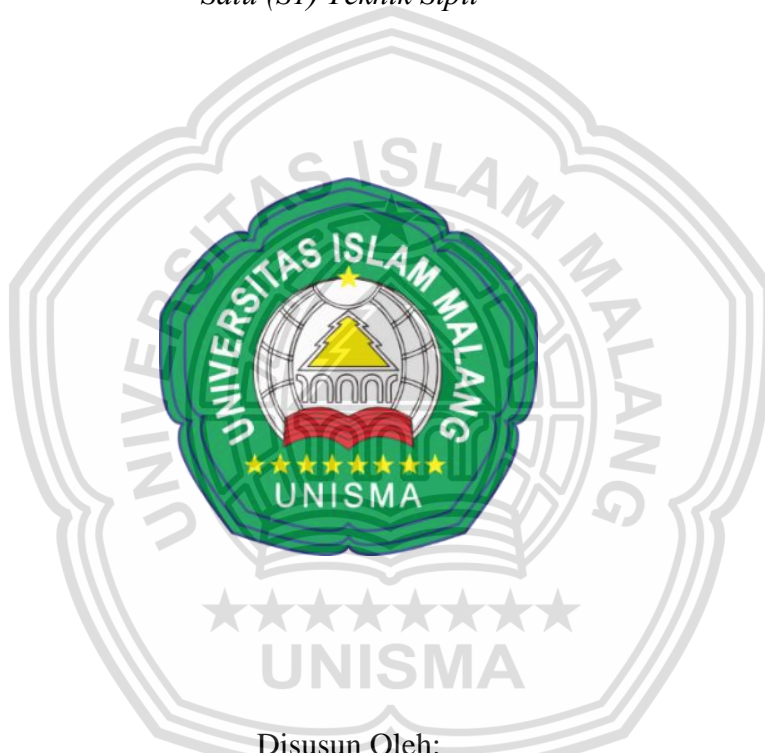




**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN BENTANG TENGAH
JEMBATAN TRISULA LAMA BLITAR MENGGUNAKAN
SINGLE TWIN CELLULAR BOX GIRDER BETON PRATEGANG**

SKRIPSI

*“Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata
Satu (S1) Teknik Sipil”*



Disusun Oleh:
Sindyvia Irzabella Muliawati
219.010.511.24

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2024**

RINGKASAN

Sindhuvia Irzabella Muliawati, 21901051124. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang, Studi Alternatif Perencanaan Bentang Tengah Jembatan Trisula Lama Blitar Menggunakan *Single Twin Cellular Box Girder* Beton Prategang, Dosen Pembimbing: **Ir. Bambang Suprpto, M.T.** Dan **Ir. Warsito, M.T.**

Jembatan Trisula Lama Blitar berada di atas Sungai Brantas yang merupakan jembatan penghubung antara Kabupaten Blitar (arah selatan) dengan Kabupaten Tulungagung (arah barat). Proyek jembatan ini merupakan proyek strategis nasional penggantian dan/atau duplikasi 37 Jembatan *Callender Hamilton* (CH) di Pulau Jawa dan bagian dari mitigasi risiko keruntuhan akibat *overloading* karena jembatan sudah melebihi umur rencana.

Dalam tugas akhir ini, akan direncanakan ulang bentang tengah (bentang terpanjang) jembatan Trisula Lama menggunakan *single twin cellular box girder* dengan material beton prategang, dimana profil jembatan ini memiliki ketahanan puntir yang tinggi dan efektif menahan lendutan dan geser sehingga cocok diaplikasikan untuk jembatan yang panjang dan melengkung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui beban yang bekerja terhadap bentang tengah struktur jembatan Trisula Lama, mengetahui profil *box girder* yang dibutuhkan, dan mengetahui dimensi pilar yang sesuai terhadap beban yang bekerja.

Hasil alternatif perencanaan meliputi, besarnya pembebanan pada *box girder* dari perhitungan beban akibat berat sendiri (Q_{MS}): 323,29424 kN/m; beban mati tambahan (Q_{MA}): 44,267 kN/m; beban hidup yang bekerja termasuk beban lajur "D" (Q_{TD}): 65,25 kN/m; beban garis terpusat (P_{TD}): 488,469 kN; beban pejalan kaki (Q_{TP}): 5 kN/m; beban akibat gaya rem (T_{TB}): 250 kN; beban angin (Q_{EW}): 4,061 kN/m; beban gempa (Q_{EQ}): 40,5236 kN/m. Dimensi *box girder* yang dibutuhkan yaitu, tinggi *box girder* 3 m; lebar total slab atas 11 m, lebar slab atas bagian tengah 9 m dengan tebal 0,5 m; lebar slab atas bagian tepi 1 m dengan tebal 0,25 m; tebal dinding tengah dan dinding tepi 0,5 m; lebar slab bawah 6 m dengan tebal 0,5 m. Jumlah tendon pada *box girder* yang dibutuhkan yaitu 35 buah dengan jenis *strand uncoted 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270*. Dimensi pilar jembatan yang digunakan yaitu, tinggi total *pier head* 1,5 m dengan lebar 11,8 m dan tebal 2,5 m; tinggi *pier wall* 8,8 m dengan lebar 5,5 m dan tebal 2 m; tinggi *pile cap* 1,8 dengan lebar 14 m dengan tebal 10 m.

Kata kunci: *Box Girder*, Jembatan Trisula Lama, *Single Twin*

SUMMARY

Sindhuvia Irzabella Muliawati, 21901051124. *Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang, Alternative Study of Middle Span Planning of Trisula Lama Blitar Bridge Using Prestressed Concrete Single Twin Cellular Box Girder, Advisor: Ir. Bambang Suprpto, M.T. and Ir. Warsito, M.T.*

The Trisula Lama Blitar Bridge is located over the Brantas River and is a bridge connecting Blitar Regency (south) with Tulungagung Regency (west). This bridge project is a national strategic project to replace and/or duplicate 37 Callender Hamilton (CH) Bridges in Java and part of mitigating the risk of collapse due to overloading because the bridge has exceeded its planned life.

In this final project, the middle span (longest span) of the Trisula Lama bridge will be replanned using a single twin cellular box girder with prestressed concrete material, where the profile of this bridge has high torsional resistance and effectively resists deflection and shear so it is suitable for long and curved bridges. The purpose of this study is to knowing the load acting on the middle span of the Trisula Lama bridge structure, knowing the required box girder profile, and knowing the appropriate pillar dimensions against the working load.

The results of alternative planning are, the amount of loading on the box girder from the calculation of the load due to its own weight (QMS): 323.29424 kN/m; additional dead load (QMA): 44.267 kN/m; live load including "D" lane load (QTD): 65.25 kN/m; centralized line load (PTD): 488.469 kN, pedestrian load (QTP): 5 kN/m; load due to brake force (TTB): 250 kN; wind load (QEW): 4.061 kN/m; earthquake load (QEQ): 40.5236 kN/m. The required dimensions of the box girder are: box girder height of 3 m; total width of the upper slab of 11 m; width of the upper slab of the middle section of 9 m with a thickness of 0.5 m; width of the upper slab of the edge section of 1 m with a thickness of 0.25 m; thickness of the middle wall and edge wall of 0.5 m; width of the bottom slab of 6 m with a thickness of 0.5 m. The quantity of tendons on the box girder required is 35 pieces with strand type is uncoted 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270. The dimensions of the bridge pillars used are, total pier head height of 1.5 m with a width of 11.8 m and a thickness of 2.5 m; pier wall height of 8.8 m with a width of 5.5 m and a thickness of 2 m; pile cap height of 1.8 with a width of 14 m and a thickness of 10 m.

Keywords: *Box Girder, Trisula Lama Bridge, Single Twin*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang memiliki bentuk permukaan bumi yang tidak rata mengakibatkan pentingnya kebutuhan sistem transportasi untuk menjamin mobilitas penduduk dapat terlaksana dengan nyaman dan aman. Meningkatnya aktivitas dan mobilitas penduduk mendorong kemajuan teknologi di bidang transportasi. Peningkatan sarana transportasi yang memadai diperlukan untuk meningkatkan ekonomi dan kehidupan sosial masyarakat. Salah satu usaha dalam menunjang perkembangan sarana transportasi adalah dengan pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan.

Jembatan merupakan suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang lebih rendah (Anggraini, A. S., Warsito., & Suprpto, B., 2021). Rintangan ini biasanya berupa sungai, jalan raya, rel, dll. Jembatan sebagai prasarana transportasi mempunyai peranan yang sangat penting bagi kelancaran pergerakan lalu lintas. Dari segi perekonomian jembatan dapat mengurangi biaya transportasi, sedangkan dari segi efisiensi jembatan dapat mempersingkat waktu tempuh pada perjalanan darat yang terpisah (Safitri, A. M., Warsito., & Noerhayati, E., 2021).

Jembatan Trisula Lama berada di atas Sungai Brantas dan merupakan jembatan penghubung antara Kabupaten Blitar (arah selatan) dengan Kabupaten Tulungagung (arah barat). Jembatan Trisula Lama mulai dibangun pada pertengahan tahun tujuh puluhan menggunakan tipe jembatan rangka *Callender Hamilton* (CH) yang direncanakan mampu memikul 100% Beban Standar Bina Marga Tahun 1970. Jembatan CH direncanakan sedemikian ekonomis sehingga menghasilkan dimensi dari rangka batangnya relatif kecil bila dibandingkan dengan jembatan rangka baja tipe lainnya (Witarnawan, 2000).

Dalam rangka meningkatkan dan menunjang prasarana transportasi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) merealisasikan pembangunan penggantian Jembatan Trisula Lama-Blitar. Proyek jembatan ini merupakan proyek strategis nasional penggantian dan/atau duplikasi 37 Jembatan *Callender Hamilton* (CH) di Pulau Jawa yang direncanakan oleh Kementerian

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui skema Kerja Sama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU). Penggantian dan/atau duplikasi 37 Jembatan *Callender Hamilton* (CH) di Pulau Jawa ini merupakan bagian dari mitigasi risiko keruntuhan akibat *overloading* karena jembatan sudah melebihi umur rencana.

Saat ini Jembatan Trisula Lama dilakukan pembangunan kembali dengan struktur atas menggunakan *single steel box girder* dan *steel I girder* dengan dua lajur satu arah, lebar total 11 meter, dan panjang total 180 meter yang terbagi dalam beberapa segmen dengan segmen terpanjangnya yaitu 60 meter.

Jembatan *box girder* adalah sebuah jembatan dimana struktur atas jembatan terdiri dari balok-balok penopang utama yang berongga. Bentuk penampang dari *box girder* umumnya adalah trapesium atau persegi dan dapat direncanakan terdiri atas satu sel atau banyak sel. Salah satu keuntungan dari jembatan *box girder* yaitu memiliki ketahanan torsi yang lebih baik, yang sangat bermanfaat untuk aplikasi jembatan yang panjang dan melengkung. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011)

Dalam tugas akhir ini, direncanakan ulang bentang tengah Jembatan Trisula Lama menggunakan *single twin cellular box girder* dengan material beton prategang. Konsep prategang adalah memberikan gaya tarik awal pada tendon sebagai tulangan tariknya serta memberikan momen perlawanan dari eksentrisitas yang ada sehingga selalu tercipta tegangan total negatif baik di serat atas maupun bawah yang besarnya selalu di bawah kapasitas tekan beton. Struktur akan selalu bersifat elastis karena beton tidak pernah mencapai tegangan tarik dan tendon tidak pernah mencapai titik plastisnya. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2011)

Ditinjau dari segi kapasitas momen lentur dan lendutannya, *single twin cellular box girder* lebih efisien daripada *single box girder* yang tidak memiliki penampang yang berfungsi menahan beban. *single twin cellular box girder* dipilih karena mampu menopang beban luar dan interiornya yang berongga dapat difungsikan sebagai jalur pipa air atau gas. Selain itu ketahanannya terhadap beban torsi dan memiliki nilai estetika lebih tinggi dibanding gelagar lain yang penggunaannya telah banyak diterapkan. (Akbar, M. Y. A. C. A., Warsito., & Suprpto, B., 2022)

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut:

1. Bentang jembatan yang panjang dan melengkung sehingga membutuhkan perencanaan gelagar yang efektif dan efisien.
2. Gelagar yang direncanakan di lapangan menggunakan *single steel box girder* dan *steel I girder*, maka direncanakan ulang menggunakan *single twin cellular box girder* menggunakan material beton prategang untuk mendapatkan kuat tekan dan tarik yang lebih tinggi.
3. Kondisi pondasi disesuaikan dengan data SPT menggunakan *bore pile* yang direncanakan ulang menggunakan pondasi tiang pancang.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa beban yang bekerja terhadap bentang tengah struktur jembatan Trisula Lama?
2. Berapa dimensi profil *box girder* yang dibutuhkan?
3. Berapa jumlah tendon yang dibutuhkan?
4. Berapa dimensi pilar yang sesuai terhadap beban yang bekerja?

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat dibuat batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak memperhitungkan faktor ekonomis, Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan manajemen konstruksi.
2. Tidak memperhitungkan aspek lalu lintas dan geometri jalan.
3. Tidak memperhitungkan aspek geoteknik seperti stabilitas timbunan, penurunan akibat timbunan, dll.
4. Tidak merencanakan perkerasan jalan.
5. Bentang yang dihitung adalah bentang terpanjang jembatan (bentang tengah) dengan $L = 60$ m.

1.5 Tujuan dan Manfaat

Penulisan tugas akhir ini sesuai dengan judul dan uraian di atas memiliki tujuan dan manfaat yang diharapkan sebagai berikut:

1.5.1 Tujuan

1. Mengetahui beban yang bekerja terhadap struktur jembatan Trisula Lama.
2. Mengetahui dimensi profil *box girder* yang dibutuhkan.
3. Mengetahui dimensi pilar yang sesuai terhadap beban yang bekerja.

1.5.2 Manfaat

1. Sebagai tambahan pengetahuan bagi penulis dalam merencanakan jembatan khususnya perencanaan *single twin cellular box girder* beton prategang.
2. Dapat menjadi referensi dalam bidang perencanaan jembatan menggunakan *single twin cellular box girder* beton prategang.
3. Sebagai alternatif bagi perencana jembatan untuk lebih mengembangkan bangunan stuktur jembatan *box girder* seiring dengan semakin berkembangnya konstruksi jembatan di Indonesia.

1.6 Ruang Lingkup Pembahasan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, ruang lingkup pembahasan tugas akhir ini meliputi:

1. Perhitungan *box girder* meliputi:
 - Perhitungan dimensi profil *box girder*
 - Perhitungan pembebanan
 - Perhitungan akibat beban dan momen yang diterima
 - Perhitungan jumlah tendon
 - Perhitungan kontrol tegangan terhadap kombinasi pembebanan
 - Perhitungan penulangan non-prategang pada *box girder*
2. Perhitungan struktur bawah (pilar) meliputi:
 - Perencanaan bentuk pilar
 - Perhitungan pembebanan pilar
 - Perhitungan kontrol stabilitas pilar
 - Perhitungan penulangan pilar
3. Perhitungan pondasi tiang pancang meliputi:
 - Perhitungan penulangan tiang pancang

- Perhitungan daya dukung tiang pancang
- Perhitungan jumlah tiang pancang dan kontrol jarak antar tiang
- Perhitungan kekuatan tiang pancang



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil Analisa perhitungan pada “Studi Alternatif Perencanaan Bentang Tengah Jembatan Trisula Lama Blitar Menggunakan *Single Twin Cellular Box Girder* Beton Prategang”, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perencanaan besarnya pembebanan pada *box girder* dari perhitungan beban akibat berat sendiri (Q_{MS}): 323,29424 kN/m; beban mati tambahan (Q_{MA}): 44,267 kN/m; beban hidup yang bekerja termasuk beban lajur “D” (Q_{TD}): 65,25 kN/m; beban garis terpusat (P_{TD}): 488,469 kN, beban pejalan kaki (Q_{TP}): 5 kN/m; beban akibat gaya rem (T_{TB}): 250 kN; beban angin (Q_{EW}): 4,061 kN/m; beban gempa (Q_{EQ}): 40,5236 kN/m.
2. Dimensi *box girder* yang dibutuhkan yaitu, tinggi *box girder* 3 m; lebar total slab atas 11 m, lebar slab atas bagian tengah 9 m dengan tebal 0,5 m; lebar slab atas bagian tepi 1 m dengan tebal 0,25 m; tebal dinding tengah dan dinding tepi 0,5 m; lebar slab bawah 6 m dengan tebal 0,5 m.
3. Hasil perhitungan jumlah tendon pada *box girder* yang dibutuhkan yaitu 35 buah dengan jenis *strand uncoted 7 wire super strands ASTM A-416 grade 270*.
4. Dimensi pilar jembatan yang digunakan yaitu, tinggi total *pier head* 1,5 m dengan lebar 11,8 m dan tebal 2,5 m; tinggi *pier wall* 8,8 m dengan lebar 5,5 m dan tebal 2 m; tinggi *pile cap* 1,8 dengan lebar 14 m dengan tebal 10 m.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil Analisa perhitungan pada “Studi Alternatif Perencanaan Bentang Tengah Jembatan Trisula Lama Blitar Menggunakan *Single Twin Cellular Box Girder* Beton Prategang”, maka penulis dapat memberikan saran sebagai berikut:

1. Dalam perencanaan jembatan selanjutnya dapat direncanakan dengan alternatif lain seperti menggunakan metode prategang dengan tipe *box* yang berbeda.
2. Dalam analisa struktur jembatan dapat menggunakan metode analisis 3 dimensi dengan bantuan *software* seperti *MIDAS Civil*, *Open Bridge*, *CSI Bridge*, dll.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. Y. A. C. A., Warsito., & Suprpto, B. (2022). Studi Alternatif Perencanaan Struktur Jembatan Twin Cell Beton Prategang *Box Girder* di Proyek High Speed Railway Jakarta - Bandung Section 3 Station Walini DK95+256.19. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 40-54.
- Al Hakim, A. K., Warsito., & Suprpto, B. (2023). Studi Alternatif Perencanaan Gelagar Beton Prategang *Box Girder* Pada Proyek Jembatan Ploso Baru Kabuten Jombang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 13 (2).
- Anggraini, A. S., Warsito., & Suprpto, B. (2021). Studi Alternatif Perencanaan Jembatan Dengan Struktur Rangka Baja Type Pratt Pada Jembatan Petak Kabupaten Nganjuk. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1.
- Arif, A., Imananto, E, I., & Erfan, . (2018). Perencanaan Struktur Bawah Pondasi Tiang Pancang Pada Bangunan Rumah Sakit Umum Daerah. *Jurnal Sondir*, 1, 1-9.
- Badan Standarisasi Nasional. (2004). *RSNI T-12-2004 Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *RSNI T-02-2005 Standar Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *SNI 2833-2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2011). *Pemeliharaan Jembatan Box Girder*. Jakarta.
- Hardwiyono, S., Soebandono, B., & Hakim, L. (2013). Perancangan Ulang Struktur Atas Jembatan Gajah Wong Yogyakarta dengan Menggunakan *Box Girder*. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 16 (1), 10-20.
- Ichwanurusada, D., Warsito., & Suprpto, B. (2020). Studi Alternatif Perencanaan *Box Girder* Jembatan Kali Legi Brongkos Kabupaten Blitar. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(3), 230-241.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman Perancangan Pilar Langsing Bertulang untuk Jembatan*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman Perencanaan Teknis Jembatan Beruji Kabel*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Pedoman Persyaratan Umum Perencanaan Jembatan*. Jakarta.
- Podolny, W. & Muller, J. M. (1982). *Construction and Design of Prestressed Concrete Segmental Bridge*. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: A Wiley-Interscience Publication.

- Safitri, A. M., Warsito., & Noerhayati, E. (2021). Studi Perencanaan ALternatif Jembatan Bongkot Dengan Menggunakan Struktur Rangka Baja Tipe Warren Truss di Kabupaten Jombang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1.
- Sardjono HS. (1988). *Pondasi Tiang Pancang, Jilid I*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Sosrodarsono, S., & Nakazawa, K. (2000). *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi Edisi Ketujuh*. Jakarta: PT. Pradnya Parmita.
- Supriyadi, B., & Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan Edisi Pertama Cetakan Ke-4*. Yogyakarta: Beta Offset.
- T. Y. Lin, dan Ned H. Burns. (1988). *Desain Struktur Beton Prategang Edisi Ketiga Versi SI Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Witarnawan, W. (2000). *Penentuan Perkuatan Jembatan Callender Hamilton*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan PU Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan.

