

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEGMENTAL BOX GIRDER
TERHADAP BEBAN KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA DENGAN PEMODELAN *SOLID ELEMENT***

Studi Kasus: “Jalan Tol Ir. Wiyoto – Wiyono, M.Sc Section Ancol Timur – Pluit
Elevated (Harbour Road 2)”

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Universitas Bung Hatta

Oleh :

FADHILLAH RAHMA INDRA

NPM : 2110015211063



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS BUNG HATTA
PADANG**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa di program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Universitas Bung Hatta.

Nama Mahasiswa : Fadhillah Rahma Indra

Nomor Pokok Mahasiswa : 2110015211063

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis Tugas Akhir yang saya buat dengan judul
**“ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEGMENTAL BOX GIRDER
TERHADAP BEBAN KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA DENGAN PEMODELAN SOLID ELEMENT (Studi Kasus: Jalan
Tol Ir. Wiyoto – Wiyono, M.Sc Section Ancol Timur – Pluit Elevated (Harbour
Road 2))”**

Adalah:

- 1) Dibuat dan diselesaikan sendiri, dengan menggunakan data-data hasil pelaksanaan dan perencanaan sesuai dengan metode kesipilan.
- 2) Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapat gelar sarjana di Universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah dinyatakan di atas, maka karya Tugas Akhir ini batal.

Padang, 04 September 2025

Yang membuat pernyataan



Fadhillah Rahma Indra

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEGMENTAL BOX GIRDER
TERHADAP BEBAN KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA DENGAN PEMODELAN SOLID ELEMENT**

STUDI KASUS : JALAN TOL HARBOUR ROAD 2

Oleh:

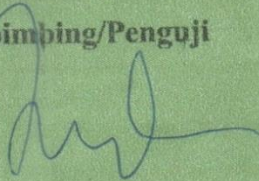
Nama : FADHILLAH RAHMA INDRA
NPM : 2110015211063
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang tugas akhir guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta-Padang.

Padang, 09 September 2025

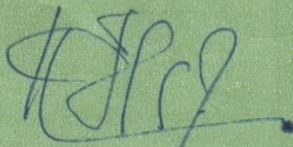
Menyetujui:

Pembimbing/Penguji



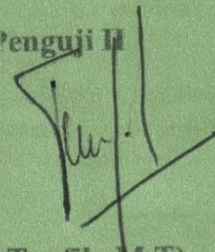
(Dr. Eng. Khadavi, S.T., M.T.)

Penguji I



**(Dr. Eng. Ir. H. Indra Farni, M.T.,
IPU., ASEAN Eng.)**

Penguji II



(Ir. Taufik, M.T.)

**LEMBAR PENGESAHAN INSTITUSI
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEGMENTAL BOX GIRDER
TERHADAP BEBAN KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA DENGAN PEMODELAN SOLID ELEMENT
STUDI KASUS : JALAN TOL HARBOUR ROAD 2**

Oleh:

Nama : FADHILLAH RAHMA INDRA
NPM : 2110015211063
Program Studi : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam sidang tugas akhir guna mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu pada Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta-Padang.

Padang, 09 September 2025

Menyetujui:

Pembimbing



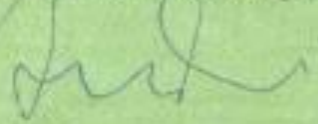
(Dr. Eng. Khadavi, S.T., M.T.)

Dekan FTSP



(Dr. Rini Mulyani, S.T., M. Sc (Eng.))

Ketua Prodi Teknik Sipil



(Dr. Eng. Khadavi, S.T., M.T.)

ABSTRAK

ANALISIS STRUKTUR JEMBATAN SEGMENTAL BOX GIRDER TERHADAP BEBAN KONSTRUKSI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DENGAN PEMODELAN SOLID (Studi Kasus: Jalan Tol Ir. Wiyoto – Wiyono, M.Sc Section Ancol Timur – Pluit Elevated (Harbour Road 2))

Fadhillah Rahma Indra¹, Khadavi²

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Bung
Hatta

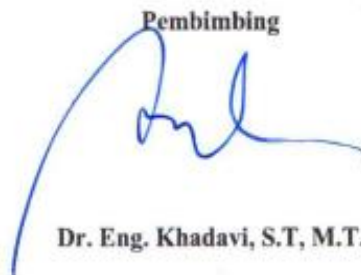
Email : ¹ fadhillahrahmaindra@gmail.com, ² qhad_17@yahoo.com

ABSTRAK

Jembatan merupakan infrastruktur strategis dalam sistem transportasi yang berfungsi menghubungkan dua titik terpisah secara geografis. Peran strategis jembatan menuntut perencanaan struktur yang mampu menahan berbagai jenis beban, baik beban layanan (*service load*) selama masa operasional maupun beban sementara (*construction load*) yang terjadi pada tahap pelaksanaan konstruksi. Pada tahap konstruksi, struktur jembatan menerima beban sementara yang dapat menimbulkan tegangan lokal signifikan, salah satunya pada metode *span-by-span* dengan *Launching Gantry* (LG). Penelitian ini menganalisis pengaruh beban konstruksi dari kaki belakang (*rear leg*) LG terhadap segmen box girder pracetak dengan pendekatan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method/FEM*). Pemodelan dilakukan menggunakan solid element tiga dimensi untuk merepresentasikan distribusi tegangan secara detail, di mana beban konstruksi direpresentasikan sebagai tekanan permukaan (*surface pressure*) pada pelat atas (*top slab*). Hasil analisis menunjukkan konsentrasi tegangan pada daerah perletakan *rear main support* (RMS) dan *rear leg* (RL). Nilai tegangan yang diperoleh masih berada dalam batas izin beton sesuai AASHTO LRFD 2020, yaitu pada RMS sebesar 0,92 MPa (serat atas) dan 0,58 MPa (serat bawah), sedangkan akibat RL diperoleh tegangan tarik 0,41 MPa pada top slab serat bawah dan 0,36 MPa pada bottom slab. Selain itu, tegangan tekan akibat beban tumpuan bearing tercatat sebesar 12,56 MPa. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa beban konstruksi dari LG menghasilkan konsentrasi tegangan lokal pada box girder yang masih berada dalam batas izin sesuai AASHTO LRFD 2020, sehingga respon struktur tetap berada dalam batas aman sesuai standar desain yang berlaku.

Kata Kunci: Kriteria; Jembatan box girder; Beban konstruksi; Metode elemen hingga; *Launching Gantry*; Analisis tegangan

Pembimbing



Dr. Eng. Khadavi, S.T., M.T.

ABSTRACT

STRUCTURAL ANALYSIS OF SEGMENTAL BOX GIRDER BRIDGES UNDER CONSTRUCTION LOADS USING THE FINITE ELEMENT METHOD WITH SOLID MODELING

(Case Study: Ir. Wiyoto – Wiyono, M.Sc Section Ancol Timur – Pluit
Elevated Toll Road (Harbour Road 2))

Fadhillah Rahma Indra¹, Khadavi²

Civil Engineering Study Program, Faculty of Civil Engineering and Planning, Bung
Hatta University

Email : ¹fadhillahrahmaindra@gmail.com, ²qhad_17@yahoo.com

ABSTRACT

Bridges are strategic infrastructures in transportation systems, serving to connect two geographically separate points. The strategic role of bridges demands structural planning capable of withstanding various types of loads, including both service loads during operation and temporary construction loads. During the construction phase, bridge structures are subjected to temporary loads that can cause significant local stresses, particularly in the spanby-span method using a Launching Gantry (LG). research analyzes the effect of construction loads from the LG's rear leg on precast box girder segments using the Finite Element Method (FEM). Modeling was performed using three-dimensional solid elements to represent stress distribution in detail, where the construction load was represented as a surface pressure on the top slab. The analysis results show stress concentration in the bearing areas of the rear main support (RMS) and the rear leg (RL). The stress values obtained are still within the allowable concrete limits according to AASHTO LRFD 2020. Specifically, at the RMS, the stresses are 0.92 MPa (top fiber) and 0.58 MPa (bottom fiber). The RL loads resulted in tensile stresses of 0.41 MPa on the top slab's bottom fiber and 0.36 MPa on the bottom slab. Furthermore, the bearing compressive stress was recorded at 12.56 MPa. The findings of this study indicate that the construction loads from the LG generate local stress concentrations on the box girder that remain within the allowable limits of AASHTO LRFD 2020, thus ensuring the structural response remains within safe design standards.

Keywords: Box girder bridge; Construction load; Finite element method; Launching gantry; Stress analysis.

Advisor



Dr. Eng. Khadavi, S.T, M.T.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan Laporan Kerja Praktek ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Struktur Jembatan Segmental Box Girder terhadap Beban Konstruksi Menggunakan Metode Elemen Hingga dengan Pemodelan Solid Element” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil Strata Satu di Universitas Bung Hatta, Padang.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bimbingan, bantuan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan rasa terima kasih yang tulus, penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan anugerah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Berkat ridha dan pertolongan-Nya, setiap tahapan penyusunan dapat dilalui dengan lancar.
2. Bapak Dr.Eng. Khadavi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berarti dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Segala perhatian, kesabaran, dan ilmu yang diberikan menjadi bekal berharga bagi penulis.
3. Bapak Dr. Eng. H. Indra Farni, M.T., IPU, ASEAN. Eng dan Bapak Ir. Taufik, M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang sangat membangun bagi penulis.
4. Ayah tercinta, Indra, dan Bundaku tersayang, Rahmiyati, yang telah memberikan segala kasih sayang, doa, dan perjuangan tanpa henti kepada penulis. Gelar ini penulis persembahkan untuk Ayah dan Bunda, karena tanpa pengorbanan Ayah dan Bunda, penulis tidak akan

mampu berada di titik ini. Segala pencapaian ini adalah berkat cinta dan kasih sayang ayah bunda. Terima kasih, Ayah—berkat kerja keras tangan Ayah, penulis mampu menyelesaikan perkuliahan ini.

5. Adik penulis, Muhammad Ghazan Rahma Indra, yang selalu memberikan perhatian dan semangat dalam kehidupan sehari-hari. Kehadirannya membuat hari-hari penulis lebih berwarna dan tidak sepi. Terima kasih telah menjadi adik yang baik untukku.
6. Om Syafrial Cap dan Tante Yunidar Elma, om dan tante yang penulis anggap seperti orang tua sendiri. Terima kasih atas kasih sayang dan peran besar dalam mendidik serta membesarkan penulis sejak kecil hingga menginjak dunia perkuliahan.
7. Keluarga besar penulis, terutama Amak, Ante Riri, serta om dan tante lainnya yang telah banyak terlibat dan mendukung perjalanan pendidikan penulis, baik secara langsung maupun tidak langsung.
8. Kakak sepupu penulis, seperti Bang Jaka Iman Rahanda, S.T., Kak Tania, S.T., dan Kak Dela, yang telah memberikan bantuan dan bimbingan selama masa perkuliahan, khususnya dalam hal akademik.
9. Abang-abang hebat, yaitu Bang Muhammad Hudri, S.T., Rahmat Jordi, S.T., dan Afif Muhammad, S.T., atas segala bantuan, ilmu, serta kesabaran dalam mendampingi dan membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi. Semoga segala kebaikan dibalas oleh Allah SWT.
10. Sepupu-sepupu penulis, yaitu Bima, Fadhlán, Viona, dan Hikmal, yang selalu jadi teman nongkrong, tempat berbagi cerita, sekaligus penghilang penat di sela-sela kesibukan kampus. Terutama Bima, partner ngopi paling setia—dari warung kopi pinggir jalan sampai obrolan ngalor-ngidul yang kadang nggak jelas tapi selalu bikin ketawa. Untuk Fadhlán, terima kasih sudah selalu siap siaga kapan pun diminta tolong, benar-benar jadi penolong andalan.
11. Sahabat terdekat penulis, Attila Lutfi, yang selalu setia menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, serta menemani penulis dalam setiap suka dan duka selama masa perkuliahan.

12. Mila, Tiara, Elea, Ratu, Septi, Nisya, Bella, Gogon, Jia, Jeje, Kak Nurul serta teman-teman penulis lainnya yang telah mewarnai masa remaja penulis. Tanpa kalian, masa remaja ini tentu akan terasa hambar. Terutama Mila dan Elea yang selalu jadi partner huru-hara dalam tiap cerita konyol, drama remaja, sedih-senang yang silih berganti. Walaupun kadang bikin kesel, tapi justru dari situ banyak tawa yang tercipta—tawa yang sampai sekarang masih jadi obat stres paling ampuh. Semoga tawa kita nggak pernah habis, walau nanti sibuk dengan dunia masing-masing
13. Temen seperjuangan dalam kelompok “Brr”, yaitu Rani Novia, Ida Yanti, Rossa Familya, Nisa Ul Husni, dan Silvina Marhanda yang menjadi rekan belajar, teman tertawa, dan tempat berbagi cerita selama masa studi..
14. Rekan-rekan kos di kediaman Pak Doni, khususnya Cindy Ferlanda dan Nisa Khairani, yang telah menjadi tetangga kos yang seru dan menyenangkan, membuat hari-hari penulis lebih ringan dan penuh canda tawa.
15. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2021, yang telah memberikan banyak kenangan indah, semangat, serta kebersamaan yang tidak akan pernah dilupakan.

Padang, 18 Agustus 2025



FADHILLAH RAHMA INDRA

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN INSTITUSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Jembatan.....	6
2.1.1 Tipe Jembatan Berdasarkan Bentuk Struktur.....	7
2.2 Struktur Jembatan.....	8
2.2.1 Struktur Atas (Beton Prategang)	8
2.3 Konsep Beton Prategang.....	12
2.4 Segmental Konstruksi	12
2.4.1 Jembatan Box Girder.....	13

2.4.2 Cast-in-Place dan Precast Segmental Konstruksi	15
2.4.3 Metode Konstruksi	15
2.4.4 Pengaruh Metode Erection dan Urutan Konstruksi	17
2.4.5 Metode Konstruksi Span – by - Span.....	17
2.4.6 Jenis Beban Kontruksi dan Pengaruh nya.....	23
2.5 Pertimbangan Beban dan Tegangan Kontruksi	24
2.5.1 Tegangan Izin Beton pada Tahap Konstruksi.....	24
2.5.2 Peran Urutan Konstruksi dan Pentingnya Analisis Bertahap.....	26
2.5.3 Studi Kasus Kegagalan Jembatan pada Tahap Konstruksi.....	26
2.6 Pembebanan	28
2.6.1 Beban Kinematic LG.....	28
2.7 Metode Elemen Hingga (FEM).....	33
2.7.1 Konsep Tegangan	38
2.7.2 Elemen Solid	40
2.7.3 Properti Material	42
2.7.4 Pembebanan pada Elemen Solid	43
2.7.5 Keunggulan Solid Elemen.....	43
2.7.6 Software	44
2.8 Kajian Penelitian Terdahulu	47
BAB III METODE PENELITIAN	49
3.1 Metode penelitian.....	49
3.2 Tahap Penelitian	49
3.3 Studi Literatur dan Pengumpulan data	50
3.3.1 Studi Literatur	50
3.3.2 Pengumpulan Data.	50
3.4 Pemodelan Struktur.....	51

3.5 Output Analisis.....	52
3.6 Evaluasi Hasil.....	52
3.7 Tahap Pemodelan	53
BAB IV HASIL PEMODELAN dan PEMBAHASAN	54
4.1 Metode Pemodelan.....	54
4.1.1 Bentuk Penampang.....	54
4.1.2 Definisi Materi dan Penampang.....	55
4.1.3 Properti Penampang	57
4.1.4 Mesh Area	58
4.1.5 Properti Solid	60
4.1.6 Assign To Group.....	61
4.1.7 Extrude Areas to Solid	63
4.1.8 Boundary Condition (Tumpuan)	69
4.2 Hasil Pemodelan.....	71
4.2.1 Kesimpulan	72
4.2.2 Node dan Penempatan.....	73
4.2.3 Arah Koordinat Global dan Lokal.....	74
4.3 Analisis Beban Rear Main Support.....	76
4.3.1 Posisi Beban Rear Main Support	77
4.3.2 Hasil Analisis	79
4.4 Analisis Beban Rear Leg.....	83
4.4.1 Penempatan dan Pemberian Beban Rear Leg	84
4.4.2 Hasil Analisis Rear Leg di Box STDR.....	86
4.5 Hasil Analisis Distribusi Tegangan Box Girder Keseluruhan.....	89
4.6 Kesimpulan	90
4.6.1 Rear Main Support	90

4.6.2 Rear Leg.....	90
4.6.3 Evaluasi Keamanan Struktur.....	91
4.7 Cek Tegangan di Temporary Bearing.....	91
4.7.1 Hasil Tegangan Tekan Temp. Bearing.....	93
BAB V KESIMPULAN.....	96
5.1 Kesimpulan.	96
5.2 Saran.....	97
DAFTAR PUSTAKA.....	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Box Girder	14
Gambar 2.2 Klasifikasi metode kontruksi jembatan menurut Rajagopalan. 16	
Gambar 2.3 Klasifikasi metode kontruksi jembatan	17
Gambar 2.4 Persiapan LG	20
Gambar 2.5 Lifting dan Hanging Segment	20
Gambar 2.6 Temporary Post Tensioning – (TPT)	21
Gambar 2.7 Stressing Tendon & Remove Hanging	21
Gambar 2.8 Komponen Gantry	22
Gambar 2.9 Posisi Rear Leg.....	29
Gambar 2.10 Posisi beban rear leg yang menumpu diatas segmen box	30
Gambar 2.11 Posisi Rear Leg Main Support.....	31
Gambar 2.12 Posisi beban rear main support yang menumpu diatas segmen box.....	33
Gambar 2.13 Enam komponen stress.....	38
Gambar 2.14 Kaidah tangan kanan	41
Gambar 2.15 Lokal Koordinat	41
Gambar 2.16 Asumsi Tumpuan dalam Jembatan	47
Gambar 3.1 Flowchart Tahap Penelitian	49
Gambar 3.2 Potongan melintang box girder	51
Gambar 3.3 Penampang Box Girder	51
Gambar 3.4 Tahap Pemodelan	53
Gambar 4.1 Bentuk Penampang.....	55
Gambar 4.2 Menu Definie Material	56
Gambar 4.3 Data Properti Material	57
Gambar 4.4 Menu Area Section	58
Gambar 4.5 Menu Shell Section Data.....	58
Gambar 4.6 Box Girder sebelum di mesh.....	59
Gambar 4.7 Box SV yang telah di mesh	59
Gambar 4.8 Box DV yang telah di mesh	60
Gambar 4.9Box Girder LS	60
Gambar 4.10Menu Define Solid Properties	61

Gambar 4.11 Solid Property Data	61
Gambar 4.12 Define Group Names	62
Gambar 4.13 Group Definiton	62
Gambar 4.14 Menu Property Box Ls	63
Gambar 4.15 Box Girder LS pemodelan Solid	63
Gambar 4.16 Hasil setelah di extrude	64
Gambar 4.17 Box SV pemodelan shell	64
Gambar 4.18 Menu Property For Box Girder SV	65
Gambar 4.19 Hasil Box Girder SV	65
Gambar 4.20 Menu Move	66
Gambar 4.21 Box tipe STDR untuk di replicate	66
Gambar 4.22 Extrude to Solid Box STDR	67
Gambar 4.23 Hasil Extrude to Solid Box Girder tipe STDR	67
Gambar 4.24 Menu Move DV	68
Gambar 4.25 Extrude to Solid Box DV	68
Gambar 4.26 Hasil Extrude to Solid Box DV	69
Gambar 4.27 Menu Link/ Support Properties	69
Gambar 4.28 Link Property Data	70
Gambar 4.29 Hasil Implementasi ke Pemodelan Solid Elemen	70
Gambar 4.30 Potongan Melintang Box Girder	71
Gambar 4.31 Hasil Pemodelan	71
Gambar 4.32 Node pada base plate RMS	74
Gambar 4.33 Node pada base plate RL	74
Gambar 4.34 Arah koordinat global dan lokal pada pembebanan di girder LS	75
Gambar 4.35 Arah koordinat global dan lokal pada pembebanan box girder STDR	75
Gambar 4.36 Posisi Rear Main Support	76
Gambar 4.37 Cross Section RMS	77
Gambar 4.38 Posisi Beban RMS sesuai Cross Section	79
Gambar 4.39 Posisi Beban RMS sesuai Surface Pressure Load	79
Gambar 4.40 Hasil Tegangan Top Slab Serat Atas	81

Gambar 4.41 Top Slab Serat Bawah	82
Gambar 4.42 Momen lentur akibat beban terpusat pada elemen frame.....	83
Gambar 4.43 Posisi Rear Leg.....	83
Gambar 4.44 Cross Section STDR RL	84
Gambar 4.45 Posisi Beban Rear Leg sesuai Cross Section	85
Gambar 4.46 Posisi Beban Rear Leg sesuai Surfaces Pressure Load.....	86
Gambar 4.47 Top Slab Serat Atas Box STDR	86
Gambar 4.48 Top Slab Serat Bawah Box STDR	88
Gambar 4.49 Bottom Slab Box STDR.....	89
Gambar 4.50 Grafik Hasil Analisis Tegangan Keseluruhan	90
Gambar 4.51 Hasil tegangan temp. bearing	92
Gambar 4.52 Grafik Hasil Tegangan Temporary Bearing	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Struktur Atas.....	10
Tabel 2.2 Batasan Tegangan Izin Beton pada AASHTO 2020.....	25
Tabel 2.3 Reaksi Rear Leg TP3 dan TP 4	29
Tabel 2.4 Reaksi Rear Leg TP5 dan TP6	30
Tabel 2.5 Reaksi Rear Leg 1 dan 2	30
Tabel 2.6 Reaksi Rear Leg Main Support	32
Tabel 2.7 Reaksi Rear Leg Main Support TP3 dan TP4	32
Tabel 2.8 Keunggulan Solid Elemen.....	43
Tabel 4.1 Hasil yang didapatkan dari Pemodelan	72
Tabel 4.2 Data Reaksi RMS	77
Tabel 4.3 Data Reaksi Rear Leg.....	84
Tabel 4.4 Ringkasan Analisis Tegangan Box Girder Keseluruhan	89
Tabel 4.5 Hasil Reaksi Temporary Bearing	92
Tabel 4.6 Perhitungan Tegangan Tekan Temporary Bearing	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan merupakan infrastruktur vital dalam sistem transportasi yang berfungsi menghubungkan dua titik terpisah secara geografis, seperti sungai, lembah, atau jalan eksisting. Peran strategis jembatan menuntut perencanaan struktur yang mampu menahan berbagai jenis beban, baik beban layanan (service load) selama masa operasional maupun beban sementara (construction load) yang terjadi pada tahap pelaksanaan konstruksi.

Salah satu metode konstruksi yang umum digunakan dalam pembangunan jembatan segmental pracetak adalah metode span-by-span, yaitu pemasangan segmen per bentang secara bertahap. Proses ini biasanya dibantu oleh alat berat khusus seperti launching gantry (LG), yang memungkinkan pelaksanaan konstruksi tanpa memerlukan perancah bawah (falsework). Hal ini sangat menguntungkan untuk pembangunan jembatan di atas jalur lalu lintas aktif, seperti jalan tol atau jalur kereta api (Podolny, 1982)

Berdasarkan SNI 1725:2016, beban desain kendaraan rencana berupa truk T adalah sebesar 112.5 kN per sumbu. Sementara itu, berdasarkan data aktual proyek pada studi ini, beban maksimum yang ditransfer oleh launching gantry mencapai 2088.107 kN.

Beban dari launching gantry tersebut relatif besar dibandingkan beban desain kendaraan, sehingga memunculkan kebutuhan akan evaluasi struktural terhadap dampak pembebanan temporer selama tahap konstruksi.

(AASHTO, 2020) menegaskan bahwa beban konstruksi memerlukan perhatian khusus karena bekerja pada kondisi struktur yang belum sepenuhnya stabil dan berbeda dari kondisi akhir saat struktur berfungsi dalam masa layanan.

Untuk menganalisis respons struktur akibat pembebanan ini secara akurat, diperlukan pendekatan numerik yang mampu menangani geometri kompleks, pembebanan tidak merata, serta sifat material yang heterogen. Salah satu

metode yang paling relevan untuk kebutuhan ini adalah Finite Element Method (FEM). Menurut Daryl L. Logan (1987) menyatakan bahwa FEM efektif untuk mengevaluasi tegangan dan deformasi pada elemen struktural, terutama dalam kondisi pembebanan lokal yang kompleks.

Pemodelan dilakukan dalam bentuk elemen solid tiga dimensi (3D solid element) karena mampu menangkap distribusi tegangan dalam seluruh volume struktur. Hal ini berbeda dengan pendekatan shell atau frame element yang hanya menganalisis tegangan pada permukaan atau garis netral. (Collins et al., 2021) merekomendasikan penggunaan solid element untuk analisis struktur beton bertulang yang mengalami beban terfokus, terutama pada studi tegangan lokal.

Dalam konteks penelitian ini, beban launching gantry bekerja dalam area terbatas pada lebar pelat atas box girder. Oleh karena itu, perhatian khusus diberikan pada tegangan arah transversal (σ_y) yang mewakili respons melintang terhadap arah utama bentang.

Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada analisis tegangan akibat beban konstruksi dari rear leg launching gantry yang bekerja pada segmen box girder pracetak, menggunakan metode elemen hingga berbasis pemodelan solid element tiga dimensi. Penelitian ini juga menekankan pada evaluasi tegangan transversal lokal, guna mengetahui apakah respons struktur masih berada dalam batas aman sesuai standar desain yang berlaku.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh posisi, dimensi base plate, dan jarak antar kaki Launching Gantry terhadap besaran dan distribusi tegangan (tarik dan tekan) pada struktur box girder yang dianalisis menggunakan metode Finite Element Method (FEM)?
2. Bagaimana distribusi tegangan tarik dan tekan yang terjadi pada top slab dan bottom slab segmen box girder akibat pembebanan dari kaki Launching Gantry (LG)?
3. Apakah metode erection launching yang digunakan sudah optimal terhadap struktur box girder selama masa konstruksi.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memodelkan struktur *box girder* menggunakan *Finite Element Method* (FEM) untuk mendapatkan keakuratan *output* tegangan akibat beban konstruksi.
2. Menganalisis respon tegangan box girder precast segmental terhadap beban konstruksi dengan metode erection span-by-span menggunakan pendekatan Finite Element Method.
3. Memberikan rekomendasi analisis teknis untuk pengambilan keputusan desain dan metode pelaksanaan konstruksi box girder.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus kajian serta memastikan kedalaman analisis yang sesuai dengan ruang lingkup penelitian, maka dilakukan pembatasan terhadap variabel dan aspek teknis yang dianalisis. Batasan ini bertujuan untuk menghindari pembahasan di luar konteks yang tidak berkaitan langsung dengan tujuan penelitian. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis pembebanan struktur terbatas pada perbandingan antara beban hidup desain dengan beban pada saat konstruksi.
2. Bagian jembatan yang akan dianalisis hanya pada elemen struktur box girder.
3. Dimensi dan tulangan box girder diambil dari data shop drawing.
4. Beban konstruksi didapat dari data load introduction kinematic Launching Gantry (LG) pada studi kasus yang ditinjau.
5. Analisis menggunakan model solid element dengan output utama yang dikeluarkan adalah tegangan.
6. Pemodelan solid element menggunakan software CSI BRIDGE dan tidak memodelkan tendon.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat penelitian dalam tugas akhir ini adalah

1. Pemanfaatan Metode Analisis

Pemanfaatan metode Finite Element Method (FEM) dengan pemodelan solid element yang terbukti efektif pada penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi peneliti lain dalam menganalisis struktur yang kompleks.

2. Acuan Teknis Pelaksanaan Konstruksi

Hasil analisis tegangan pada penelitian ini dapat dijadikan acuan teknis dalam pelaksanaan konstruksi jembatan sejenis, sehingga mendukung optimalisasi desain metode erection launching sekaligus meminimalkan potensi kerusakan lokal pada struktur.

3. Kerangka Evaluasi Beban Konstruksi

Penelitian ini menawarkan kerangka kerja dalam mengevaluasi dampak beban konstruksi, yang sering diabaikan dibandingkan analisis kondisi akhir jembatan, sekaligus membuka peluang penelitian lebih lanjut mengenai variasi jenis beban konstruksi pada struktur jembatan lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir ini terstruktur dengan baik, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami pembahasannya penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang dasar teori – teori dan peraturan terkait analisis box girder dengan beban konstruksi menggunakan finite element method – model solid element.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang bagan alir penyelesaian dari tugas akhir ini tersebut serta metode pengumpulan data yang digunakan baik data primer dan skunder.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab IV membahas hasil analisis pemodelan solid element menggunakan software untuk mengevaluasi distribusi tegangan pada struktur box girder akibat beban konstruksi dari launching gantry. Fokus evaluasi diarahkan pada area top slab, bottom slab, dan base plate, serta dibandingkan dengan batas aman tegangan izin

BAB V PENUTUP

Pada bab ini merupakan bagian akhir sebagai penutup dari tugas akhir yang dimana penulis memberikan saran dan kesimpulan dari hasil penelitian tersebut.