

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN  
MONDU II MENGGUNAKAN BOX GIRDER PRATEGANG  
KABUPATEN SUMBA TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR**

*Dlsusun dan Dajukan Untuk Memnuhi Persyaratan Gelar  
Sarjana (S-1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang*



**DI SUSUN OLEH:  
KRAISANTUS MORUK  
18.21.063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2023**



**TUGAS AKHIR**

**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN  
MONDU II MENGGUNAKAN BOX GIRDER PRATEGANG,  
KABUPATEN SUMBA TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR**

*Disusun dan Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Gelar  
Sarjana (S-1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang*



**DI SUSUN OLEH:**

**KRAISANTUS MORUK**

**18.21.063**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2023**



**LEMBAR PERSETUJUAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MONDU II**  
**MENGGUNAKAN BOX GIRDER PRATEGANG, KABUPATEN SUMBA**  
**TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR**

Disusun Oleh:

**KRAISANTUS MORUK**

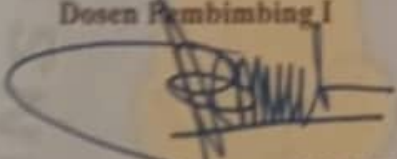
18.21.063

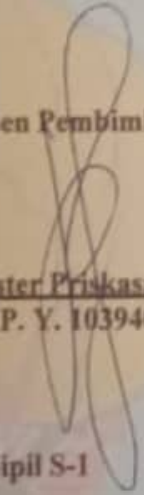
*Disusun dan Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Gelar  
Sarjana (S-I) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang*

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I


Dosen Pembimbing II

  
**Ir. Bambang Wedyantadij, MT.**  
NIP. Y. 1018500093

  
**Ir. Ester Priskasari, MT.**  
NIP. Y. 1039400265

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

  
**Dr. Yosimon P. Manaha, ST., MT.**  
NIP. P. 1030300383

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2023



**LEMBAR PENGESAHAN****TUGAS AKHIR****STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MONDU II  
MENGUNAKAN BOX GIRDER PRATEGANG, KABUPATEN SUMBA  
TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR**

*Tugas Akhir ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen*

*Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 15 Februari 2023*

*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh*

*Gelar Sarjana (S-1) Teknik Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang*

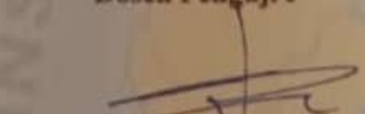
Disusun oleh:

**KRAISANTUS MORUK**

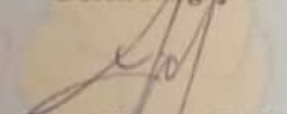
18.21.063

Anggota Penguji

Dosen Penguji I


  
**Mohammad Erfan, S.T., MT.**  
NIP. P. 1031300508

Dosen Penguji II

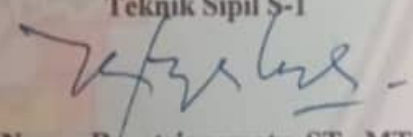
  
**Vega Aditama, ST., MT.**  
NIP. P. 1031900559

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil S-1

  
**Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT.**  
NIP. P. 1030300383

Sekretaris Program Studi  
Teknik Sipil S-1

  
**Nenny Roostrianawaty, ST., MT.**  
NIP. P. 1031700533

**PROGRAM TEKNIK SIPIL S-1**

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2023**



## LEMBAR KEASLIHAN

### PERYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kraisantus Moruk

NIM : 18.21.063

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MONDU II  
MENGUNAKAN *BOX GIRDER PRATEGANG*, KABUPATEN SUMBA  
TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR”**

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku ( UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 Ayat 2 dan Pasal 70 ).

Malang, 2023

Yang i

   
Kraisantus Moruk

18.21.063



## ABSTRAK

### **“STUDI PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MONDU II MENGUNAKAN BOX GIRDER PRATEGANG, KABUPATEN SUMBA TIMUR – NUSA TENGGARA TIMUR”**

Oleh : Kraisantus Moruk (Nim :1821063), Dosen Pembimbing I : Ir. Bambang Wedyantadji, MT . Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT . Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

---

Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini dapat berupa jalan lain (jalan air atau jalan lalu lintas biasa). Jembatan Mondu II Penghubung Waingapu-Mondu merupakan jembatan yang sudah lama dibangun pada tahun 1991 dan belum ada perbaikan dari mulai dibangun sampai sekarang. Jembatan dengan Panjang total 123 meter dan lebar lantai kendaraan 4,5 meter itu terbagi atas dua bentang. Bentang pertama dan bentang kedua memiliki panjang yang sama yaitu 61,5 meter. Penyusun hendak merencanakan ulang jembatan Mondu II menggunakan alternatif beton prategang berpenampang Box Girder sebagai alternatif yang mungkin bisa digunakan pada perencanaan jembatan Mondu II.

Analisa statika menggunakan statis tertentu dan metode pelaksanaan secara segmental untuk mendapatkan section properties dari penampang box girder. Peraturan yang penyusun gunakan dalam perhitungan adalah SNI 1725-2016, SNI 2847-2019 dan sistem pemberian tegangannya secara Pasca Tarik (Post-Tension). Materi pembahasan meliputi perencanaan tata letak tendon, kehilangan gaya prategang, kontrol tegangan dan lendutan, penulangan box girder-geser, dan end block. Kabel prategang yang digunakan adalah tendon VSL type GC Grade 270, berdasarkan prEN 10138-3 (2006) type Y1860S7 dengan tipe 6-37 unit.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan box girder prategang ialah, digunakan 30 segmental untuk satu bentang yang terbagi menjadi 3 jenis segmen yaitu segmen tumpuan, segmen deviator, dan segmen standar. Menggunakan 12 buah tendon VSL tipe GC dengan 37 strand tiap tendon. Adapun total kehilangan prategang yang terjadi sebesar 11,725 % dan tidak terjadi tegangan tarik.

**Kata Kunci :** Box Girder Prategang, Metode Span-by-Span, Tendon VSL



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas penyertaan-Nya yang telah memberikan kelancaran menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Mondu II Menggunakan Box Girder Prategang, Kabupaten Sumba Timur – Nusa Tenggara Timur “ ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari beberapa pihak.

Pada kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Awan Uji Krismanto, ST., MT., Ph.D.** selaku Rektor ITN Malang.
2. **Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang
3. **Dr. Yosimson P Manaha, ST., MT.** selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITN Malang.
4. **Ir. Bambang Wedyantadji, MT.** Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. **Ir. Ester Priskasari, MT.** Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Ibu Dosen ITN Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuan guna menunjang penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang terlibat dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini masih memiliki banyak kekurangan, untuk itu penyusun mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penyusun mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan penyusun berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Malang,        2022



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR KEASLIHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>xxii</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>xxii</b>
1.1. Latar Belakang .....	xxii
1.2. Identifikasi Masalah .....	xxiii
1.3. Rumusan Masalah .....	xxiii
1.4. Maksud dan Tujuan .....	xxiii
1.5. Manfaat.....	xxiv
1.6. Batasan Masalah.....	xxiv
<b>BAB II .....</b>	<b>xxv</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>xxv</b>
2.1. Studi Terdahulu .....	xxv
2.3. Macam-Macam Pembebanan .....	xxx
2.3.1. Beban Mati .....	xxxi
2.3.2. Beban Hidup .....	xxxii
2.3.3. Beban Sekunder .....	xxxiv



2.3.4.	Penetapan Kelas Jembatan .....	xxxv
2.4.	Beton Prategang ( Prestressed Concrete ) .....	xxxvi
2.4.1.	Sifat- Sifat Dasar Dari Beton Prategang .....	xxxvi
2.4.2.	Sistem Pemberian Tegangan.....	xxxviii
2.4.3.	Material Yang Digunakan Dalam Konstruksi.....	xl
2.5.	Tegangan Pada Beton Prategang .....	xliii
2.5.1.	Tegangan Ijin Beton.....	xliii
2.5.2.	Tegangan Ijin Baja Prategang (Tendon).....	xliv
2.6.	Perhitungan Prategang.....	xliv
2.6.1.	Analisa Penampang Balok Prategang .....	xliv
2.6.2.	Gaya Prategang .....	xliv
2.6.3.	Perhitungan Jumlah Tendon.....	xliv
2.6.4.	Penentuan Letak & Batas Aman Tendon .....	xlvi
2.6.5.	Posisi Tendon .....	xlvi
2.6.6.	Penentuan Jarak Eksentrisitas .....	xlvi
2.7.	Pengontrolan Prategang.....	xlvi
2.7.1.	Kehilangan Gaya Prategang.....	xlvi
2.7.2.	Kontrol Gaya Tegangan pada Penampang Segmen Standart .....	lii
2.7.3.	Kontrol Lendutan Pada Beton Prategang.....	lv
2.7.3.	Kontrol Geser Pada Beton Prategang.....	lviii
2.8.	Blok Ujung (End Block).....	lx
2.8.1.	Perhitungan Tulangan Akibat Momen Pecah Ledak .....	lxi
2.8.2.	Perhitungan Penulangan Anyaman (Pecah Gumpal) .....	lxii
2.9.	Metode Pelaksanaan.....	lxiv
2.9.1.	Proses pengecoran.....	lxiv
2.9.2.	Pemilihan Metode .....	lxiv



<b>BAB III.....</b>	<b>lxvi</b>
<b>METODOLOGI PERENCANAAN .....</b>	<b>lxvi</b>
3.1. Data Existing .....	lxvi
3.2. Data Perencanaan Struktur .....	lxvii
3.3. Data-data Bahan .....	lxviii
3.4. Preliminari Desain Box Girder.....	lxix
3.5. Bagan Alir .....	lxx
<b>BAB IV.....</b>	<b>lxxii</b>
<b>PEMBAHASAN .....</b>	<b>lxxii</b>
4.1. Dimensi Penampang Gelagar .....	lxxii
4.1. Analisa Penampang Box Girder.....	lxxiii
4.1.1. Segmen Tumpuan.....	lxxiii
4.1.2. Segmen Standar.....	lxxvii
4.1.3. Segmen Deviator.....	lxxx
4.2. Pembebanan Struktur Utama.....	lxxxvi
4.2.1. Data Perencanaan .....	lxxxvi
4.2.2. Perhitungan Pembebanan .....	lxxxvii
4.3. Material Beton Prategang.....	136
4.3.1. Tegangan Izin Beton .....	136
4.3.2. Tegangan Izin Baja Prategang .....	137
4.4. Gaya Prategang Tendon .....	139
4.4.1. Desain Pendahuluan .....	139
4.4.2. Jumlah Tendon .....	140
4.4.3. Daerah Aman Tendon .....	141
4.4.4. Perhitungan koordinat tendon .....	149
4.5. Kontrol Keamanan .....	158



4.5.1.	Kehilangan Gaya Prategang.....	158
4.5.2.	Tegangan pada Box Girder .....	164
4.6.3.	Kontrol Lendutan Pada Box Girder .....	196
4.7.	Penulangan Lentur.....	204
4.7.1.	Pembebanan penampang.....	204
4.7.2.	Penulangan Plat Atas.....	209
4.7.3.	Penulangan Plat Bawah.....	221
4.7.4.	Penulangan Web.....	233
4.8.	Perhitungan Geser pada Box Girder.....	257
4.9.	Balok Ujung ( End Blok ).....	266
4.9.1.	Daerah Pecah Ledak (Busting Steel).....	267
4.9.2.	Penulangan Daerah Pecah Ledak (Busting Steel ).....	270
4.9.3.	Perhitungan Daerah Pecah Gumpal / Anyaman.....	272
<b>BAB V</b>	.....	<b>276</b>
<b>PENUTUP</b>	.....	<b>276</b>
5.1.	Kesimpulan.....	276
5.2.	Saran .....	277
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>278</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>279</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe Penampang Box Girder.....	xxix
Gambar 2. 2 Pemerataan Beban Lajur “D” .....	xxxii
Gambar 2. 3 Pembebanan Truk “T” (500 kN) .....	xxxiii
Gambar 2. 4 Faktor Beban Dinamis Untuk Beban T & D .....	xxxiv
Gambar 2. 5 Tegangan Yang Terjadi Pada Beton Prategang.....	xxxvii
Gambar 2. 6 Gaya Pada Beton Bertulang Dan Beton Prategang .....	xxxvii
Gambar 2. 7 Distribusi Beban Pada Beton Prategang.....	xxxviii
Gambar 2. 8 Konsep Pratarik .....	xxxix
Gambar 2. 9 Konsep Pasca Tarik.....	xl
Gambar 2. 10 Jenis-Jenis Baja Yang Dipakai Untuk Beton Prategang .....	xli
Gambar 2. 11 Tendon Tipe Gc.....	xli
Gambar 2. 12 Detail Ducts.....	xliii
Gambar 2. 13 Letak Titik Berat Penampang.....	xliv
Gambar 2. 14 Sketsa Batas $a_1$ , $a_2$ , $a_3$ dan $a_4$ .....	xlvi
Gambar 2. 15 Bentuk Tendon Trapesoidal (Eksternal Tendon) .....	xlvi
Gambar 2. 16 Koefisien gesek kelengkungan dan wobble .....	xlx
Gambar 2. 17 Distribusi Tegangan Kondisi Awal .....	lii
Gambar 2. 18 Distribusi Tegangan Kondisi Setelah Kehilangan Gaya .....	liii
Gambar 2. 19 Distribusi Tegangan Kondisi Setelah Beban Hidup Bekerja .....	liv
Gambar 2. 20 Gaya Prategang Terdistribusi Secara Merata kearah Atas .....	lv
Gambar 2. 21 Gaya Prategang Terdistribusi Secara Merata kearah Atas Setelah Diuraikan.....	lv
Gambar 2. 22 Pembebanan akibat Beban Mati Terbagi Rata .....	lvi
Gambar 2. 23 Pembebanan Balok akibat Beban Lajur D .....	lvi
Gambar 2. 24 Pembebanan Akibat Beban Pejalan Kaki.....	lvii
Gambar 2. 25 Pembebanan Akibat Gaya Rem.....	lvii
Gambar 2. 26 Pembebanan Balok akibat Beban Angin.....	lvii
Gambar 2. 27 Distribusi Tegangan Pada Balok Ujung.....	lx
Gambar 2. 28 Diagram Tegangan Blok Ujung pada Penampang Segmen Tumpuan .....	lxi
Gambar 2. 29 Penulangan Pecah Ledak.....	lxii



Gambar 2. 30 Pot. Melintang Penulangan Pecah Gumpal pada Penampang Segmen Tumpuan.....	lxii
Gambar 2. 31 Pot. Memanjang Penulangan Pecah Gumpal pada Penampang Segmen Tumpuan.....	lxiii
Gambar 2. 32 Metode <i>Span by span</i> dengan <i>Launching Gantrty</i> .....	lxv
Gambar 2. 33 Pelaksanaan Metode <i>Span by span</i> dengan <i>Launching Gantrty</i> Pada Jembatan Mondu II.....	lxv
Gambar 3. 1 Existing Tampak Memanjang Jembatan .....	lxvi
Gambar 3. 2 Perencanaan Tampak Memanjang Jembatan .....	lxvii
Gambar 3. 3 Potongan Melintang Jembatan .....	lxviii
Gambar 3. 4 Contoh External Tendon Pada Box Girder .....	lxix
Gambar 3. 5 Diagram Alir Perencanaan Struktur Atas Jembatan Mondu II ....	lxxi
Gambar 4. 1 Gambar Rencana .....	lxxii
Gambar 4. 2 Desain Pembagian Segmen Box Girder Pada Setengah Bentang Jembatan.....	lxxii
Gambar 4. 3 Potongan Memanjang Dimensi Box Girder Segmen Tumpuan..	lxxiii
Gambar 4. 4 Potongan Melintang Dimensi Box Girder pada Segmen Tumpuan .....	lxxiii
Gambar 4. 5 Section Box Girder pada Ujung Segmen Tumpuan.....	lxxiv
Gambar 4. 6 Garis Netral pada Segmen Tumpuan .....	lxxvii
Gambar 4. 7 Dimensi Box Girder Segmen Lapangan.....	lxxvii
Gambar 4. 8 Section Box Girder Segmen Lapangan .....	lxxviii
Gambar 4. 9 Garis Netral pada Segmen Standar.....	lxxx
Gambar 4. 10 Potongan Memanjang Dimensi Box Girder Segmen Deviator pada .....	lxxx
Gambar 4. 11 Dimensi Box Girder pada Segmen Deviator dengan Panjang tinjauan 0,40 meter.....	lxxx
Gambar 4. 12 Dimensi Box Girder pada Segmen Deviator tanpa Deviatornya dengan Panjang tinjauan 1 meter .....	lxxx
Gambar 4. 13 Section Box Girder pada Segmen Deviator .....	lxxxii
Gambar 4. 14 Section Box Girder pada Segmen Deviator tanpa Deviatornya.....	lxxxii
Gambar 4. 15 Garis Netral pada Segmen Deviator.....	lxxxv



Gambar 4. 16	Garis Netral pada Segmen Deviator tanpa Deviatornya .....	lxxxv
Gambar 4. 17	Potongan Memanjang Garis Netral Setengah Bentang Jembatan .....	lxxxv
Gambar 4. 18	Potongan Melintang Box Girder .....	lxxxvi
Gambar 4. 19	Pembebanan Akibat Berat Sendiri .....	lxxxvii
Gambar 4. 20	Diagram Momen dan Diagram Gaya Geser pada Berat Sendiri	xciii
Gambar 4. 21	Potongan Memanjang Pembebanan Akibat Beban Mati Tambahan .....	xciv
Gambar 4. 22	Diagram Momen dan Diagram Gaya Geser pada Beban Mati Tambahan .....	xcvii
Gambar 4. 23	Potongan Melintang Box Girder Untuk Lajur Lalu Lintas .....	xcviii
Gambar 4. 24	Beban Lajur “D” .....	xcviii
Gambar 4. 25	Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur D .....	xcix
Gambar 4. 26	Potongan Melintang Box Girder Untuk Lebar Trotoar .....	cxii
Gambar 4. 27	Pembebanan Akibat Beban Pejalan Kaki .....	cxii
Gambar 4. 28	Diagram Momen dan Diagram Gaya Geser Akibat Beban Pejalan Kaki .....	cxv
Gambar 4. 29	Pengaruh Gaya Rem pada Box Girder .....	cxvi
Gambar 4. 30	Potongan Melintang Beban Angin pada Struktur .....	cxviii
Gambar 4. 31	Beban Angin pada Struktur .....	cxix
Gambar 4. 32	Beban Angin pada Kendaraan .....	cxxii
Gambar 4. 33	Gaya Angin pada Kendaraan .....	cxxii
Gambar 4. 34	Daerah Aman Tendon .....	147
Gambar 4. 35	Tata Letak Tendon .....	148
Gambar 4. 36	Letak Tendon di Setiap Segmen .....	148
Gambar 4. 37	Tendon trapesium .....	149
Gambar 4. 38	Tendon Baris I .....	149
Gambar 4. 39	Koordinat Tendon Baris I .....	151
Gambar 4. 40	Tendon Baris II .....	151
Gambar 4. 41	Koordinat Tendon Baris II .....	153
Gambar 4. 42	Tendon Baris III .....	153



Gambar 4. 43 Koordinat Tendon Baris III.....	155
Gambar 4. 44 Kondisi Awal Sebelum Kehilangan Gaya Prategang.....	165
Gambar 4. 45 Kondisi Setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	173
Gambar 4. 46 Kondisi Akhir Setelah Setelah Semua Beban Bekerja.....	181
Gambar 4. 47 Kondisi Saat Pengangkatan.....	189
Gambar 4. 48 Lendutan akibat gaya prategang.....	197
Gambar 4. 49 Bidang Momen pada Berat Sendiri .....	198
Gambar 4. 50 Luas Bidang Momen dijadikan Beban .....	198
Gambar 4. 51 Lendutan akibat berat sendiri .....	199
Gambar 4. 52 Lendutan akibat beban mati tambahan.....	200
Gambar 4. 53 Lendutan akibat BTR dan BGT .....	201
Gambar 4. 54 Lendutan akibat beban pejalan kaki .....	201
Gambar 4. 55 Lendutan akibat beban angin.....	202
Gambar 4. 56 Lendutan akibat gaya rem .....	202
Gambar 4. 57 Penampang Box Girder Kondisi I.....	205
Gambar 4. 58 Output Momen Penampang Box Girder Penampang I .....	206
Gambar 4. 59 Penampang Box Girder Kondisi II.....	206
Gambar 4. 60 Output Momen Penampang Box Girder Penampang II .....	207
Gambar 4. 61 Penampang Box Girder Kondisi III .....	207
Gambar 4. 62 Output Momen Penampang Box Girder Kondisi III.....	208
Gambar 4. 63 Regangan-Tegangan pada Plat Atas (Tumpuan).....	211
Gambar 4. 64 Regangan-Tegangan pada Plat Atas (Lapangan) .....	216
Gambar 4. 65 Penulangan Plat Atas.....	220
Gambar 4. 66 Regangan-Tegangan pada Plat Bawah (Tumpuan).....	223
Gambar 4. 67 Regangan-Tegangan pada Plat Bawah (Lapangan) .....	228
Gambar 4. 68 Penulangan Plat Bawah.....	232
Gambar 4. 69 Diagram tegangan regangan kondisi patah seimbang.....	235
Gambar 4. 70 Diagram tegangan regangan kondisi patah desak .....	240
Gambar 4. 71 Diagram tegangan regangan kondisi patah desak .....	245
Gambar 4. 72 Diagram tegangan regangan kondisi kondisi lentur murni .....	251
Gambar 4. 73 Diagram Interaksi.....	255
Gambar 4. 74 Penulangan pada web.....	256



Gambar 4. 75 Penulangan Non Prategang pada Box Girder.....	256
Gambar 4. 76 Geser dari tumpuan sejauh $d/2$ m.....	257
Gambar 4. 77 Pembebanan akibat beban mati.....	258
Gambar 4. 78 Pembebanan akibat beban hidup.....	259
Gambar 4. 79 Penulangan Geser Sejauh $d/2$ dari Tumpuan .....	265
Gambar 4. 80 Rencana Blok Ujung (End Block).....	266
Gambar 4. 81 Tegangan pada Blok Ujung.....	267
Gambar 4. 82 Diagram Tegangan Tarik Maksimum setelah di Distribusi .....	268
Gambar 4. 83 Diagram Tegangan yang Bekerja pada Blok Ujung ( End Block ) .....	268
Gambar 4.84 Tulangan Pecah Ledak .....	271
Gambar 4. 85 Detail Penulangan Pecah Gumpal Arah Melintang.....	275
Gambar 4. 86 Detail Penulangan Pecah Gumpal Arah Memanjang.....	275



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kesimpulan Studi Terdahulu .....	xxvii
Tabel 2. 2 Tebal Minimum Sayap Atas.....	xxx
Tabel 2. 3 Berat Isi Untuk Beban Mati .....	xxxi
Tabel 2. 4 Faktor Beban Berat Sendiri.....	xxxi
Tabel 2. 5 Faktor Beban Mati Tambahan.....	xxxii
Tabel 2. 6 Faktor Beban Untuk Beban “T” .....	xxxiii
Tabel 2. 7 Faktor Kepadatan Lajur (m).....	xxxiv
Tabel 2. 8 Tekanan Angin Dasar.....	xxxv
Tabel 2. 9 VSL Stressing Achorage Tipe Gc.....	xlii
Tabel 2. 10 Jenis Tendon Prategang .....	xlii
Tabel 2. 11 Koefisien Susut $K_{sh}$ .....	l
Tabel 2. 12 Nilai KRE Dan J .....	li
Tabel 2. 13 Nilai C .....	li
Tabel 2. 14 Distribusi Gaya Aksial (Guyon, 1953) .....	lx
Tabel 4. 1 Perhitungan Luas Penampang dan Momen Inersia pada Segmen Tumpuan dengan Panjang tinjaun 1 m.....	lxxiv
Tabel 4. 2 Perhitungan Luas penampang dan Momen Inersia Pada Segmen Standar dengan Panjang tinjaun 1 meter .....	lxxviii
Tabel 4. 3 Perhitungan Luas Penampang dan Momen Inersia Pada Segmen Deviator dengan Panjang tinjauan 0,40 meter .....	lxxxii
Tabel 4. 4 Perhitungan Luas Penampang dan Momen Inersia pada Segmen Deviator tanpa Deviatornya .....	lxxxii
Tabel 4. 5 Momen Akibat Berat Sendiri pada Setengah Bentang.....	xc
Tabel 4. 6 Gaya Geser Akibat Berat Sendiri pada Setengan Bentang .....	xcii
Tabel 4. 7 Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Mati Tambahan .....	xcvi
Tabel 4. 8 Perhitungan ordinat maximum ( $Y_x$ ) dan luas garis pengaruh ( $A_x$ ).....	cviii
Tabel 4. 9 Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Lajur D .....	cx
Tabel 4. 10 Momen Dan Gaya Geser Pejalan Kaki .....	cxiv
Tabel 4. 11 Momen dan Gaya Geser Akibat Gaya Rem.....	cxvii



Tabel 4. 12 Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Angin pada Struktur .....	cxxi
Tabel 4. 13 Momen dan Gaya Geser Akibat Beban Angin pada Kendaraan.....	cxxiv
Tabel 4. 14 Kombinasi Layan I Momen pada Box Girder.....	128
Tabel 4. 15 Kombinasi Layan III Momen pada Box Girder .....	130
Tabel 4. 16 Kombinasi Layan I Gaya Geser pada Box Girder .....	132
Tabel 4. 17 Kombinasi Layan III Gaya Geser pada Box Girder.....	134
Tabel 4. 18 Daerah aman pada keadaan awal akibat berat sendiri (a1) .....	141
Tabel 4. 19 Daerah aman pada keadaan setelah kehilangan tegangan (a2) .....	143
Tabel 4. 20 Daerah aman pada keadaan setelah berat sendiri dan beban mati bekerja (a3) .....	144
Tabel 4. 21 Daerah aman pada keadaan setelah semua beban bekerja (a4).....	145
Tabel 4. 22 Koordinat Tendon Baris I .....	150
Tabel 4. 23 Koordinat Tendon Baris II .....	152
Tabel 4. 24 Koordinat Tendon Baris III.....	154
Tabel 4. 25 Eksentrisitas CGC Terhadap CGS .....	157
Tabel 4. 26 Kondisi Awal sebelum Kehilangan Gaya Prategang .....	166
Tabel 4. 27 Gambar Kondisi Awal sebelum Kehilangan Gaya Prategang .....	169
Tabel 4. 28 Kondisi Setelah Kehilangan Gaya Prategang .....	174
Tabel 4. 29 Gambar Kondisi Setelah Kehilangan Gaya Prategang.....	177
Tabel 4. 30 Kondisi Akhir Setelah Setelah Semua Beban Bekerja.....	182
Tabel 4. 31 Gambar Kondisi Akhir Setelah Setelah Semua Beban Bekerja.....	185
Tabel 4. 32 Kondisi Saat Pengangkatan.....	190
Tabel 4. 33 Gambar Kondisi Saat Pengangkatan.....	193
Tabel 4. 34 Rekapitulasi Penulangan Plat Atas .....	220
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Penulangan Plat Bawah.....	232
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Nilai $\phi P_n$ dan $\phi M_n$ .....	255



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

PD	tekanan angin rencana
PB	tekanan angin dasar
VDZ	kecepatan rencana pada elevasi rencana
VB	kecepatan dasar
Ec	modulus elastisitas beton (MPa)
wc	berat volume beton (kg/m <sup>3</sup> )
f'c	tegangan tekan beton (MPa)
f'ci	kuat tekan beton yang disyaratkan pada waktu parategang awal(MPa)
fpu	kuat tarik baja prategang yang disyaratkan (MPa)
fpv	kuat leleh baja prategang yang disyaratkan (MPa)
Ix	Momen inersia sumbu x dan y
b	lebar bagian balok yang ditinjau
h	tinggi bagian balok yang ditinjau
A	luas bagian balok yang ditinjau
Y	jarak titik berat balok terhadap sumbu x
Ya	jarak tepi atas terhadap c.g.c
Yb	jarak tepi bawah terhadap c.g.c
Ap	Luas beton prategang
htot	Tinggi total beton prategang
ka	Kern bagian atas
kb	Kern bagian bawah
i <sup>2</sup>	Jari-jari inersia
I <sub>p</sub>	Momen inersia
MT	Momen total gelagar
MG	Momen gelagar
H	Tinggi balok
Ac	luas penampang beton yang ditinjau
F0	Gaya awal akibat pemberian prategang (kg)
n	Jumlah tendon
M0	Momen akibat berat sendiri beton (kgm)



MD	Momen akibat beban mati beton (kgm)
MT	Momen akibat beban total beton (kgm)
F	gaya setelah kehilangan prategang (kg)
Yi	Ordinat tendon yang ditinjau
Xi	Abis tendon yang ditinjau
f	Tinggi Puncuk parabola maksimum
e	jarak eksentrisitas
ya,yb	jarak titik berat penampang terhadap titik berat utama
ES	Kehilangan tegangan akibat elastis beton (kN/cm <sup>2</sup> )
Kes	untuk pratarik dan 0,5 untu pasca tarik
fcir	Tegangan pada penampang beton (MPa)
n	perbandingan modulus pada saat peralihan, Es/Ec.
$\Delta f_{pf}$	kehilangan tegangan akibat gesekan kabel
K	kobble effect
CR	Kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton (kN/cm <sup>2</sup> )
Kcr	(2,0) untuk komponen struktur pra-tarik dan (1,6) untuk komponen struktur pasca Tarik
fcir	Tegangan pada beton dipusat berat tendon diposisi sesaat setelah transfer gaya prategang (Mpa)
fcds	Tegangan pada beton dipusat berat tendon akibat semua beban mati tambahan setelah prategang diberikan (Mpa)
Es	Modulus elastisitas baja prategang (Mpa)
Ec	Modulus elastisitas beton (Mpa)
Fs	kehilangan gaya prategang pada ujung angkur (kN)
$\Delta A$	deformasi pengangkuran / slip
L	Panjang tendon
Es	Modulus elastisitas kabel
SH	kehilangan gaya prategang akibat penyusutan beton (kN/cm <sup>2</sup> )
V	Volume beton dari suatu komponen struktur beton prategang (cm <sup>3</sup> )
S	Luas permukaan dari komponen struktur beton Prategang (cm <sup>2</sup> )
RH	kelembaban udara relatif
Ksh	koefisien penyusutan



RE	Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi tendon (kN/cm <sup>2</sup> )
C	Faktor relaksasi yang besarnya tergantung pada jenis tendon
Kre	Koefisien relaksasi,
J	Faktor waktu,
SH	Kehilangan gaya prategang akibat penyusutan beton (kN/cm <sup>2</sup> )
CR =	Kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton (kN/cm <sup>2</sup> )
ES	Kehilangan gaya prategang akibat perpendekan elastis(kN/cm <sup>2</sup> )
f(a.b)	Gaya prategang serat atas dan bawah
f'(a.b)	Tegangan ijin beton bagian tekan (atas) dan tarik (bawah)
A	Luas penampang
$\delta F$	Lendutan pada keadaan awal (m)
F	Besarnya gaya prategang efektif (kN)
E	Tinggi parabola lintasan kabel prategang (m)
E <sub>c</sub>	Modulus elastik balok beton prestress (MPa)
$f'c'$	Mutu beton (MPa)
q <sub>DL</sub>	Total beban mati akibat berat sendiri (Box girder prestress, Trotoar, Aspal, air hujan,dinding pagar tepi, dan Pemisah jalur (median kalau ada)) (kN/m)
q <sub>TD</sub>	Beban merata pada box girder (kN/m)
q	Beban merata yang tergantung panjang totaljembatan (kN/m)
PTD	Beban terpusat pada box girder (kN)
B	Lebar jalur lalu-lintas (m)
FBD	Faktor beban dinamis
P	Beban garis (kN/m)
T <sub>TB</sub>	Gaya rem arah memanjang jembatan (kN)
Y	Tinggi gaya rem terhadap Titik berat box girder (m)
T <sub>EW</sub>	Beban garis arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan (kN/m)
C <sub>w</sub>	koefisien seret
V <sub>w</sub>	Kecepatan angin rencana (m/det)
H	Tinggi bidang vertikal yang ditiup angin di atas lantai jembatan (m)
Ab	Luasan bidang yang terkena angin (m <sup>2</sup> )



$a$	panjang daerah blok ujung
$N$	Gaya tarik angkur
$f_b'$	tegangan desak seragam pada balok ujung
$L$	panjang kabel yang diukur dari ujung kabel ke lokasix
$\emptyset$	koefisien gesek kabel dan material
$\alpha$	sudut kabel (radian)