

**ANALISA STABILITAS STRUKTUR BOX GIRDER KANTILEVER
JEMBATAN PALU 4**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan dalam Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil (S-1)**



Disusun Oleh:

**UMAR MAHDI ALAYDRUS
18035010037**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
JAWA TIMUR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISA STABILITAS STRUKTUR BOX GIRDER KANTILEVER JEMBATAN PALU 4

Disusun oleh:

UMAR MAHDI ALAYDRUS
NPM. 18035010037

Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada hari Rabu, 25 Januari 2023.

Pembimbing:

1. Pembimbing Utama


Dr. Ir. Made D. Astawa, M.T.
NIDK. 8880523419

2. Pembimbing Pendamping


Cintantya Budi Casita, S.T., M.T.
NIP. 17219931025069

Tim Penguji:

1. Penguji I


Ir. Wahyu Kartini, M.T.
NIP. 196206301989032001

2. Penguji II


Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 198004302005011002

3. Penguji III


Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 197301281998021002

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik


Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**
**ANALISA STABILITAS STRUKTUR BOX GIRDER
KANTILEVER JEMBATAN PALU 4**

Disusun oleh:
UMAR MAHDI ALAYDRUS
NPM. 18035010037

**Telah diuji, dipertahankan, dan diterima oleh Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
pada hari Rabu, 25 Januari 2023.**

Dosen Pembimbing 1

Dr. Ir. Made D. Astawa, M.T.
NIDK. 8880523419

Dosen Pembimbing 2

Cintantya Budi Casita, S.T., M.T.
NIP. 17219931025069

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik**

Dr. Dra. Jariyah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Umar Mahdi Alaydrus
NIM : 18035010037
Fakultas /Program Studi : Teknik / Teknik Sipil
Judul Skripsi/Tugas Akhir/
Tesis/Desertasi : Analisa Stabilitas Struktur Box Girder Kantilever Jembatan Palu 4

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik baik di UPN "Veteran" Jawa Timur maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing akademik.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan di setujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima konsekuensi apapun , sesuai dengan ketentuan yang berlaku di UPN "Veteran" Jawa Timur.

Surabaya, 26 Januari 2023

Yang Menyatakan



(Umar Mahdi Alaydrus)
NPM. 18035010037

ANALISA STABILITAS STRUKTUR *BOX GIRDER* KANTILEVER

JEMBATAN PALU 4

Oleh:

UMAR MAHDI ALAYDRUS

18035010037

ABSTRAK

Jembatan Palu 4 yang terletak di tengah-tengah Kota Palu merupakan jembatan yang melayani lalu lintas paling sibuk di Kota Palu. Setelah runtuhan jembatan ini pada tanggal 28 September 2018, Penulis akan melakukan modifikasi konstruksi terhadap Jembatan Palu 4. Perencanaan ini dimulai dengan pengumpulan data – data eksisting. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan tipe jembatan. Dasar – dasar perencanaan mengacu pada SNI 1725;2016. Setelah itu dilakukan perencanaan awal dengan menentukan dimensi – dimensi utama jembatan. Pada tahap perencanaan awal dilakukan perhitungan terhadap struktur sekunder jembatan. Analisa beban yang terjadi seperti : analisa berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas, dan analisa pengaruh waktu seperti creep dan kehilangan gaya prategang. Kemudian dari hasil analisa tersebut dilakukan kontrol tegangan yang terjadi pada struktur, perhitungan penulangan box girder, perhitungan kekuatan dan stabilitas struktur terhadap gaya prategang awal, kehilangan gaya prategang dan respon spektrum. Jembatan direncanakan dengan menggunakan *box girder* dengan sistem kontstruksi kantilever. Jembatan direncanakan dengan panjang 249,4 m dengan lebar 12,4 m. Hasil dari tugas akhir ini meliputi penggunaan *box girder* dengan lebar 12,4 m, tinggi 3,5 m, dan panjang 3 m per segmennya, jumlah tendon yang dipakai ialah 16 buah, jumlah *strands* pakai 304 buah, kehilangan gaya prategang sebesar 15,18% dan besar lendutan dari jembatan *box girder* kantilever yang terbesar senilai 0,195 m. Dimensi *bearing pad* yang akan digunakan ialah 700 x 700 x 177 mm. Dari parameter yang sudah disebutkan di atas dapat disimpulkan jembatan ini mampu menahan beban pada struktur atas Jembatan Palu 4.

Kata Kunci: Box Girder, Kantilever, Stabilitas, Gaya Prategang, Bearing Pad

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “ANALISA STABILITAS STRUKTUR *BOX GIRDER KANTILEVER JEMBATAN PALU 4*”.

Maksud dan tujuan penulisan tugas akhir untuk memenuhi syarat kelulusan Strata- 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Selain itu penulis juga dapat mencoba menerapkan pengetahuan yang diperoleh selama proses perkuliahan.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Akhmad Fauzi, M.MT, IPU selaku Rektor Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur.
2. Dr. Dra. Jariyah, MP selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Dr. Ir. Minarni Nur Trilita, MT, selaku Koordinator Program Studi Teknik Sipil Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
4. Dr. Ir. Made D. Astawa, MT., selaku Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran serta berbagi pengalaman dalam penulisan Tugas Akhir kepada penulis.
5. Cintanya Budi Casita, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan saran dalam penulisan Tugas Akhir kepada penulis.
6. Segenap Dosen Fakultas Teknik yang telah mendidik dan memberikan ilmu selama perkuliahan dan seluruh staf yang melayani segala administrasi selama proses penelitian ini.
7. Ibunda tercinta Sakinah Abdulkadir Maulachelah, dan ayahanda tersayang Drs. Mahdi Umar Alaydrus, yang telah memberikan doa, restu, pengorbanan, kasih sayang, dukungan, dan semangat dalam kondisi suka maupun duka serta menjadi inspirasi.

8. Sahabat – sahabat Teknik Sipil angkatan 2018, yang saling menguatkan semangat selama perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir.
9. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu, yang selalu memberikan dukungan kepada penulis hingga selesai penulisan tugas akhir.

Harapan yang terkandung dalam Tugas Akhir ini yaitu dapat bermanfaat bagi para pembaca. Penyusun menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan ini. Oleh karena itu, penyusun bersikap terbuka atas saran dan kritik yang membangun. Akhir kata penyusun mengucapkan terima kasih dan mohon maaf yang sebesar-besarnya apabila di dalam penulisan ini terdapat kesalahan dan kata-kata yang kurang berkenan atau kurang mudah dipahami.

Surabaya, 25 Januari 2023

Umar Mahdi Alaydrus

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	2
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Lokasi Perencanaan.....	3
BAB 2	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Gaya Prategang	4
2.3 Segmental Prestressed Box Girder.....	4
2.3.1 Element Struktural Jembatan Segmental Box Girder	5
2.4 Tipe <i>Box Girder</i>	6
2.5 Beton Prategang	7

2.5.1	Metode Prategang	7
2.5.2	Tahap Pembebaan	9
2.6	Metode Konstruksi	10
2.6.1	Metode Kantilever (Balanced Cantilever)	11
2.7	Bantalan Perletakan (<i>Bearing Pad</i>).....	13
2.7.1	Tipe Bantalan Perletakan	13
	BAB 3 METODOLOGI.....	15
3.1	Objek Perencanaan.....	15
3.2	Perencanaan Awal	15
3.3	Metode Perencanaan	16
3.4	Kriteria Desain Jembatan	17
3.4.1	Gambar Rencana.....	17
3.5	Studi Literatur	18
3.6	Spesifikasi Bahan	19
3.6.1.	Tegangan Ijin Bahan.....	20
3.7	Preliminary Desain.....	21
3.8	Pembahasan.....	22
3.8.1.	Beban Tetap	22
3.8.2	Beban Dinamis/ Beban Lalu Lintas	24
3.8.3	Beban Aksi Lingkungan.....	27

3.9	Kombinasi Pembebatan.....	28
3.10	Pembebatan Tahap Transfer	29
3.11	Pembebatan Tahap Servis.....	29
3.12	Momen Retak	34
3.13	Momen Nominal.....	35
3.14	Momen Lentur	36
3.15	Kontrol Geser	36
3.16	Torsi.....	38
3.17	Stabilitas Camber.....	39
3.18	Lendutan	40
3.19	Analisa Beban Gempa	41
3.20	Kolom Jembatan.....	43
3.21	Detail Engineering Design (DED).....	44
3.22	Perancangan Bearing Pad.....	44
3.23	Kesimpulan dan Interpretasi Data	45
	BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1	Data Perencanaan Jembatan.....	46
4.1.1	Tegangan Ijin Bahan.....	47
4.2	<i>Preliminary Design</i>	49
4.2.1	Tinggi Box Girder.....	49

4.2.2 Ketebalan Minimum <i>Web Box Girder</i>	49
4.2.3 Ketebalan Minimum <i>Top Flange Box Girder</i>	49
4.2.4 Ketebalan Minimum Bottom Flange Box Girder	49
4.2.5 Dimensi Penampang Box Girder	49
4.3 Analisa Pembebanan	52
4.4 Perhitungan Momen	59
4.5 Gaya <i>Prestress</i> , Eksentrisitas Dan Jumlah Tendon.....	60
4.5.1 Gaya Prestress.....	60
4.5.2 Perencanaan Tendon	64
4.6 Kehilangan Gaya Prategang.....	69
4.6.1 Kehilangan Gaya Prategang Langsung.....	70
4.6.2 Kehilangan Gaya Prategang Tak Berlangsung	72
4.7 Tegangan Yang Terjadi Akibat Gaya <i>Prestressed</i>	75
4.7.1 Keadaan Awal (Saat <i>Transfer</i>)	75
4.7.2 Keadaan Setelah <i>Loss of Prestressed</i>	77
4.7.3 Tegangan Pada Box Girder Akibat Beban.....	79
4.8 Metode Beban Ekivalen	83
4.9 Kontrol Tegangan Kombinasi Pembebanan Terhadap Beban Layar	83
4.10 Perhitungan Penulangan <i>Box Girder</i>	86
4.10.1 Plat Dinding	88

4.10.2	Plat Bawah	88
4.10.3	Plat Atas	89
4.11	Momen yang Terjadi Pada Slab Atas	89
4.11.1	Akibat Berat Sendiri (MS).....	90
4.11.2	Akibat Berat Mati Tambahan (MA)	90
4.11.3	Akibat Beban Truk (TT)	91
4.11.4	Akibat Beban Angin (EW)	91
4.11.5	Rekapitulasi Momen Ultimit yang Terjadi Pada Slab	92
4.12	Pembesian Blok Angkur (<i>End Block</i>).....	92
4.12.1	Perhitungan Sengkang Untuk <i>Bursting Steel</i>	93
4.12.2	Tinjauan Terhadap Geser.....	95
4.13	Lendutan yang Terjadi Pada <i>Box Girder</i>	97
4.13.1	Lendutan Pada Keadaan Awal (<i>Saat Service</i>).....	97
4.13.2	Lendutan Pada Keadaan Akhir (<i>Saat Transfer</i>).....	98
4.13.3	Lendutan yang Terjadi Akibat Beban.....	99
4.13.4	Kontrol Lendutan Akibat Kombinasi Beban	105
4.14	Perencanaan Bantalan Elastometer (<i>Bearing Pad</i>).....	108
4.14.1	Kontrol Dimensi Elastometer	108
4.15	Pengolahan Data Menggunakan Program Bantu (<i>Midas Civil</i>)	112
4.16	Interpretasi Data	121

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	123
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran.....	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Lokasi Perencanaan	3
Gambar 2.1. Tipe Segmen Box Girder	6
Gambar 2.2. <i>Longitudinal Profile for segmental Bridges</i>	7
Gambar 2.3. Ilustrasi Metode Pratarik (Pre-tension)	9
Gambar 2.4. Ilustrasi Metode Pascatarik (Post-Tension)	10
Gambar 2.5. Tendon Layout.....	12
Gambar 2.6. Perletakan Jembatan.....	14
Gambar 2.7. Gambar <i>Plain Elastomeric Bearing Pads</i>	15
Gambar 2.8. Gambar <i>Steel Reinforce Elastomeric Bearing Pad</i>	15
Gambar 3.1. Diagram Alir	17
Gambar 3.2. Gambar Rencana.....	19
Gambar 3.3. Beban Lajur “D”	26
Gambar 3.4. Pembebaan Truk “T”	27
Gambar 3.5. Faktor Beban Dinamis Untuk BGT	27
Gambar 3.6. Grafik Gaya Rem Per Lajur 2,75 m	28
Gambar 3.7. Kombinasi Pembebaan.....	30
Gambar 3.8. Diagram Skematik Momen Retak.....	36
Gambar 3.9. Tegangan Ijin Lentur Akibat Gaya Pratekan dan Beban	37
Gambar 3.10. Grafik Respon Spektrum.....	43
Gambar 4.1. Penampang <i>Box Girder</i>	50
Gambar 4.2. <i>Section Properties Box Girder</i>	50
Gambar 4.3. Tendon Di Tumpuan	66
Gambar 4.4. Tendon Di Tengah Bentang	67
Gambar 4.5. Lintasan Inti Tendon (0 – 65,8 m)	68
Gambar 4.6. Posisi <i>Trace Cable</i>	70
Gambar 4.7. Diagram Tegangan pada Saat <i>Transfer</i>	78
Gambar 4.8. Diagram Tegangan pada Saat <i>Service</i>	79
Gambar 4.9. Penampang <i>Box Girder</i>	88
Gambar 4.10. Penulangan <i>Box Girder</i>	90
Gambar 4.11. Angkur Hidup VSL Tipe 19 Sc	94

Gambar 4.12. Penulangan <i>Bursting Steel</i>	95
Gambar 4.13. Skema Pengangkuran.....	96
Gambar 4.14. Elastomer Lembaran Baja.....	113
Gambar 4.15. Model Jembatan.....	114
Gambar 4.16. <i>Member Age</i>	114
Gambar 4.17. <i>Section Box Girder</i>	115
Gambar 4.18. Letak Tendon	116
Gambar 4.19. Properti Tendon	116
Gambar 4.20. <i>Creep / Shrinkage</i>	117
Gambar 4.21. <i>Comp. Strength</i>	117
Gambar 4.22. <i>Construction Stage Analysis</i>	118
Gambar 4.23. Beban BTR Kombinasi 1	119
Gambar 4.24. Beban BGT Kombinasi 1	119
Gambar 4.25. Beban BTR Kombinasi 2	119
Gambar 4.26. Beban BGT Kombinasi 2	120
Gambar 4.27. Beban BTR Kombinasi 3	120
Gambar 4.28. Beban BGT Kombinasi 3	120
Gambar 4.29. Pemodelan Akhir Jembatan	122

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ketentuan Tebal <i>Top Flange minimum Profil Boc</i>	23
Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	24
Tabel 3.3 Berat Isi dan Kerapatan Massa untuk Berat Sendiri.....	24
Tabel 3.4 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan.....	24
Tabel 3.5 Faktor Beban Lajur "D"	26
Tabel 3.6 Faktor Beban untuk Beban Truk "T"	26
Tabel 3.7 Faktor Beban Trotoar/ untuk Pejalan Kaki.....	28
Tabel 3.8 Load Faktor.....	28
Tabel 3.9 Koefisien-koefisien gesekan untuk tendon pasca tarik.....	32
Tabel 3.10 Nilai koefisien susut (Ksh) untuk komponen struktur pasca tarik.....	33
Tabel 3.11 Nilai-nilai C	35
Tabel 3.12 Nilai-nilai j dan K_{re}	35
Tabel 4.1 Perhitungan Statis Momen.....	50
Tabel 4.2 Eksentrisitas Tendon di Tumpuan	66
Tabel 4.3 Eksentrisitas Tendon di Tengah Bentang	67
Tabel 4.4 Lintasan Inti Tendon.....	68
Tabel 4.5 Perhitungan <i>Trace Cable</i>	69
Tabel 4.6 Tegangan Kombinasi 1	85
Tabel 4.7 Tegangan Kombinasi 2	86
Tabel 4.8 Tegangan Kombinasi 3	86
Tabel 4.9 Tegangan Kombinasi 4	87
Tabel 4.10 Rekapitulasi Momen Ultimit yang Terjadi Pada Slab	93
Tabel 4.11 Rekapitulasi Lendutan Akibat Beban	106
Tabel 4.12 Lendutan Terhadad Kombinasi 1.....	106
Tabel 4.13 Lendutan Terhadad Kombinasi 2.....	107
Tabel 4.14 Lendutan Terhadad Kombinasi 3.....	108
Tabel 4.15 Lendutan Terhadad Kombinasi 4.....	108
Tabel 4.16 <i>Summary</i> Tegangan	122