

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan .....	i
Kata Pengantar .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Abstrak .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<i>Abstract</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Lembar Pernyataan Keaslian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	<b>Error! Bookmark not defined.i</b>
Daftar Tabel .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Daftar Lampiran .....	<b>Error! Bookmark not defined.v</b>
Daftar Notasi .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Identifikasi Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. Batasan Masalah.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4. Rumusan Masalah .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5. Tujuan Penelitian.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA</b>	
2.1. <i>Precast Segmental Box Girder</i> .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. Material Beton Prategang.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2.1. Beton .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

- 2.2.2. Baja Prategang .....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.2.3. *Grouting* .....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.2.4. Selongsong (*Duct*).....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.3. Prinsip Beton Prategang .....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.4. Kehilangan Gaya Prategang .....**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.1. Kehilangan Prategang Akibat Gesekan Tendon ...**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.2. Kehilangan Prategang Akibat Slip Angkur.... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.3. Kehilangan Prategang Akibat Perpendekan Elastis Beton..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.4. Kehilangan Prategang Akibat Rangkak ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.5. Kehilangan Prategang Akibat Susut pada Beton ..**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.4.6. Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja **Error! Bookmark not defined.**
- 2.5. Pembebanan pada Jembatan.....**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.1. Berat Sendiri (MS) .....**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.2. Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA) ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.3. Beban Lajur “D” (TD) .....**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.5.4. Pembebanan untuk Pejalan Kaki (TP) ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 2.6. *Preliminary Design Box Girder* .....**Error! Bookmark not defined.**
- 2.7. Kekuatan Struktur Jembatan.....**Error! Bookmark not defined.**
  - 2.7.1. Kapasitas Lentur pada Komponen Struktur Prategang ..... 20
  - 2.7.2. Kapasitas Geser pada Komponen Struktur Prategang ..... **Error! Bookmark not defined.**

- 2.8. *Shear key pada Segmental Box Girder*.. **Error! Bookmark not defined.**3
- 2.8.1. Pengertian *Shear Key* ..... **Error! Bookmark not defined.**3
- 2.8.2. Kegagalan pada *Shear Key*..... **Error! Bookmark not defined.**4
- 2.8.3. Penyaluran Gaya Geser pada *Web Box Girder* dan *Shear Key* **Error! Bookmark not defined.**6
- 2.8.4. Desain Dimensi *Shear Key* ..... **Error! Bookmark not defined.**8
- 2.8.5. Kapasitas Geser pada *Shear Key*..... **Error! Bookmark not defined.**

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

- 3.1. Data Perencanaan Jembatan ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.2. *Box Girder* ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.2.1. Data *Box Girder* ..... **Error! Bookmark not defined.**
  - 3.2.2. Dimensi *Box Girder* ..... **Error! Bookmark not defined.**3
- 3.3. Struktur Sekunder Jembatan..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.4. Data *Strand Cable* ..... **Error! Bookmark not defined.**
- 3.5. Data Angkur ..... **Error! Bookmark not defined.**4
- 3.6. Diagram Alir..... **Error! Bookmark not defined.**5

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

- 4.1. Perhitungan Struktur Atas Jembatan ..... 36
  - 4.1.1. Tegangan Ijin Bahan ..... **Error! Bookmark not defined.**6
    - 4.1.1.1 Beton..... **Error! Bookmark not defined.**6
    - 4.1.1.2 Tendon Prategang ..... **Error! Bookmark not defined.**7
  - 4.1.2. Analisa Penampang *Box Girder*..... **Error! Bookmark not defined.**7
  - 4.1.3. Eksentrisitas Tendon ..... **Error! Bookmark not defined.**9
  - 4.1.4. Analisa Pembebanan ..... **Error! Bookmark not defined.**2
  - 4.1.5. Pembebanan Kondisi Transfer dan Kondisi Servis..... **Error! Bookmark not defined.**3
  - 4.1.6. Perhitungan Jumlah Tendon Prategang..... **Error! Bookmark not defined.**5

4.1.6.1 Perhitungan Momen saat Kondisi Transfer dan Kondisi Servis....	45
4.1.6.2 Kebutuhan Tendon.....	46
4.1.6.3 Perhitungan Tegangan Kondisi Servis.....	47
4.1.6.4 Kehilangan Gaya Prategang.....	48
4.1.7. Pengecekan Kekuatan <i>Box Girder</i> .....	58
4.1.7.1 Kontrol Terhadap Momen Batas.....	59
4.1.7.2 Kontrol Terhadap Geser Batas.....	61
4.2. Perencanaan <i>Shear Key</i> pada Segmen <i>Box Girder</i> <b>Error! Bookmark not defined.3</b>	
4.2.1. <i>Single Shear Key</i> dan <i>Multiple Shear Key</i> Sambungan Kering <b>Error! Bookmark not defined.7</b>	
4.2.2. <i>Flat Key</i> Sambungan Basah .....	70
4.3. Metode Pelaksanaan <i>Span by Span</i> dengan <i>Launching Gantry</i> .....	71

## **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....	<b>Error! Bookmark not defined.3</b>
5.2. Saran.....	<b>Error! Bookmark not defined.3</b>

**DAFTAR ACUAN.....Error! Bookmark not defined.4**

**DAFTAR BACAAN.....Error! Bookmark not defined.6**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Distribusi Tegangan Serat Beton pada Balok .....	7
Gambar 2.2	Ilustrasi Kehilangan Gaya Prategang .....	9
Gambar 2.3	Gaya Prategang Bekerja pada Tendon Lengkung .....	10
Gambar 2.4	Diagram Gaya Prategang di Sekitar Angkur Hidup.....	12
Gambar 2.5	Beban Lajur “D”.....	17
Gambar 2.6	Transisi Faktor Reduksi dari Tekan ke Tarik.....	20
Gambar 2.7	Bentuk Sambungan Geser .....	23
Gambar 2.8	Bentuk-Bentuk <i>Shear Key</i> .....	24
Gambar 2.9	Pola Keretakan pada <i>Male-Female Shear Key</i> .....	25
Gambar 2.10	Kegagalan Slip pada <i>Male-Female Shear Key</i> .....	25
Gambar 2.11	Aliran Gaya Geser pada <i>Box Girder</i> .....	26
Gambar 2.12	Distribusi Gaya Geser ke <i>Multiple Shear Key</i> .....	27
Gambar 2.13	Detail <i>Shear Key</i> .....	28
Gambar 2.14	Desain <i>Multiple Shear Key</i> .....	31
Gambar 3.1	Desain Penampang <i>Box Girder</i> .....	33
Gambar 3.2	Dimesi Struktur Sekuder Jembatan .....	33
Gambar 4.1	Penampang <i>Box Girder</i> .....	38
Gambar 4.2	Pembagian Penampang <i>Box Girder</i> .....	38
Gambar 4.3	Segmen <i>Box Girder</i> di Ujung Bentang .....	40
Gambar 4.4	Segmen <i>Box Girder</i> di Tengah Bentang .....	40
Gambar 4.5	Detail <i>Box Girder</i> dan Beban Tambahan .....	42
Gambar 4.6	Pembebanan Jembatan Akibat Berat Sendiri .....	43

Gambar 4.7 Pembebanan Jembatan Akibat Berat Sendiri dan Beban Mati	
Tambahan .....	44
Gambar 4.8 Pembebanan Jembatan Akibat Beban Hidup .....	44
Gambar 4.9 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Gesekan .....	56
Gambar 4.10 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Slip Angkur .....	57
Gambar 4.11 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Perpendekan Elastis.....	57
Gambar 4.12 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Rangkak.....	57
Gambar 4.13 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Susut .....	58
Gambar 4.14 Grafik Kehilangan Prategang Akibat Relaksasi Baja .....	58
Gambar 4.15 Gaya Geser pada <i>Web Box Girder</i> .....	64
Gambar 4.16 <i>Shear Key</i> pada Penampang <i>Box Girder</i> .....	64
Gambar 4.17 Detail <i>Single Shear Key</i> .....	65
Gambar 4.18 Detail <i>Multiple Shear Key</i> .....	65
Gambar 4.19 Grafik Pengaruh Sudut Terhadap $V_n$ <i>Single Shear Key</i> Sambungan	
Kering .....	68
Gambar 4.20 Grafik Pengaruh Sudut Terhadap $V_n$ <i>Multiple Shear Key</i>	
Sambungan Kering .....	68
Gambar 4.21 Grafik Pengaruh Tinggi Terhadap $V_n$ <i>Single Shear Key</i> Sambungan	
Kering .....	69
Gambar 4.22 Grafik Pengaruh Tinggi Terhadap $V_n$ <i>Multiple Shear Key</i>	
Sambungan Kering .....	69
Gambar 4.23 Instalasi <i>Launching Gantry</i> .....	71
Gambar 4.24 Pengangkatan Segmen <i>Box Girder</i> .....	71
Gambar 4.25 Penempatan Posisi <i>Box Girder</i> .....	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Untaian Tujuh Kawat .....	6
Tabel 2.2	Koefisien Gesek Kelengkungan dan <i>Wobble</i> .....	11
Tabel 2.3	Faktor Beban untuk Berat Sendiri.....	16
Tabel 2.4	Faktor Beban untuk Berat Mati Tambahan.....	17
Tabel 2.5	Faktor Beban untuk Beban Lajur “D” .....	18
Tabel 4.1	Luas Penampang dan Inersia Total <i>Box Girder</i> .....	38
Tabel 4.2	Posisi Tendon Sepanjang Bentang Jembatan.....	40
Tabel 4.3	Momen Jembatan pada Kondisi Transfer dan Servis.....	45
Tabel 4.4	Persentasi Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis.....	52
Tabel 4.5	Kehilangan Gaya Prategang Kondisi Transfer.....	53
Tabel 4.6	Kehilangan Gaya Prategang Kondisi Servis .....	55
Tabel 4.7	Kehilangan Gaya Prategang Total Sepanjang Bentang .....	56
Tabel 4.8	Sudut Pengangkuran Tendon .....	61
Tabel 4.9	Gaya Geser Ultimit Akibat Beban Luar.....	63
Tabel 4.10	Gaya Tekan pada Sambungan.....	66
Tabel 4.11	Tegangan Tekan pada Sambungan .....	66
Tabel 4.12	Kapasitas Geser <i>Single Shear Key</i> Sambungan Kering .....	67
Tabel 4.13	Kapasitas Geser <i>Multiple Shear Key</i> Sambungan Kering.....	67

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- L.1 Spesifikasi Angkur VSL
- L.2 Spesifikasi Tendon VSL



## DAFTAR NOTASI

$\alpha$	sudut kelengkungan tendon (rad)
$\varepsilon_{sh}$	regangan susut dalam beton
$\theta$	sudut kemiringan <i>web box girder</i> ( $^{\circ}$ )
$\mu$	koefisien gesek kelengkungan
$\sigma_n$	tegangan tekan sambungan (MPa)
$\tau$	tegangan geser pada <i>web box girder</i> (MPa)
$\Delta F_{pA}$	kehilangan gaya prategang akibat friksi (N)
$\Delta F_{pCR}$	kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton (N)
$\Delta F_{pES}$	kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis (N)
$\Delta f_{pR}$	kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja (N)
$\Delta f_{pSH}$	kehilangan gaya prategang akibat susut (N)
$A_c$	luas penampang ( $\text{mm}^2$ )
$A_j$	luas permukaan semua <i>shear key</i> ( $\text{mm}^2$ )
$A_{joint}$	luas daerah tekan ( $\text{mm}^2$ )
$A_k$	luas permukaan semua <i>shear key</i> ( $\text{mm}^2$ )
$A_{key}$	luas permukaan semua <i>key</i> pada daerah yang gagal ( $\text{mm}^2$ )
$A_p$	luas tendon ( $\text{mm}^2$ )
$A_{sm}$	luas permukaan yang bukan <i>shear key</i> ( $\text{mm}^2$ )
$b_w$	lebar badan (mm)
$c$	titik berat penampang (mm)
$d_p$	jarak dari serat tekan terjauh ke pusat baja prategang (mm)
$e$	eksentrisitas tendon (mm)
$E_p$	modulus elastisitas tendon (MPa)
$F$	tekanan (MPa)
$F_0$	gaya prategang awal (N)
$F_{0\eta}$	kehilangan gaya prategang akibat friksi per satuan panjang (N/mm)
$f_b$	tegangan di serat bawah (MPa)

$f_{cds}$	tegangan beton pada titik berat tendon akibat beban mati tambahan (MPa)
$f_{ck}$	kuat tekan karakteristik beton (MPa)
$f_{cs}$	tegangan beton pada titik berat tendon akibat berat sendiri <i>box girder</i> (MPa)
$f_{pc}$	tegangan tekan beton setelah semua kehilangan prategang terjadi di titik berat penampang (MPa)
$F_{pF}$	gaya prategang setelah kehilangan akibat gesekan tendon (N)
$f_{pi}$	tegangan tarik tendon sesaat setelah transfer gaya (MPa)
$f_{ps}$	tegangan dalam baja prategang saat kuat lentur nominal (MPa)
$f_{pu}$	kekuatan tarik baja prategang yang disyaratkan (MPa)
$f_{py}$	kuat leleh baja prategang (MPa)
$f_t$	tegangan di serat atas (MPa)
$h_f$	tebal flens (mm)
$I_g$	momen inersia bruto penampang (mm <sup>4</sup> )
$k$	koefisien <i>wobble</i>
$K_{CR}$	1.60 untuk komponen struktur pasca-tarik
$L$	panjang bentang (mm)
$L_{set}$	panjang bentang yang dipengaruhi oleh slip ankur (mm)
$M$	momen akibat beban transversal pada balok (Nmm)
$m$	perbandingan nilai modulus elastisitas baja prategang dengan modulus elastisitas beton
$P$	gaya (N)
$Q$	statis momen terhadap garis netral (mm <sup>3</sup> )
$t$	umur pembebanan (hari)
$V$	gaya geser pada permukaan <i>box girder</i> (N)
$V_{cw}$	kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton bila retak diagonal yang dihasilkan dari tegangan tarik utama yang tinggi dalam badan (N)
$V_n$	gaya geser nominal pada <i>shear key</i> (N)

$V_p$	komponen vertikal gaya prategang efektif penampang (N)
$V_u$	gaya geser ultimit (N)
$V_{web}$	gaya geser pada web box girder (N)