

**PERENCANAAN ALTERNATIF TENDON PRATEGANG DENGAN
VARIASI TATA LETAK TENDON DAN MUTU TENDON PADA
STRUKTUR ATAS JEMBATAN BATANG LASI KOTA SAWAHLUNTO
DENGAN MENGGUNAKAN PENAMPANG PRESTRESSED CONCRETE
GIRDER**

TUGAS AKHIR

*“Tugas Akhir ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S1) Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Negeri Padang”*



OLEH:

MUHAMMAD DIGO

19323037/2019

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2023

PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ALTERNATIF TENDON PRATEGANG DENGAN VARIASI TATA
LETAK TENDON DAN MUTU TENDON PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN
BATANG LASI KOTA SAWAHLUNTO DENGAN MENGGUNAKAN PENAMPANG
PRESTRESSED CONCRETE GIRDER

Nama : Muhammad Digo
Nim/BP : 19323037
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Padang, 15 Oktober 2023

Disetujui oleh

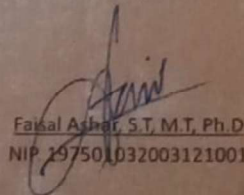
Dosen pembimbing



Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M. Eng.
NIP. 198207302009122005

Mengetahui

Ketua Departemen Teknik Sipil



Faisal Ashraf, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197501032003121001

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PERENCANAAN ALTERNATIF TENDON PRATEGANG DENGAN VARIASI TATA
LETAK TENDON DAN MUTU TENDON PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN
BATANG LASI KOTA SAWAHLUNTO DENGAN MENGGUNAKAN PENAMPANG
PRESTRESSED CONCRETE GIRDER

Nama : Muhammad Digo
Nim/BP : 19323037
Program Studi : Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan dinyatakan Lulus sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Prodi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, universitas Negeri Padang.

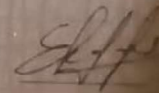
Padang, 15 Oktober 2023

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M. Eng



2. Anggota : Dr. Juniman Silalahi, M.Pd.



3. Anggota : Fajri Yusmar, S.T., M.T.





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7059006, FT: (0751) 7055044, 445118 Fax. 7055044
E-mail : info@ft.unp.ac.id

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Digo
NIM/TM : 19323037
Program Studi : SI Teknik Sipil
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi/Tugas Akhir/Proyek Akhir saya dengan judul... Perencanaan Alternatif Tendon Prategang Dengan Variasi Tabat Letak Tendon dan Mutu Tendon Pada Struktur Atas Jembatan Patang Lati Katz Lurahunto Dengan Menggunakan Perampang Prestressed Concrete Girder

Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara. Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Diketahui oleh,
Ketua Departemen Teknik Sipil

(Faisal Ashar, ST., MT., Ph.D)
NIP. 19750103 200312 1 001

Saya yang menyatakan,


Muhammad Digo

BIODATA



A. Data Diri

Nama Lengkap : Muhammad Digo
Tempat/Tanggal Lahir : Panyakalan, Kabupaten Solok/21 Januari 2001
Agama : Islam
Jenis Kelamin : Laki-laki
Golongan Darah : B
Anak ke : 1 (satu)
Jumlah Saudara : 1 (satu)
Nama Ayah : Metrisia
Nama Ibu : Fitriani
Alamat : Solok Dalam, Nagari Solok Bio-Bio, Kecamatan Harau, Kabupaten 50 Kota, Provinsi Sumatera Barat
Email : digopyk17@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

SD : SD Negeri 01 Solok Bio-Bio
SMP : SMP Plus Ibnu Khaldun
SMA : SMA Negeri 1 Harau
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

C. Tugas Akhir

Judul : Perencanaan Alternatif Tendon Prategang Dengan Variasi Tata Letak Tendon dan Mutu Tendon Pada Struktur Atas Jembatan Batang Lasi Kota Sawahlunto Dengan Menggunakan Penampang *PreStressed Concrete Girder*

Tanggal Ujian Sidang : 26 Agustus 2023

ABSTRAK

Jembatan Batang Lasi dibangun dengan menggunakan beton prategang PCI girder dengan beton mutu f_c 45 mPa dan menggunakan tendon dengan mutu ASTM A416 grade 270 low relaxation. Dalam perencanaan beton prategang, mutu dan layout tendon berpengaruh dalam menghasilkan tegangan-tegangan, serta *loss of prestressed*. Untuk itu perlu alternatif perencanaan layout tendon dan mutu yang berbeda, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap elemen prategang untuk jembatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan PCI girder dalam memikul gaya gaya yang bekerja serta melakukan analisa kehilangan gaya prategang akibat pengaruh penggunaan mutu dan letak tendon prategang. Jenis penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode analitis yang mengacu pada SNI 2847-2013.

Hasil dari penelitian ini yaitu terdapat perbedaan tata letak tendon *strand 7 wire* ASTM A416 grade 250 low relaxation dan *strand 7 wire* ASTM A779 grade 270, dengan tendon yang digunakan di jembatan Batang Lasi. Kehilangan gaya prategang yang terjadi pada tendon 12,7 mm (*strand 7 wire* ASTM A416 grade 250 low relaxation) diperoleh nilai terkecil pada *loss of prestressed* akibat gesekan ankur, pemendekan elastis, relaksasi tendon, dan gaya prategang efektif. Sementara kehilangan gaya prategang akibat gesekan tendon dan pengankuran diperoleh nilai terkecil dengan menggunakan tendon di lapangan (*strand 7 wire* ASTM A416 grade 270 low relaxation). Dari hasil analisis kedua variasi mutu tendon diketahui bahwa hanya *strand 7 wire* ASTM A416 grade 250 low relaxation yang mampu memikul beban dan memiliki *loss of prestressed* yang kecil daripada yang digunakan di *strand 7 wire* ASTM A779 grade 270

Kata kunci: *Loss of prestressed*, tendon prategang, tata letak tendon, mutu tendon, posisi tendon, tegangan, balok prategang, girder.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan nikmat-Nya, dan tidak lupa shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada nabi besar kita Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “PERENCANAAN ALTERNATIF TENDON PRATEGANG DENGAN VARIASI TATA LETAK TENDON DAN MUTU TENDON PADA STRUKTUR ATAS JEMBATAN BATANG LASI KOTA SAWAHLUNTO MENGGUNAKAN PRESTRESSED CONCRETE GIRDER”. Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam menyelesaikan Program Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sipil, Departemen Selama penulisan Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan memberi bantuan, baik secara moral maupun materil. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kehidupan, keselamatan dan kesehatan baik jasmani dan rohani, serta kelancaran dan kemudahan dalam melakukan segala urusan. Dan Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi panutan penulis.
2. Ibu Dr. Eng. Eka Juliafad, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir ini yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberikan banyak masukan, arahan, nasihat, ilmu dan saran selama proses penyelesaian tugas akhir ini dari awal hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Serta selaku Kepala Labor Mekanika Tanah dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil, Departemen Teknik, Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Dr. Juniman Silalahi, M.Pd., selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberi arahan, saran, ilmu dan nasihat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Bapak Fajri Yusmar, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu untuk membimbing, memberi arahan, saran, ilmu dan nasihat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Kepada kedua orang tua penulis serta keluarga penulis lainnya yang senantiasa memberi dukungan, motivasi, arahan, nasihat, dan saran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman seperjuangan Jurusan Teknik Sipil, yang telah banyak membantu selama perkuliahan hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan di kos pak Edi yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang banyak membantu penulis serta menjadi keluarga penulis selama di padang.
8. Nona pemilik NIM 22111041 yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

DAFTAR ISI

Halaman

| | |
|--|------------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR TABEL..... | ix |
| NOTASI RUMUS | xi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang..... | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 5 |
| C. Batasan Masalah | 5 |
| D. Rumusan Masalah..... | 6 |
| E. Tujuan Tugas Akhir..... | 6 |
| F. Manfaat Tugas Akhir | 6 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA | 8 |
| A. Jembatan..... | 8 |
| B. Beton..... | 9 |
| C. Beton Prategang | 11 |
| D. Perbedaan Beton Bertulang Dengan Beton Prategang..... | 15 |
| E. Sistem Pemberian Prategang..... | 17 |
| 1. Post-Tensioning (Pasca Tarik) | 17 |
| 2. Pre-Tensioning (Pra Tarik)..... | 18 |
| F. Perencanaan Beton Prategang | 19 |
| G. Material Beton dan Baja Untuk Beton Prategang..... | 22 |
| H. PC I Girder (Prestressed Concrete I)..... | 26 |
| I. Tendon Prategang..... | 28 |
| J. Analisis dan Desain Balok Pratekan untuk Lentur..... | 32 |

| | | |
|--|--|-----------|
| K. | Jenis-Jenis Beban Pada Jembatan | 33 |
| L. | Kehilangan Prategang (<i>Lost of Prestressed</i>)..... | 36 |
| 1. | Kehilangan Seketika | 36 |
| 2. | Kehilangan Tegangan Akibat Waktu | 42 |
| 3. | Kehilangan Tegangan Akibat Penarikan Kabel Melengkung Secara Berurutan..... | 45 |
| 4. | Kehilangan Total Dalam Desain | 46 |
| M. | Penelitian Relevan..... | 47 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | | 50 |
| A. | Jenis Penelitian..... | 50 |
| B. | Denah Lokasi Proyek..... | 50 |
| C. | Data dan Sumber Data Penelitian..... | 52 |
| D. | Tahap Pelaksanaan Penelitian | 54 |
| 1. | Kajian Teori | 54 |
| 2. | Pengumpulan Data..... | 54 |
| 3. | Analisis Penampang | 54 |
| 4. | Pembebanan pada Jembatan | 55 |
| 5. | Analisis Momen dan Gaya Geser | 55 |
| 6. | Analisis Kehilangan Prategang Akibat Variasi Tata Letak Tendon dan Mutu Tendon 55 | |
| 7. | Menentukan Posisi Tendon | 55 |
| 8. | Kontrol Tegangan..... | 55 |
| 9. | Menyimpulkan Pengaruh Variasi Letak Tendon | 56 |
| E. | Diagram Alir Penelitian | 56 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | | 58 |
| A. | Deskripsi Proyek..... | 58 |
| B. | Data Proyek..... | 59 |
| 1. | Dana Proyek | 59 |
| 2. | Data Proyek..... | 59 |
| 3. | Data Struktur..... | 60 |
| C. | Analisis | 62 |

| | |
|---|------------|
| 1. Section Properties | 62 |
| 2. Pembebanan | 64 |
| 3. Momen dan Gaya Geser | 68 |
| 4. Gaya Prategang dan Jumlah Tendon | 69 |
| 5. Posisi Tendon | 72 |
| 6. Eksentrisitas Masing-Masing Tendon | 76 |
| 7. Lintasan Inti Tendon..... | 78 |
| 8. Sudut Angkur..... | 81 |
| 9. Tata Letak dan <i>Trace</i> Kabel | 82 |
| 10. Kehilangan Tegangan (<i>Loss Of Prestressed</i>) pada Tendon..... | 90 |
| 11. Tegangan yang Terjadi Pada Penampang Balok | 102 |
| 12. Tegangan yang Terjadi Pada Balok Komposit | 105 |
| 13. Kontrol Tegangan Terhadap Kombinasi Pembebanan..... | 111 |
| D. Pembahasan..... | 114 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 119 |
| A. Kesimpulan..... | 119 |
| B. Saran | 120 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 121 |
| LAMPIRAN..... | 123 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 1.1. Peta Lokasi Jembatan Batang Lasi CS..... | 2 |
| Gambar 1.2. Detail PC I Girder | 4 |
| Gambar 1.3. Layout Tendon Prategang | 4 |
| Gambar 2.1. Komponen-Komponen Jembatan | 8 |
| Gambar 2.2. Struktur Balok Pratekan Pertama Oleh PH. Jackson | 12 |
| Gambar 2.3. Diagram Tegangan-Regangan Beton..... | 14 |
| Gambar 2.4. Proses Pembuatan Beton Prategang Pascatarik | 17 |
| Gambar 2.5. Tendon <i>Multistrand</i> | 18 |
| Gambar 2.6. Proses Pembuatan Beton Prategang Pratarik..... | 19 |
| Gambar 2.7. Spesifikasi PC I <i>Grider</i> Jembatan Batang Lasi | 27 |
| Gambar 2.8. Penarikan Kabel Melengkung Secara Berurutan | 30 |
| Gambar 2.9 Posisi Tendon Prategang | 30 |
| Gambar 2.10. Diagram Kehilangan Tegangan Akibat Pemindahan Gaya | 40 |
| Gambar 3.1. Peta Lokasi Proyek Penggantian Jembatan Batang Lasi | 50 |
| Gambar 3.2. Peta Lokasi Jembatan Batang Lasi..... | 53 |
| Gambar 3.3 Bangunan Jembatan Batang Lasi..... | 53 |
| Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian..... | 54 |
| Gambar 4.1. Dimensi Balok Girder..... | 60 |
| Gambar 4.2. Penampang di Tengah Bentang | 62 |
| Gambar 4.3. Beban lajur | 65 |
| Gambar 4.4. Posisi Tendon di Tengah Bentang..... | 72 |
| Gambar 4.5. Posisi Tendon di Tumpuan..... | 74 |
| Gambar 4.6. Lintasan inti tendon | 78 |
| Gambar 4.7. Lintasan inti tendon..... | 78 |
| Gambar 4.8. Lubang tendon 0 m dari tumpuan..... | 79 |
| Gambar 4.9. Lubang tendon 5 m dari tumpuan..... | 83 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 4.10. Lubang tendon 10 m dari tumpuan..... | 84 |
| Gambar 4.11. Lubang tendon 15 m dari tumpuan..... | 84 |
| Gambar 4.12. Lubang tendon 20,4 m dari tumpuan..... | 85 |
| Gambar 4.13. Lubang tendon 0 m dari tumpuan..... | 87 |
| Gambar 4.14. Lubang tendon 5 m dari tumpuan..... | 87 |
| Gambar 4.15. Lubang tendon 10 m dari tumpuan..... | 88 |
| Gambar 4.16. Lubang tendon 15 m dari tumpuan..... | 88 |
| Gambar 4.17. Lubang tendon 20,4 m dari tumpuan..... | 89 |
| Gambar 4.18. Tegangan yang terjadi akibat berat sendiri..... | 104 |
| Gambar 4.19. Tegangan yang terjadi akibat berat sendiri..... | 107 |
| Gambar 4.20. Grafik Perbandingan <i>Loss Of Prestressed</i> | 114 |
| Gambar 4.21. Perbedaan Tata Letak Tendon 1..... | 115 |
| Gambar 4.22. Perbedaan Tata Letak Tendon 2..... | 116 |
| Gambar 4.23. Perbedaan Tata Letak Tendon 3..... | 116 |
| Gambar 4.24. Perbedaan Tata Letak Tendon 4..... | 117 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 2.1 Perbedaan Beton Bertulang Dengan Beton Prategang..... | .16 |
| Tabel 2.2 <i>Strands</i> standar 7 <i>wire strands</i> | 31 |
| Tabel 2.3. Nilai berat volume bahan | .34 |
| Tabel 2.4. Koefisien <i>Wooble</i> dan Friksi Tendon Pasca Tarik..... | .39 |
| Tabel 2.5. Nilai X dan λ Untuk Berbagai <i>Layout</i> Tendon..... | .41 |
| Tabel 2.6. Koefisien Susut K_{sh} | .44 |
| Tabel 3.1 Data Jembatan..... | .52 |
| Tabel 3.2. Dimensi Balok PC I Girder..... | .53 |
| Tabel 3.3. Spesifikasi Tendon Prategang | .53 |
| Tabel 3.4. Spesifikasi Baja Tulangan | .54 |
| Tabel 4.1. <i>section properties</i> | .63 |
| Tabel 4.2. Persamaan momen dan gaya geser | .67 |
| Tabel 4.3. Perhitungan Momen dan Gaya Geser | .68 |
| Tabel 4.4. Jumlah Masing-Masing Tendon | .74 |
| Tabel 4.5. Momen Statis tendon..... | .75 |
| Tabel 4.6. Jumlah Masing-Masing Tendon | .75 |
| Tabel 4.7. Momen Statis Tendon | .76 |
| Tabel 4.8. Eksentrisitas Masing- Masing Tendon..... | .76 |
| Tabel 4.9. Eksentrisitas Masing-Masing Tendon..... | .77 |
| Tabel 4.10. Lintasan Inti Tendon..... | .78 |
| Tabel 4.11. Lintasan Inti Tendon | .80 |
| Tabel 4.12. Sudut Angkur | .81 |
| Tabel 4.13. Sudut Angkur | .81 |
| Tabel 4.14. Tata Letak Masing-Masing Tendon | .82 |
| Tabel 4.15. Posisi Masing-Masing Kabel | .85 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4.16. Tata Letak Masing-Masing Tendon | .86 |
| Tabel 4.17. Posisi Masing-Masing Kabel | .89 |
| Tabel 4.18. Rekapitulasi <i>Loss Of Prestrsesed</i> | 98 |
| Tabel 4.19. Rekapitulasi <i>Loss Of Prestressed</i> | 100 |
| Tabel 4.20. Kombinasi Pembebanan..... | 110 |
| Tabel 4.21. Kontrol Tegangan Kombinasi 1..... | 110 |
| Tabel 4.22. Kontrol Tegangan Kombiinas 1..... | 110 |
| Tabel 4.23. Kontrol Tegangan Kombinasi 2..... | 111 |
| Tabel 4.24. Kontrol Tegangan Kombinasi 2..... | 111 |
| Tabel 4.25. kontrol Tegangan Kombinasi 3..... | 111 |
| Tabel 4.26. Kontrol Tegangan Kombinasi 3..... | 112 |
| Tabel 4.27. Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i> Pada Masing-Masing Tendon..... | 112 |
| Tabel 4.28. Gaya Prategang Akibat <i>Jacking</i> Pada Masing-Masing Tendon..... | 113 |
| Tabel. 4.29. Perbandingan <i>Loss Of Prestrssed</i> | 113 |
| Tabel 4.30. Tegangan yang Terjadi Penampang Balok..... | 115 |

NOTASI RUMUS

| | |
|-----------|---|
| μ | : Koefisien gesek tendon |
| A | : Luas penampang balok prategang |
| A_c | : Luas penampang beton antara akhir pengecoran dan pemberian gaya prategang. |
| A_s | : Luas tampang minimal strand |
| A_s | : Luas penampang baja baja prategang |
| C | : Faktor relaksasi, nilainya tergantung pada jenis kawat |
| CR | : Kehilangan tegangan akibat rangkai |
| C_w | : Kecepatan angin rencana |
| D | : <i>Dead Load</i> |
| d | : Penyetelan ankur ditambah susut SH. |
| e | : 2,7183 |
| E_c | : Modulus elastisitas beton |
| ECS | : Kehilangan tegangan pada tendon akibat rangkai CR |
| E_p | : Modulus elastisitas baja prategang |
| E_{ps} | : Modulus tendon |
| EQ | : Beban Gempa |
| es | : Eksentrisitas |
| ES | : Kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis |
| E_s | : Modulus elastisitas baja |
| E_s | : Modulus elastisitas baja prategang |
| EW | : Beban Angin |
| f | : Ordinat maksimum pada tengah bentang untuk masing-masing kabel |
| f'_{ac} | : Tegangan beton di serat atas balok |

| | |
|-----------|--|
| f_{ac} | : Tegangan beton di serat atas plat |
| f_{bc} | : Tegangan beton diserat bawah balok |
| f_c | : Tegangan pada penampang |
| f_c' | : Kuat tekan beton |
| f_c' | : Tegangan beton pada tingkat (level) baja |
| f_{cd} | : Tegangan pada beton pada pusat berat tendon akibat beban mati |
| f_{ci} | : Tegangan pada beton pada level baja sesaat setelah transfer |
| f_{ci}' | : Kuat tekan beton awal |
| f_{cp} | : Tegangan tekan beton rata-rata pada pusta berat tendon |
| f_{pc} | : Tegangan efisien tendon setelah semua kehilangan tegangan diperhitungkan |
| f_{pi} | : Tegangan pada tendon ketika pemindahan gaya prategang |
| f_{pi} | : Tegangan pada tendon sesaat setelah pemindahan gaya prategang |
| f_{pu} | : Kuat tarik tendon prategang yang disyaratkan |
| f_{py} | : Kuat leleh tendon prategang disyaratkan |
| f_u | : Kuat tarik strand |
| h | : Tinggi balok |
| h_0 | : Tebal plat lantai |
| h_a | : Tebal lapisan aspal |
| H_{TB} | : Gaya Rem |
| I_x | : Momen inersia |
| J | : Faktor waktu, harganya berkisar |
| K | : Koefisien <i>wooble</i> |
| K_{cr} | : Koefisien rangkak (2,0 untuk pratarik dan 1,6 untuk pasca tarik) |
| KEL | : Beban garis |
| K_{re} | : Koefisien relaksasi |
| K_{sh} | : Koefisien susut, harganya ditentukan terhadap waktu |
| L | : <i>Live Load</i> |

L : Panjang tendon
 LOF : Kehilangan gaya prategang total
 L_r : Beban Atap
 L_x : Panjang tendon dari angkur sampai titik yang diperiksa
 M_A : Momen akibat berat sendiri
 M_{EB} : Momen akibat gaya rem
 M_{EQ} : Momen akibat beban gempa
 M_{EW} : Momen akibat gaya rem
 M_{ms} : Momen akibat berat sendiri
 M_n : Kapasitas penampang terhadap momen
 M_S : Beban berat sendiri
 M_T : Momen total
 M_{TB} : Momen akibat beban lajur
 n : Jumlah kawat untai
 n : jumlah diafragma
 n : Rasio modular (E_s/E_c)
 \emptyset : Faktor reduksi
 \emptyset_s : Diameter nominal strand
 \emptyset_t : Diameter selubung ideal
 \emptyset_t : Luas tampang strand
 p : Beban terpusat pada balok
 P_1 : Besar hilangnya gaya prategang dititik 1
 P_2 : Besar hilangnya gaya prategang dititik 2
 P_{bl} : Beban putus satu tendon
 P_{bs} : Beban putus nominal satu strand
 P_i : Gaya prategang awal
 P_n : Kapasitas penampang terhadap gaya aksial
 P_s : Gaya prategang pada ujung angkur

- P_s : Gaya pratekan di ujung angkur
 P_t : Gaya prategang awal
 P_x : Gaya prategang pada titik yang ditinjau
 q : Beban merata pada balok
 R : Beban Air Hujan
 R : Rasio kehilangan gaya prategang
 R : Relaksasi yang direncanakan, dalam %
 RH : Kelembaban udara relatif
 R_n : Kapasitas bahan
 R_u : Aksi desain
 s : Jarak antara balok prategang
 S : Luas permukaan dari suatu komponen struktur
 SH : Kehilangan tegangan akibat susut
 TB : Gaya rem
 TD : Beban lajur
 T_{EW} : Beban garis merata tambahan arah horizontal pada permukaan lantai jembatan akibat beban angin
 T_n : Kapasitas penampang terhadap puntir
 U : Kuat Perlu
 UDL : Beban merata
 V : Volume beton dari suatu komponen struktur
 V_n : Kapasitas penampang terhadap gaya geser
 V_w : Koeffisien seret
 W : berat 1 buah diafragma
 W_a : Tahanan momen sisi atas
 W_{aspal} : Berat jenis aspal
 W_b : Tahanan momen sisi bawah
 x : Panjang proyeksi kabel dari ujung balok ke arah bentang (m)

- X_1 : jarak diafragma dari tengah bentang
 X_2 : jarak diafragma dari tengah bentang
 X_3 : jarak diafragma dari tengah bentang
 X_4 : jarak diafragma dari tengah bentang
 y : Posisi kabel pada daerah yang ditinjau
 y_a : Letak titik berat terhadap alas atas penampang
 y_b : Letak titik berat terhadap alas bawah penampang
 Z : Kehilangan tegangan sepanjang bentang ($P_x - P_s$)
 α : Perubahan sudut tendon
 α : Sudut pada tendon
 ΔA : Besarnya slip pada kedudukan angkur saat transfer gaya
 Δf_{pA} : Kehilangan prategang pada kedudukan angkur
 ϵ_{sh} : Susut efektif

BAB I PENDAHULUAN

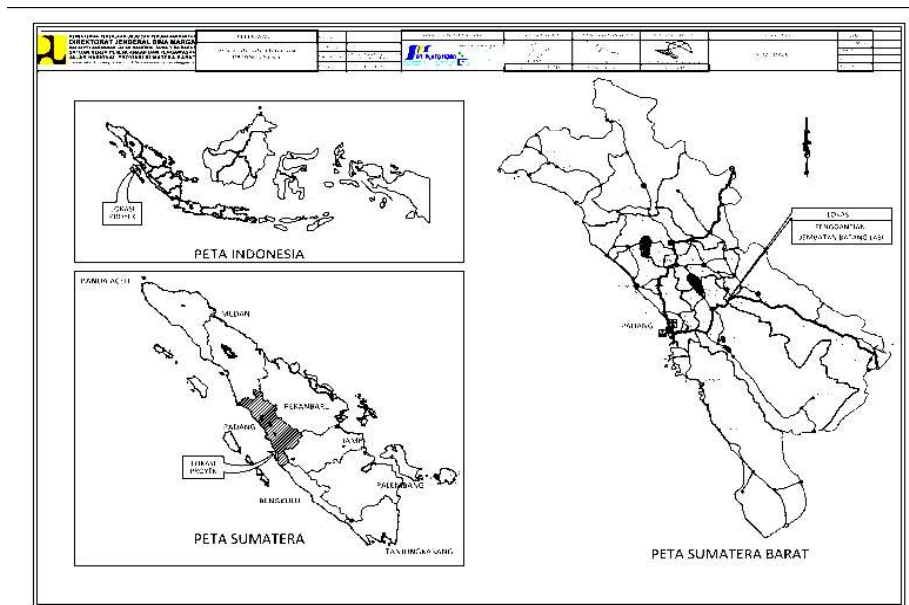
A. Latar Belakang

Jembatan merupakan sebuah konstruksi yang berguna untuk menghubungkan bagian jalan melintasi suatu hambatan yang posisinya lebih rendah dari jalan, hambatan ini dapat berupa jalan lain, saluran irigasi, sungai, lembah dan lainnya (Ir. H. J. Struyk, 1984). Jalan dan jembatan adalah komponen dari sistem transportasi darat yang memegang peran penting terutama dalam menunjang sektor ekonomi, sosial budaya dan lingkungan hidup. Lalu diupayakan melalui pendekatan pembangunan wilayah untuk mencapai kesetaraan dan keseimbangan pembangunan antar wilayah (UU No. 38 Tahun 2004).

Jembatan dapat diklasifikasikan ke berbagai macam jenis berdasarkan fungsi, lokasi, bahan konstruksi, dan tipe struktur. Struktur jembatan sendiri memiliki fungsi memberikan kenyamanan dan keamanan saat berlalu lintas, oleh karena itu diperlukan perencanaan yang matang dengan memperhatikan aspek-aspek penting beban gempa, gaya-gaya yang bekerja, dan penggunaan *layout* tendon.

Dari segi materialnya, jembatan dapat diklasifikasikan menjadi, jembatan komposit, jembatan rangka baja, jembatan prategang, dan jembatan *stayed cable*. Konstruksi jembatan prategang merupakan sebuah konstruksi jembatan yang menggunakan material beton prategang sebagai komponen dari struktur itu sendiri, seperti struktur bawah, abutment, dan balok girder. Beton prategang adalah pemberian pretensioning terhadap tulangan-tulangan baja pada elemen balok beton bertulang. Hal ini bertujuan agar mengurangi atau mencegah terjadinya retak lentur yang dapat terjadi pada tahap pembebanan.

Salah satu proyek yang menggunakan sistem prategang yaitu proyek penggantian jembatan Batang Lasi Kota Sawahlunto. Lokasi proyek Jembatan Batang Lasi CS berada di Jalan Lintas Sumatera, Kecamatan Silungkang, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. Peta lokasi jembatan Batang Lasi dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.2. Peta Lokasi Jembatan Batang Lasi

(Sumber: Data Proyek Penggantian Jembatan Batang Lasi CS)

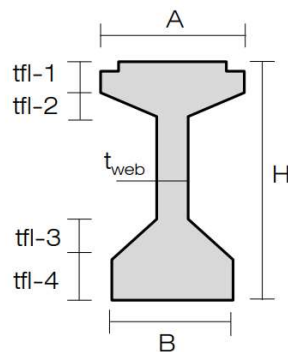
Terdapat dua jembatan yang akan diganti pada Proyek Penggantian Jembatan Batang Lasi CS, yaitu Jembatan Kubang dan Jembatan Batang Lasi. Jembatan Batang Lasi dibangun pada tahun 1975 dan diganti pada tahun 2022. Disebabkan umur jembatan yang sudah tua dan melebihi umur rencana konstruksi yaitu 40 tahun, serta adanya penurunan kemampuan menahan beban layan, maka dikhawatirkan jembatan dapat mengalami kegagalan struktur.

Jembatan Batang Lasi pada awalnya menggunakan struktur rangka baja dengan bentang jembatan 32 meter dan lebar 9 meter kemudian diganti menjadi struktur balok *PCI girder (Prestressed Concrete I girder)* dengan

bentang jembatan 40,8 meter dan lebar 9,6 meter. Balok PC I (*pretressed concrete I*) girder menggunakan beton mutu f_c' 45 MPa dan menggunakan baja mutu tinggi sebagai tulangnya. Satu bentang jembatan terdiri atas 5 segmen balok, dengan panjang segmen tepi 6900 mm dan 3 segmen lainnya dengan panjang 9000 mm. Penulangannya sendiri menggunakan beberapa baja ulir dengan diameter D10, D13, dan D16. Balok girder yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

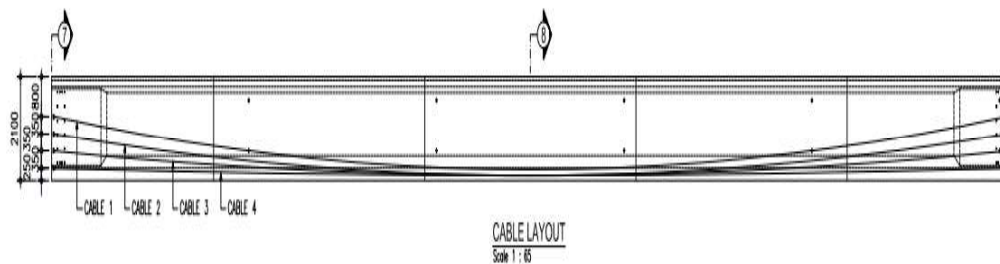
| | | |
|------------------------|---|---------|
| Tinggi balok | = | 2100 mm |
| Lebar sayap atas | = | 800 mm |
| Tinggi sayap 1 (tfl-1) | = | 200 mm |
| Tinggi sayap 2 (tfl-2) | = | 120 mm |
| Tinggi sayap 3 (tfl-3) | = | 250 mm |
| Tinggi sayap 4 (tfl-4) | = | 250 mm |
| Tebal badan balok | = | 200 mm |
| Lebar sayap bawah | = | 700 mm |

Sementara untuk tendonnya diposisikan secara parabola dalam 4 buah lubang tendon. Tendon yang dipakai menggunakan untaian baja sebanyak 67 buah dengan panjang 40800 mm dan diameter 12,7 mm. Lubang tendon 1, 2, dan 3 terdiri atas 19 untaian kabel baja, lalu pada lubang tendon ke 4 menggunakan 10 buah untaian kabel baja. Detail balok PC I girder dapat dilihat pada Gambar 1.3, dan layout tendon prategang dapat dilihat Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Detail PC I Girder

(Sumber: PC I Girder Postension Stek Tepi Batang Lasi CS, WIKA BETON)



Gambar 1.3. Layout Tendon Prategang

(Sumber: PC I Girder Postension Stek Tepi Batang Lasi CS, WIKA BETON)

Beton prategang ialah suatu jenis beton yang mengalami tegangan dalam dan distribusi beban secara efektif sehingga mampu menahan tegangan dari beban luar hingga batas yang ditentukan. Pekerjaan yang harus menjadi salah satu perhatian penting adalah pemberian tegangan (*stressing*) pada baja tendon yang ditempatkan di dalam lubang tendon girder, untuk membuat balok girder menjadi beton prategang (Ibham Yamin, Siswanti, Ilham, 2020).

Beton prategang menerima *pretensioning* terhadap tulangan-tulangan baja pada elemen beton bertulang. Dalam perencanaan beton prategang,

mutu dan layout tendon berpengaruh dalam menghasilkan tegangan-tegangan, serta loss of prestressed. Untuk itu perlu alternatif perencanaan layout tendon dan mutu yang berbeda, untuk mengetahui pengaruhnya terhadap elemen prategang untuk jembatan.

Maka penulis ingin melakukan perencanaan alternatif letak tendon pretegang pada struktur atas jembatan batang lasi yang sebelumnya menggunakan strand ASTM A416 *grade 270 low relaxation* dengan diameter 12,7 mm. Dalam tugas akhir ini, penulis akan membandingkan besarnya kehilangan gaya prategang dengan memvariasikan letak kabel tendon, dan menggantinya dengan ASTM A416 *grade 250 low relaxation* dengan diameter 15,2 mm, dan kabel tendon ASTM A779 dengan diameter 12,7 mm.

Berdasarkan uraian permasalahan diatas penulis tertarik untuk mengangkat Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Alternatif Tendon Prategang Dengan Variasi Tata Letak Tendon dan Mutu Tendon Pada Struktur Atas Jembatan Batang Lasi Menggunakan Penampang Prestressed Concrete I Girder”**.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diidentifikasi masalahnya adalah perencanaan alternatif layout dan mutu tendon dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap elemen prategang pada jembatan Batang Lasi.

C. Batasan Masalah

Diperlukan batasan masalah agar Tugas Akhir ini menjadi terarah dan sesuai dengan sasaran yang akan dituju. Di dalam penyusunan tugas akhir ini ditetapkan batasan-batasan masalahnya sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan pada struktur atas jembatan, tanpa memperhitungkan struktur bawah jembatan.

2. Tidak merencanakan struktur perkerasan jalan.
3. Analisa perhitungan kekuatan PCI *girder* dalam memikul gaya-gaya yang bekerja dibatasi dengan tidak memperhitungkan beban khusus.
4. Analisa dilakukan tanpa memperhitungkan analisa biaya konstruksi dan waktu pelaksanaan.
5. Analisa dilakukan tanpa meninjau aspek hidrologi sungai pada proses desain jembatan.
6. Dimensi dan mutu beton yang digunakan berdasarkan data proyek yang telah ada.

D. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Bagaimana alternatif perencanaan tata letak dan mutu tendon mempengaruhi kekuatan PCI *girder* untuk memikul gaya-gaya yang bekerja?
2. Bagaimana pengaruh letak dan mutu tendon prategang terhadap besarnya *loss of prestressed* yang terjadi?

E. Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh alternatif perencanaan tata letak dan mutu tendon dalam menghasilkan gaya-gaya dalam yang bekerja
2. Mengetahui pengaruh tata letak tendon dan mutu tendon terhadap besarnya *loss of prestressed* yang terjadi.

F. Manfaat Tugas Akhir

Adapun manfaat dari Tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi peneliti
 - a. Meningkatkan wawasan peneliti dalam bidang teknik sipil terutama tentang perencanaan beton prategang.

- b. Salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil.
2. Bagi peneliti selanjutnya
 - Dapat dimanfaatkan oleh peneliti selanjutnya sebagai acuan maupun referensi dalam mengetahui perencanaan alternatif tata tendon prategang.
3. Bagi pembaca
 - Dapat dijadikan pedoman dan juga tambahan ilmu pengetahuan mengenai perencanaan tendon prategang.