

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN MENGGUNAKAN BERON *BOX GIRDER*
PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG
BARAT**

TUGA AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana**



Disusun Oleh:

Hermanus Khatar Tigtigweria

20.21.028

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2024

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN MENGGUNAKAN BETON *BOX GIRDER*
PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG
BARAT**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana**



Disusun Oleh:

Hermanus Khatar Tigtigweria

20.21.028

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2024

LEMBAR PERSETUJUAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN MENGGUNAKAN BETON BOX GIRDER
PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG
BARAT**

Disusun Oleh:

HERMANUS KHATAR TIGTIGWERIA

20.21.028


**Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan
pada tanggal 16 Agustus 2024**


Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Sudirman Indra, Msc
NIP.Y. 101 830 0054


Hadi S. W. Sunarwadi, ST., MT
NIP.Y. 103 200 0579

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1




Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T.
NIP.P. 103 030 0383

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS
JEMBATAN MENGGUNAKAN BETON BOX GIRDER
PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG
BARAT**

**Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 16 Agustus 2024 dan Diterima untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S-1) Teknik
Sipil di Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun Oleh:

HERMANUS KHATAR TIGTIGWERIA

20.21.028

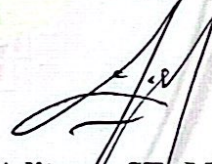
Anggota Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ir. Eding Iskak Imananto, MT,
NIP. 199605061993031004



Ir. Vega Aditama, ST., MT., IPM
NIP.Y. 103 200 0579

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi

Sekretaris Program Studi

Teknik Sipil S-1

Teknik Sipil S-1



Dr. Yohanson P. Manaha, S.T., M.T.
NIP. P. 103 030 0383



Nenny Roostrianawaty, ST., MT
NIP. P. 103 170 0053

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Hermanus Khatar Tigtigweria

NIM : 20.21.028

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul:

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MENGUNAKAN BETON BOX GIRDER PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG BARAT

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepengetahuan 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, 22 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Hermanus Khatar Tigtigweria

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 Alternatif Perencanaan Struktur Atas Jembatan menggunakan Beton Box Girder Prategang pada Jembatan Rajamandala Bandung Barat”** 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. Bapak Dr. Yosimson P. Manaha, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang
2. Ibu Nenny Roostrianawaty, ST., MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak Ir. Sudirman Indra, Msc Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Hadi S. W. Sunarwadi, ST., MT Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ir. Eding Iskak Imananto, MT. selaku Dosen penguji I
6. Ir. Vega Aditama, ST., MT., IPM. Selaku Dosen penguji II
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.

Malang, 22 Agustus 2024



Hermanus Khatar Tigtigeria

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR KEASLIAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
ABSTRAK	xxii
ABSTRACT	xxiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Maksud dan Tujuan	4
1.5 Batasan Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Studi Literatur Terdahulu.....	7
2.2 Tipe Jembatan <i>Prestressed Concrete Box Girder</i>	10
2.2.1 Definisi Beton Bertulang.....	10
2.2.2 Definisi Beton Prategang	11
2.2.3 Definisi Jembatan Box Girder.....	11
2.3 Pembebanan pada Jembatan.....	13
2.3.1 Beban Mati (Beban Tetap)	14

2.3.2	Beban Lalu Lintas	16
2.3.3	Aksi Lingkungan.....	21
2.3.4	Kombinasi Pembebanan.....	32
2.4	Beton Prategang	32
2.4.1	Metode Penegangan	35
2.4.2	Material Baja Prategang.....	37
2.4.3	Tegangan Izin pada Beton.....	38
2.4.4	Tegangan Izin pada Baja Prategang (Tendon).....	39
2.5	Perencanaan Desain <i>Prestressed Concrete Box Girder</i>	40
2.5.1	Analisa Penampang Balok Prategang	40
2.5.2	Gaya Prategang	41
2.5.3	Perhitungan Jumlah Tendon.....	42
2.5.4	Penentuan Letak dan Batas Aman Tendon.....	42
2.5.5	Tendon.....	43
2.5.6	Jarak Eksentrisitas	47
2.6	Pengontrol Prategang	48
2.6.1	Kehilangan Gaya Prategang.....	48
2.6.2	Kontrol Gaya Tegangan pada Penampang	52
2.7	Perencanaan Geser dan Lentur Box Girder.....	53
2.7.1	Kontrol Terhadap Geser	53
2.7.2	Kontrol Terhadap Lentur.....	54
2.8	Perencanaan Blok Ujung (End Block)	56
2.8.1	Perencanaan Tulangan Akibat Momen Pecah Ledak (M_{pl}).....	57
2.8.2	Perencanaan Tulangan Anyaman	59
2.9	Lendutan.....	60

2.10	Perencanaan Elastomer.....	65
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN		69
3.1	Data Struktur	69
3.2	Data Perencanaan Struktur	70
3.3	Data Material	72
3.4	Diagram Alir Perencanaan.....	73
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		74
4.1	Analisa Penampang	74
4.1.1	Bentang Section 1 dan 3 (L=80m)	75
4.1.2	Bentang Section 2 (L=60m).....	84
4.2	Pembebanan Struktur Utama.....	90
4.2.1	Data Perencanaan	91
4.2.2	Pembebanan	91
4.2.2.1	Berat Sendiri.....	92
4.2.2.2	Beban Mati Tambahan.....	92
4.2.2.3	Beban Lalu Lintas	93
4.2.2.4	Beban Gaya Rem.....	98
4.2.2.5	Beban Hidup Pejalan Kaki	103
4.2.2.6	Beban Angin	103
4.3	Desain Material Beton Prategang.....	106
4.3.1	Tegangan Izin Beton Prategang	106
4.3.2	Tegangan Izin Baja Prategang.....	107
4.4	Perencanaan Jembatan Bentang 80 m	109
4.4.1	Desain Gaya Prategang Tendon	109
4.4.1.1	Desain Pendahuluan Penampang Beton Prategang	109

4.4.1.2	Desain Pendahuluan Penampang Untaian Baja/Tendon.....	110
4.4.1.3	Daerah Aman Tendon	112
4.4.1.4	Menentukan Letak Tendon pada Daerah Aman	119
4.4.2	Kontrol Kehilangan Gaya Prategang	136
4.4.2.1	Kehilangan Gaya Prategang	136
4.4.2.2	Kontrol Kehilangan Gaya Prategang 20%	145
4.4.2.3	Kontrol Lendutan Izin Jembatan	146
4.4.3	Kontrol Tegangan Box Girder.....	147
4.4.3.1	Kondisi Awal Beton Sebelum Kehilangan Prategang	147
4.4.3.2	Kondisi Awal Beton Setelah Kehilangan Prategang.....	148
4.4.3.3	Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja.....	150
4.4.4	Penulangan Box Girder	197
4.4.4.1	Perencanaan Penulangan Geser Box Girder.....	197
4.4.4.2	Perencanaan Penulangan Lentur Box Girder	210
4.4.4.3	Perencanaan Penulangan End Block	260
4.4.5	Perencanaan Elastomer Bearing Pad.....	266
4.5	Perencanaan Jembatan Bentang 60 m	270
4.5.1	Desain Gaya Prategang Tendon	270
4.5.1.1	Desain Pendahuluan Penampang Beton Prategang	270
4.5.1.2	Desain Pendahuluan Penampang Untaian Baja/Tendon.....	271
4.5.1.3	Daerah Aman Tendon	272
4.5.1.4	Menentukan Letak Tendon pada Daerah Aman	279
4.5.2	Kontrol Kehilangan Gaya Prategang	294
4.5.2.1	Kehilangan Gaya Prategang	294
4.5.2.2	Kontrol Kehilangan Gaya Prategang 20%	304

4.5.2.3	Kontrol Lendutan Izin Jembatan	304
4.5.3	Kontrol Tegangan Box Girder.....	305
4.5.3.1	Kondisi Awal Beton Sebelum Kehilangan Prategang	305
4.5.3.2	Kondisi Awal Beton Setelah Kehilangan Prategang.....	306
4.5.3.3	Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja.....	308
4.5.4	Penulangan Box Girder	347
4.5.4.1	Perencanaan Penulangan Geser Box Girder.....	347
4.5.4.2	Perencanaan Penulangan Lentur Box Girder	360
4.5.4.3	Perencanaan Penulangan End Block	410
4.5.5	Perencanaan Elastomer Bearing Pad.....	416
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		420
5.1	Kesimpulan.....	420
5.2	Saran.....	423
DAFTAR PUSTAKA.....		xxiv
LAMPIRAN.....		xxvi

DAFTAR NOTASI

- q = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kpa)
- L = Panjang total jembatan yang dibebani (meter)
- VDZ = Kecepatan angin rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
- $V10$ = Kecepatan angin pada elevasi 1000 mm diatas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana (km/jam)
- VB = Kecepatan angin rencana
- Z = Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung (Z 1000 mm)
- M = Momen lentur pada penampang yang ditinjau
- c = Jarak garis netral ke serat terluar penampang
- I = Momen inersia penampang
- h = Tinggi parabola lintasan kabel prategang
- L = Bentang balok
- F = Gaya prategang
- f_{pu} = Kuat tarik baja prategang yang disyaratkan (MPa)
- f_{py} = Kuat leleh baja prategang yang disyaratkan (MPa)
- I_x = 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
- Y_a = Jarak tepi atas terhadap c.g.c

Y_b = Jarak tepi atas terhadap c.g.c
 A_p = Luas beton prategang
 h_{tot} = Tinggi total beton prategang
 k_a = Kern bagian atas
 k_b = Kern bagian bawah
 i^2 = Jari-jari inersia
 I_p = Momen inersia
 A_c = Luas penampang beton yang ditinjau
 F = Gaya prategang
 f_c' = Tegangan tekan beton
 F_{pu} = 1 tendon jumlah untaian dikali gaya prategang efektif
 F_0 = Gaya awal akibat pemberian prategang (kg)
 n = Jumlah tendon
 M_0 = Momen akibat berat sendiri beton (kgm)
 M_D = Momen akibat beban mati beton (kgm)
 M_T = Momen akibat beban total beton (kgm)
 F = Gaya setelah kehilangan prategang (kg)
 e = Jarak eksentrisitas
 y_{tendon} = Titik berat tendon
 F_o = Gaya prategang awal
 y_a, y_b = Jarak titik berat penampang terhadap titik berat utama
 $f'(a,b)$ = Tegangan ijin beton bagian tekan (atas) dan tarik (bawah)
 I_p = Momen inersia precast
 A = Luas penampang

- M_o = Momen akibat berat sendiri
 F_{eff} = Gaya prategang setelah kehilangan tegangan
 M_T = Momen akibat beban total yang bekerja
 K_{CR} = 2,0 untuk komponen struktur pratarik
 1,6 untuk komponen struktur pascatarik
 f_{cs} = Tegangan di beton pada level pusat berat baja segera setelah transfer
 f_{csd} = Tegangan di beton pada level pusat berat baja akibat semua beban mati tambahan yang bekerja setelah prategang diberikan
 n = Rasio modulus
 δF = Lendutan pada keadaan awal (m)
 F = Besarnya gaya prategang efektif (kN)
 e = Tinggi parabola lintasan kabel prategang (m)
 L = Panjang bentang (m)
 E_c = Modulus elastik balok beton prestress (MPa)
 $f'c'$ = Mutu beton (MPa)
 I_x = Momen inersia terhadap titik berat balok (m⁴)
 q_{DL} = 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_{TD} = Beban merata pada box girder (kN/m)
 q = Beban merata yang tergantung panjang total jembatan (kN/m)
 PTD = Beban terpusat pada box girder (kN)
 B = Lebar jalur lalu-lintas (m)
 FBD = Faktor beban dinamis
 p = Beban garis (kN/m)

- q_{TP} = Beban untuk pejalan kaki (kN/m)
- q = Intensitas beban pada trotoar (kPa)
- b_t = Lebar trotoar (m)
- A = Luas bidang trotoar (m²)
- T_{EW} = Beban garis arah horisontal pada permukaan lantai jembatan akibat angin yang meniup kendaraan di atas lantai jembatan (kN/m)
- C_W = Koefisien seret
- V_w = Kecepatan angin rencana (m/det)
- h = Tinggi bidang vertikal yang ditiup angin di atas lantai jembatan (m)
- A_b = Luasan bidang yang terkena angin (m²)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Eksisting Jembatan Rajamandala	3
Gambar 2. 1 Multi-Cell Box Girder Cross Section.....	12
Gambar 2. 2 Single-Cell Box Girder Cross Section	12
Gambar 2. 3 Beban Lajur “D”	17
Gambar 2. 4 Pembeban Truk “T” (500 kN)	19
Gambar 2. 5 Faktor Dinamis Beban “T” dan Beban Lajur “D”	20
Gambar 2. 6 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampai 7% dalam 75 tahun	29
Gambar 2. 7 Peta respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampai 7% dalam 75 tahun	30
Gambar 2. 8 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampai 7% dalam 75 tahun	31
Gambar 2. 9 Tegangan serat pada Beton.....	33
Gambar 2. 10 Freebody Beton Prategang dan Beton Bertulang	34
Gambar 2. 11 Konsep Keseimbangan Beban.....	35
Gambar 2. 12 Sistem Pra-Tarik.....	36
Gambar 2. 13 Sistem Pasca-Tarik	36
Gambar 2. 14 Jenis Tendon. (A) Macalloy Bar (B) Diwidag Bar (C) 7-Wire Strands (D) Compacted Strands (E) Normal Strands (F) Wire	37
Gambar 2. 15 Strands (A) 3 Wire (B) 7 Wire (C) 19 Wire	38
Gambar 2. 16 Letak Titik Berat Penampang.....	40
Gambar 2. 17 Letak Daerah Aman Tendon.....	42
Gambar 2. 18 Letak Tendon Internal dan Eksternal.....	44
Gambar 2. 19 Perlindung Bertingkat pada Tendon Internal.....	45
Gambar 2. 20 Layout Internal Tendon	45
Gambar 2. 21 Bentuk Tendon Parabola (Internal Tendon)	45
Gambar 2. 22 Tipe-Tipe Deviator	46
Gambar 2. 23 Layout Eksternal Tendon.....	47
Gambar 2. 24 Bentuk Tendon Trapezoidal (Eksternal Tendon).....	47
Gambar 2. 25 Distribusi Tegangan.....	52

Gambar 2. 26 Distribusi Tegangan pada Blok Ujung	57
Gambar 2. 27 Diagram Tegangan pada Blok Ujung	57
Gambar 2. 28 Tulangan Pecah Ledak	59
Gambar 2. 29 Potongan Memanjang Tulangan Anyaman	60
Gambar 2. 30 Potongan Melintang Tulangan Anyaman	60
Gambar 2. 31 Gaya Prategang Terdistribusi Secara Merata	61
Gambar 2. 32 Gaya Prategang Terdistribusi Secara Merata Kearah Atas Setelah Diuraikan	62
Gambar 2. 33 Pembebanan Akibat Beban Mati Terbagi Rata.....	62
Gambar 2. 34 Pembebanan Akibat Beban Hidup Pejalan Kaki.....	63
Gambar 2. 35 Pembebanan balok akibat beban lajur D.....	63
Gambar 2. 36 Pembebanan Balok akibat Beban Angin	64
Gambar 2. 37 Pembebanan Balok Akibat Beban Rem	64
Gambar 2. 38 Bantalan Elastomer	66
Gamabr 3. 1 Tampak Atas Eksisting Jembatan Rajamandala	69
Gamabr 3. 2 Tampak Tenggara Eksisting Jembatan Rajamandala	70
Gamabr 3. 3 As Eksisting Jembatan Rajamandala.....	70
Gamabr 3. 4 Contoh Rencana Span by Span	71
Gamabr 3. 5 Potongan Melintang Rencana Box Girder	71
Gamabr 3. 6 As Rencana Jembatan Rajamandala.....	72
Gamabr 3. 7 Diagram Alir Perencanaan	73
Gambar 4. 1 Desain pembagian segmen box girder pada bentang 80m jembatan yang direncanakan.....	75
Gambar 4. 2 Rencana Box Girder Bentang 80m	76
Gambar 4. 3 Pembagian Segmen Box Girder pada Bentang 80m.....	76
Gambar 4. 4 Perhitungan Momen Inersia pada Segmen Standar bentang 80m automatis CSI Bridge V25.....	78
Gambar 4. 5 Rencana Box Girder Segmen Tumpuan Bentang 80m.....	80
Gambar 4. 6 Perhitungan Momen Inersia pada Segmen Tumpuan Bentang 80m	82
Gambar 4. 7 Desain pembagian segmen box girder pada bentang 60m jembatan yang direncanakan.....	84

Gambar 4. 8 Rencana Box Girder Segmen Standar Bentang 60m	84
Gambar 4. 9 Perhitungan Momen Inersia pada Segmen Standar Bentang 60m ...	86
Gambar 4. 10 Rencana Box Girder Segmen Tumpuan Bentang 60m.....	88
Gambar 4. 11 Perhitungan Momen Inersia pada Segmen Tumpuan Section 2.....	89
Gambar 4. 12 Skema Pembebanan Mati Tambahan	92
Gambar 4. 13 Beban Lajur "D"	94
Gambar 4. 14 Input Beban Lajur "D"	94
Gambar 4. 15 Faktor beban dinamis untuk beban "T" untuk pembebanan lajur "D" pada bentang 80m	96
Gambar 4. 16 Faktor beban dinamis untuk beban "T" untuk pembebanan lajur "D" pada bentang 60m	98
Gambar 4. 17 Skema Pembebanan Akibat Gaya Rem.....	99
Gambar 4. 18 Pembebanan Truk "T" Bentang 80m.....	99
Gambar 4. 19 Pembebanan Truk "T" Bentang 60m.....	101
Gambar 4. 20 Skema Pembebanan Hidup Trotoir	103
Gambar 4. 21 Skema Pembebanan Angin Struktur.....	104
Gambar 4. 22 Skema Pembebanan Angin Kendaraan	106
Gambar 4. 23 Grafik Daerah Aman Tendon pada bentang 1 dan 3, 40m	118
Gambar 4. 24 Grafik Daerah Aman Tendon Efektif pada bentang 1 dan 3, 40m ..	118
Gambar 4. 25 VSL tipe GC dengan tipe unit 6-55	121
Gambar 4. 26 Duct/Pipa Strand untuk bentang 80m.....	121
Gambar 4. 27 Gambar Letak Tendon Pada Penampang.....	122
Gambar 4. 28 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 1 pada bentang 1 dan 3, 40m	125
Gambar 4. 29 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 2 pada bentang 1 dan 3, 40m	127
Gambar 4. 30 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 3 pada bentang 1 dan 3, 40m	129
Gambar 4. 31 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 4 pada bentang 1 dan 3, 40m	131
Gambar 4. 32 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 5 pada bentang 1 dan 3, 40m	133
Gambar 4. 33 Grafik Lintasan Tendon pada Daerah Aman pada bentang 1 dan 3, 40m.....	133
Gambar 4. 34 Kondisi awal beton sebelum kehilangan prategang pada titik 40m	148

Gambar 4. 35 Kondisi awal beton setelah kehilangan prategang pada titik 40m	150
Gambar 4. 36 kondisi akhir dengan semua beban bekerja pada titik 40m.....	151
Gambar 4. 37 Tegangan dan Regangan jika garis netral berada diatas tulangan tekan (L=80m)	210
Gambar 4. 38 Tegangan dan Regangan jika garis netral berada dibawah tulangan tekan (L=80m)	210
Gambar 4. 39 Elastomer Bearing Pad untuk bentang 80m	269
Gambar 4. 40 Grafik Daerah Aman Tendon pada bentang 60m	278
Gambar 4. 41 Grafik Daerah Aman Tendon Effektif pada Bentang 60m	279
Gambar 4. 42 VSL tipe GC dengan tipe unit 6-43	282
Gambar 4. 43 Duct/Pipa Strand untuk bentang 60m.....	282
Gambar 4. 44 Letak Tendon Pada Penampang Bentang 60m	283
Gambar 4. 45 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 1 pada Bentang 60m.....	286
Gambar 4. 46 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 2 pada Bentang 60m.....	288
Gambar 4. 47 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 3 pada Bentang 60m.....	290
Gambar 4. 48 Grafik Lintasan Tendon pada Baris 4 pada Bentang 60m.....	292
Gambar 4. 49 Grafik Lintasan Tendon pada Daerah Aman pada Bentang 60m .	292
Gambar 4. 50 Kondisi awal sebelum kehilangan prategang pada titik 30m	306
Gambar 4. 51 Kondisi awal setelah kehilangan prategang pada titik 30m	308
Gambar 4. 52 Kondisi akhir saat semua beban bekerja pada titik 30m	309
Gambar 4. 53 Tegangan dan Regangan jika garis netral berada diatas tulangan tekan (L=60m)	360
Gambar 4. 54 Tegangan dan Regangan jika garis netral berada dibawah tulangan tekan (L=60m)	360
Gambar 4. 55 Elastomer Bearing Pad untuk bentang 60m	419

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Literatur Terdahulu	7
Tabel 2. 2 Tebal Minimum Sayap Atas	13
Tabel 2. 3 Berat Isi untuk Beban Mati	14
Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	15
Tabel 2. 5 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambahan	16
Tabel 2. 6 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	16
Tabel 2. 7 Faktor Beban Truk “T”	18
Tabel 2. 8 Nilai V_0 dan Z_0 Variasi Kondisi Permukaan Hulu	22
Tabel 2. 9 Tekanan Angin Dasar	22
Tabel 2. 10 Tekanan Angin Dasar Berbagai Sudut Serang	23
Tabel 2. 11 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan	24
Tabel 2. 12 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2	25
Tabel 2. 13 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk	25
Tabel 2. 14 Zona Gempa	28
Tabel 2. 15 Kombinasi Pembebanan dan Faktor Beban	32
Tabel 2. 16 Koefisien Kelengkungan dan Wobble	49
Tabel 2. 17 Nilai KRE dan J	50
Tabel 2. 18 Nilai C	51
Tabel 2. 19 Koefisien Susut KSH	51
Tabel 2. 20 Batasan Defleksi BMS ($L =$ Panjang Jembatan)	61
Tabel 4. 1 Rencana Tebal Plat Penampang Girder Segmen Standar pada Bentang 80m	75
Tabel 4. 2 Perhitungan Momen Inersia pada Segmen Standar Section 1 dan 3 manual	77
Tabel 4. 3 Rencana Tebal Plat Penampang Girder Segmen Tumpuan pada bentang 80m	81
Tabel 4. 4 Rencana Tebal Plat Penampang Girder Segmen Standar pada Bentang 60m	85

Tabel 4. 5 Rencana Tebal Plat Penampang Girder Segmen Tumpuan pada Bentang 60m	88
Tabel 4. 6 Daerah aman pada keadaan awal akibat berat sendiri (a1) pada Bentang 80m	112
Tabel 4. 7 Daerah aman pada keadaan setelah kehilangan tegangan (a2) pada Bentang 80m.....	114
Tabel 4. 8 Daerah aman pada keadaan setelah berat sendiri dan beban mati bekerja (a3) pada Bentang 80m	115
Tabel 4. 9 aman pada keadaan setelah semua beban bekerja (a4) pada Bentang 80m	117
Tabel 4. 10 Layout Tendon Baris 1 pada Bentang 80m	124
Tabel 4. 11 Layout Tendon Baris 2 pada Bentang 80m	126
Tabel 4. 12 Layout Tendon Baris 3 pada Bentang 80m	128
Tabel 4. 13 Layout Tendon Baris 4 pada Bentang 80m	130
Tabel 4. 14 Layout Tendon Baris 5 pada Bentang 80m	132
Tabel 4. 15 Eksentrisitas Tendon pada Bentang 80m.....	134
Tabel 4. 16 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Sebelum Kehilangan Prategang pada Serat Atas pada Bentang 80m	152
Tabel 4. 17 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Sebelum Kehilangan Prategang pada Serat Bawah pada Bentang 80m	154
Tabel 4. 18 Gambar Tegangan yang Terjadi pada Box Girder Sebelum Kehilangan Gaya Prategang untuk Bentang 80m	156
Tabel 4. 19 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Setelah Kehilangan Prategang pada Serat Atas pada Bentang 80m	167
Tabel 4. 20 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Setelah Kehilangan Prategang pada Serat Bawah pada Bentang 80m	169
Tabel 4. 21 Gambar Tegangan yang Terjadi pada Box Girder Setelah Kehilangan Gaya Prategang untuk Bentang 80m	171
Tabel 4. 22 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja Serat Atas pada Bentang 80m.....	182

Tabel 4. 23 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja Serat Bawah pada Bentang 80m.....	184
Tabel 4. 24 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir pada Serat Bawah pada Bentang 80m.....	186
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Penulangan Geser Box Girder pada Bentang 80m.....	209
Tabel 4. 26 Rekapitulasi Penulangan Lentur Box Girder Segmen Balok Ujung pada Bentang 80m	259
Tabel 4. 27 Rekapitulasi Penulangan Lentur Box Girder Segmen Balok Ujung pada Bentang 80m	259
Tabel 4. 28 Daerah aman pada keadaan awal akibat berat sendiri (a1) pada bentang 60m	273
Tabel 4. 29 Daerah aman pada keadaan setelah kehilangan tegangan (a2) pada bentang 60m	274
Tabel 4. 30 Daerah aman pada keadaan setelah berat sendiri dan beban mati bekerja (a3) pada bentang 60m.....	276
Tabel 4. 31 Daerah aman pada keadaan setelah semua beban bekerja (a4) pada bentang 60m	277
Tabel 4. 32 Layout Tendon Baris 1 pada Bentang 60m	285
Tabel 4. 33 Layout Tendon Baris 2 pada Bentang 60m	287
Tabel 4. 34 Layout Tendon Baris 3 pada Bentang 60m	289
Tabel 4. 35 Layout Tendon Baris 1 pada Bentang 60m	291
Tabel 4. 36 Eksentrisitas Tendon pada Bentang 60m.....	293
Tabel 4. 37 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Sebelum Kehilangan Prategang pada Serat Atas pada Bentang 60m	310
Tabel 4. 38 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Sebelum Kehilangan Prategang pada Serat Bawah pada Bentang 60m	312
Tabel 4. 39 Gambar Tegangan yang Terjadi pada Box Girder Sebelum Kehilangan Gaya Prategang untuk Bentang 60m	314
Tabel 4. 40 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Setelah Kehilangan Prategang pada Serat Atas pada Bentang 60m	322

Tabel 4. 41 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Awal Setelah Kehilangan Prategang pada Serat Bawah pada Bentang 60m	324
Tabel 4. 42 Gambar Tegangan yang Terjadi pada Box Girder Setelah Kehilangan Gaya Prategang untuk Bentang 60m	326
Tabel 4. 43 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja Serat Atas	334
Tabel 4. 44 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir Saat Semua Beban Bekerja Serat Bawah	336
Tabel 4. 45 Kontrol Tegangan Beton Kondisi Akhir pada Serat Bawah pada Bentang 60m.....	338
Tabel 4. 46 Rekapitulasi Penulangan Geser Box Girder pada Bentang 60m.....	359
Tabel 4. 47 Rekapitulasi Penulangan Lentur Box Girder Segmen Balok Ujung pada Bentang 60m	408
Tabel 4. 48 Rekapitulasi Penulangan Lentur Box Girder Segmen Balok Standar pada Bentang 60m	409

Hermanus Khatar Tigtigweria, 20201028, 2024. **STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN MENGGUNAKAN BETON BOX GIRDER PRATEGANG PADA JEMBATAN RAJAMANDALA BANDUNG BARAT**. Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Pembimbing 1 : Ir. Sudirman Indra, Msc. Pembimbing II : Hadi S. W. Sunarwadi, ST., MT.

ABSTRAK

Jembatan Rajamandala atau yang lebih dikenal tol “gopek” merupakan jembatan yang menghubungkan Kabupaten Cianjur dan Kabupaten Bandung Barat. Jembatan ini memiliki lebar 10 meter dengan total bentang 220 meter. Menggunakan struktur beton pracetak *box girder*. Jembatan ini ditopang pada 2 pilar dengan tinggi mencapai 30m dari elevasi muka tanah asli. Pada alternatif perencanaan kembali akan digunakan box girder prategang, dengan metode *Span By Span* agar mengurangi jumlah tendon yang diperlukan untuk menopang pembebanan di atasnya.

Analisa statika menggunakan bantuan dari program *CSI Bridge V25* yang memaksimalkan analisa terhadap gaya dalam yang terjadi akibat pembebanan yang diberikan. Digunakan 2 tipe pembebanan yaitu pembebanan statis dari beban lajur "TD" dan pembebanan dinamis dari beban lajur "TT". Peraturan yang digunakan penulis sebagai acuan dalam mengontrol gaya yang terjadi antara lain adalah SNI 1725:2016, SNI 2052:2017, SNI 2833:2016, SNI 2847:2019, SNI 3967:2008 dan SNI 7833:2012. Dalam isi dari tuags akhir, akan dibahas mengenai perhitungan jumlah tendon dan untaian, menggambar daerah aman tendon, penulangan lentur, penulangan geser, dan penulangan *end block*, perhitungan kebutuhan elastomer. Kabel prategang yang digunakan adalah tendon dari VSL *type Y1860S7* berdasarkan *prEN 10138 - 3 (2009)* dengan diameter 1 untaian mencapai 15,7mm.

Hasil dari analisa didapatkan, pada bentang 80m akan digunakan jumlah tendon mencapai 16, dengan 52 untaian per tendon, yang menghasilkan kehilangan gaya prategang mencapai 9,74% dan didapatkan lendutan maksimum yang terjadi mencapai 49mm. Tegangan yang terjadi ditengah bentang untuk kondisi 3, pada serat atas mencapai -16,908 mPa. dan pada serat bawah mencapai -9,848 mPa. pada bentang 60m akan digunakan jumlah tendon mencapai 11, dengan 43 untaian per tendon, yang menghasilkan kehilangan gaya prategang mencapai 14,33% dan didapatkan lendutan maksimum yang terjadi mencapai 32mm. Tegangan yang terjadi ditengah bentang untuk kondisi 3, pada serat atas mencapai -13,622 mPa. dan pada serat bawah mencapai -8,469 mPa.

Kata kunci: Box Girder, Jembatan Rajamandala, Beton Prategang, VSL.

Hermanus Khatar Tigtigweria, 20201028, 2024. **STUDY OF ALTERNATIVE STRUCTURAL DESIGN OF A BRIDGE USING PRESTRESSED CONCRETE BOX GIRDER ON THE RAJAMANDALA BRIDGE, WEST BANDUNG.** Department of Civil Engineering S-1 Faculty of Civil Engineering and Planning, Malang National Institute of Technology. Supervisor I: Ir. Sudirman Indra, Msc. Supervisor II : Hadi S. W. Sunarwadi, ST., MT.

ABSTRACT

The Rajamandala Bridge or better known as the "gopek" toll road is a bridge that connects Cianjur Regency and West Bandung Regency. This bridge is 10 meters wide with a total span of 220 meters. Using a box girder precast concrete structure. This bridge is supported on 2 pillars with a height of up to 30m from the original ground level. In the re-planning alternative, prestressed box girders will be used, using the Span By Span method to reduce the number of tendons needed to support the load above the bridge.

Analysis of the bridge will use the CSI Bridge V25 program which maximizes analysis of the internal forces that occur due to the applied loading. Two types of loading are used, namely static loading from the "TD" lane load and dynamic loading from the "TT" lane load. The regulations used by the author as a reference in controlling the forces that occur include SNI 1725:2016, SNI 2052:2017, SNI 2833:2016, SNI 2847:2019, SNI 3967:2008 and SNI 7833:2012. In the contents of the final task, we will discuss calculating the number of tendons and strands, drawing safe areas for tendons, bending reinforcement, shear reinforcement and end block reinforcement, calculating elastomer requirements. The prestressing cable used is a tendon from VSL type Y1860S7 based on prEN 10138 - 3 (2009) with a diameter of 1 strand reaching 15,7mm.

The results of the analysis showed that for a span of 80m, 16 tendons with 52 strands would be used for a tendon, which resulted in a prestress force loss of 9,74% and a maximum deflection of 49mm. The stress that occurs in the middle of the span for condition 3, at the top fiber reaches -16,908 mPa. and at the bottom fiber it reaches -9,848 mPa. on a span of 60m, the number of tendons reaching 11, with 43 strands, will be used for a tendon, which results in a loss of prestress force reaching 14.33% and a maximum deflection that occurs reaching 32mm. The stress that occurs in the middle of the span for condition 3, at the top fiber reaches -13.622 mPa. and at the bottom fiber it reaches -8,469 mPa.

Keyword: Box Girder, Rajamandala Bridge, Prestressed Concrete, VSL.