2. Kondisi Akhir.....	93
4.33.3. Kesimpulan.....	93
4.34. Kasus 7.....	94
4.35. Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i>	94
4.36. Kehilangan Tegangan pada Kasus 7.....	95
4.36.1. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton... 95	
4.36.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	95

4.36.3. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	96
4.36.4. Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	96
4.36.5. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	97
4.36.6. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	97
4.36.7. Kehilangan Total.....	98
4.37. Perhitungan Tegangan Izin	99
4.37.1. Kondisi Awal	99
4.37.2. Kondisi Akhir.....	99
4.37.3. Kesimpulan	100
4.38. Kasus 8.....	100
4.38.1. Konfigurasi Tendon Sepanjang Bentang	100
4.38.2. Posisi Masing-masing Tendon	100
4.38.3. Sudut Angkur	100
4.38.4. Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel Lurus	100
4.39. Kehilangan Tegangan pada Kasus 8.....	100
4.39.1. Kehilangan Tegangan Akibat Perpendekan Elastis Beton...101	
4.39.2. Kehilangan Tegangan Akibat Gesekan.....	101
4.39.3. Kehilangan Tegangan Akibat Slip Angkur.....	102
4.39.4. Kehilangan Tegangan Akibat Susut.....	102
4.39.5. Kehilangan Tegangan Akibat Rangkak	103
4.39.6. Kehilangan Tegangan Akibat Relaksasi Baja.....	103
4.39.7. Kehilangan Total.....	104
4.40. Perhitungan Tegangan Izin	104
4.40.1. Kondisi Awal	104
4.40.2. Kondisi Akhir.....	105
4.40.3. Kesimpulan	105
BAB V PENUTUP	106
5.1. Umum	106
5.2. Kesimpulan	106
5.3. Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN.....	110

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1 Jembatan Srandakan.....	2
Gambar 2.1 Struktur Beton Prategang Pertama.....	7
Gambar 2.2 Jembatan Walnut Lane.....	8
Gambar 2.3 Untaian Kawat <i>Strand</i> dan <i>Strand 7</i> Kawat.....	12
Gambar 2.4 Metode Pratarik.....	15
Gambar 2.5 Metode Pascatarik.....	17
Gambar 2.6 Diagram Tegangan pada Serat Balok.....	18
Gambar 2.7 Lintasan Tendon Melengkung.....	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Potongan Melintang Jembatan.....	35
Gambar 4.2 Sketsa <i>Cross Section</i> Girder.....	36
Gambar 4.3 Diagram Lebar Efektif.....	38
Gambar 4.4 Notasi Analisa Girder.....	39
Gambar 4.5 Notasi Analisa Balok Komposit.....	41
Gambar 4.6 Diagram Tegangan saat Transfer.....	43
Gambar 4.7 Posisi Tendon di Tengah Bentang.....	45
Gambar 4.8 Posisi Tendon di Tumpuan.....	46
Gambar 4.9 <i>Trace</i> Masing-masing Tendon.....	49
Gambar 4.10 <i>Trace</i> Masing-masing Tendon.....	57
Gambar 4.11 <i>Trace</i> Masing-masing Tendon.....	82
Gambar 4.12 <i>Trace</i> Masing-masing Tendon.....	89



DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 2.1	Diameter Tendon yang Digunakan	13
Tabel 2.2	<i>Strand</i> Derajat 1720 MPa dan 1860 MPa	13
Tabel 2.3	<i>Strand Grade</i> 250 dan <i>Grade</i> 270.....	14
Tabel 2.4	Penyebab Kehilangan Gaya Prategang pada Beton Pratarik dan Pascatarik	22
Tabel 2.5	Nilai Koefisien <i>Wobble</i> dan Gesekan	24
Tabel 2.6	Nilai K_{sh} Struktur Pascatarik	25
Tabel 2.7	Koefisien Relaksasi dan Faktor Waktu	27
Tabel 2.8	Nilai Faktor Relaksasi	27
Tabel 4.1	Dimensi Girder.....	36
Tabel 4.2	Spesifikasi Tendon.....	38
Tabel 4.3	Hasil Analisa Girder.....	40
Tabel 4.4	Hasil Analisa Balok Komposit.....	41
Tabel 4.5	Konfigurasi Tendon di Tengah Bentang	45
Tabel 4.6	Konfigurasi Tendon di Tumpuan.....	46
Tabel 4.7	Perhitungan Momen pada Tendon	46
Tabel 4.8	Posisi Tendon di Tumpuan	47
Tabel 4.9	Posisi Tendon di Tengah Bentang	47
Tabel 4.10	Sudut Angkur pada Tendon	48
Tabel 4.11	Tata Letak Tendon	49
Tabel 4.12	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	53
Tabel 4.13	Tata Letak Tendon Lurus.....	56
Tabel 4.14	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	60
Tabel 4.15	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	67
Tabel 4.16	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	73
Tabel 4.17	Dimensi Girder.....	75
Tabel 4.18	Hasil Analisa Girder.....	75
Tabel 4.19	Konfigurasi Tendon di Tengah Bentang	78
Tabel 4.20	Konfigurasi Tendon di Tumpuan.....	79
Tabel 4.21	Perhitungan Momen pada Tendon	79
Tabel 4.22	Posisi Tendon di Tumpuan	80
Tabel 4.23	Posisi Tendon di Tengah Bentang	80
Tabel 4.24	Sudut Angkur pada Tendon	80
Tabel 4.25	Tata Letak Tendon	81
Tabel 4.26	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	85
Tabel 4.27	Tata Letak Tendon Lurus.....	88
Tabel 4.28	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	92
Tabel 4.29	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	98
Tabel 4.30	Resume Kehilangan Gaya Prategang.....	104

DAFTAR LAMPIRAN

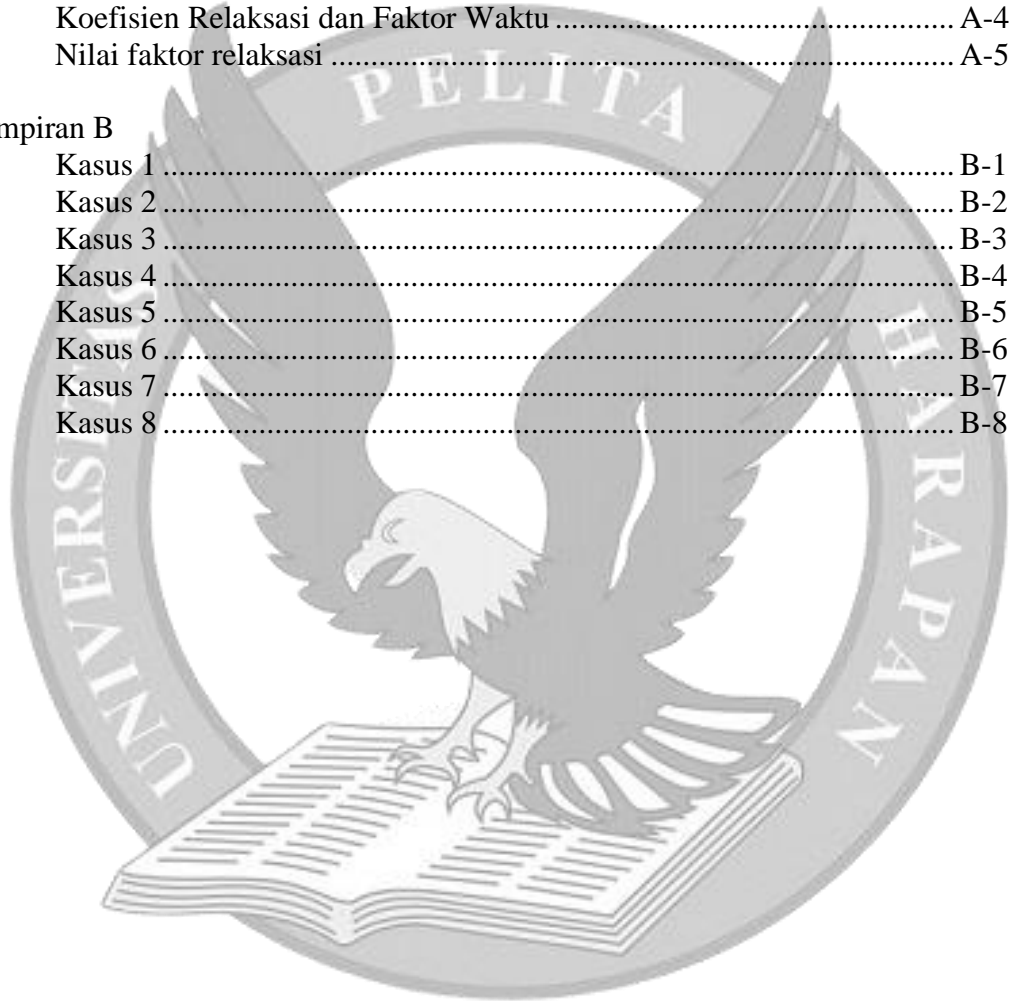
halaman

Lampiran A

Tipikal Baja Prategang	A-2
<i>Strand</i> derajat 1720 MPa dan 1860 MPa	A-2
<i>Strand Grade 250</i> dan <i>Grade 270</i>	A-3
Penyebab Kehilangan Gaya Prategang	A-3
Nilai Koefisien <i>Wobble</i> dan Koefisien Gesekan	A-4
Nilai Koefisien <i>Wobble</i> dan Koefisien Gesekan	A-4
Koefisien Relaksasi dan Faktor Waktu	A-4
Nilai faktor relaksasi	A-5

Lampiran B

Kasus 1	B-1
Kasus 2	B-2
Kasus 3	B-3
Kasus 4	B-4
Kasus 5	B-5
Kasus 6	B-6
Kasus 7	B-7
Kasus 8	B-8



DAFTAR NOTASI



α	sudut pada tendon
μ	koefisien gesekan/friksi
ε_c	regangan beton
ε_s	regangan baja
ε_{sh}	regangan susut efektif
σ_{bot}	tegangan bagian bawah balok
σ_{top}	tegangan bagian atas balok
Δf_{CR}	kehilangan tegangan akibat rangkai
Δf_{ES}	kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis beton
Δf_{re}	kehilangan tegangan akibat relaksasi baja prategang
Δf_s	kehilangan tegangan akibat deformasi elastis beton
Δf_{SH}	kehilangan tegangan akibat susut
ΔL	deformasi pada angkur
$\Delta \alpha$	besar penggelinciran
A	luas penampang balok prategang
A_c	luas penampang balok komposit
A_{st}	luas penampang nominal satu strand
ANC	kehilangan akibat slip angkur
B_{eff}	lebar efektif
C	faktor relaksasi
E_c	modulus elastisitas beton
e_i	eksentrisitas tendon ke-i
e_s	eksentrisitas
E_s	modulus elastisitas baja

f'_c	kuat tekan beton
f'_{ci}	kuat tekan beton pada saat transfer gaya prategang
f_{pi}	tegangan pada tendon
f_{pu}	kuat tarik strand
f_{py}	tegangan leleh strand
f_s	tegangan baja
F	gaya prategang
F_1	besarnya gaya prategang di titik 1
F_2	besarnya gaya prategang di titik 2
F_j	gaya prategang akibat jacking
h_0	tebal pelat lantai jembatan
I	momen inersia penampang
J	faktor waktu yang harganya tergantung pada jenis tendon
K	koefisien <i>wobble</i>
K_{cr}	koefisien rangkak
K_{re}	koefisien relaksasi yang harganya tergantung pada jenis tendon
K_{sh}	koefisien penyusutan terhadap waktu
L	panjang bentang
M	momen
n_s	jumlah strand yang dibutuhkan
n_t	jumlah tendon yang dibutuhkan
p	beban garis
P_{b1}	beban putus satu tendon
P_{bs}	beban putus satu strand
P_u	beban putus (<i>ultimate tensile strength</i>)

Q	beban hidup
RH	kelembaban udara relatif
s	jarak antar girder
S	luas permukaan beton
$S_{rata-rata}$	nilai rata-rata slip ankur, yaitu 2,5 mm
V	gaya geser
V_w	kecepatan angin rencana
w_c	berat jenis beton prategang
W_a	tahanan momen bagian atas balok
W_b	tahanan momen bagian bawah balok
x	jarak horizontal dari tumpuan (m)
y	jarak dari alas balok girder
y_b	jarak titik berat dari alas balok
y_d	jumlah vertikal antara as ke as tendon
$z_{i,0}$	posisi tendon ke-i pada tumpuan
$z_{i,x}$	posisi tendon ke-i pada jarak x meter dari tumpuan

