

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI NUMERIKAL SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DENGAN**  
**TIPE PELAT UJUNG DIPERPANJANG PADA ARAH SUMBU LEMAH**  
**DAN SUMBU KUAT KOLOM**



**Disusun Oleh :**

**DANIEL JUANITO TOLAN**

**2221065**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**  
**2025/2026**

# LEMBAR PERSETUJUAN

## TUGAS AKHIR

### STUDI NUMERIKAL SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DENGAN TIPE PELAT UJUNG DIPERPANJANG PADA ARAH SUMBU LEMAH DAN SUMBU KUAT KOLOM

*Disusun dan Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh  
Gelara Sarjana Teknik (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

**DANIEL JUANITO TOLAN**

**2221065**

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Untuk Diujikan Pada Tanggal

9 Februari 2026

Disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Ester Priskasari, MT.

**NIP. Y. 103 39 00265**

Mohammad Erfan, ST., MT.

**NIP. P. 103/15 00508**

Mengetahui

Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

  
Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT  
**NIP. P 103 03 00383**

## LEMBAR PENGESAHAN

### TUGAS AKHIR

#### STUDI NUMERIKAL SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DENGAN TIPE PELAT UJUNG DIPERPANJANG PADA ARAH SUMBU LEMAH DAN SUMBU KUAT KOLOM

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir  
Jenjang Strata S-1

Pada Tanggal 9 Februari 2026 dan Diterima Untuk Memenuhi  
Salah Satu Syarat Memperloeh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1

Disusun Oleh :

**DANIEL JUANITO TOLAN**

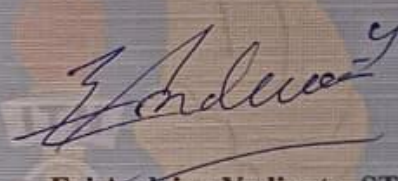
2221065

Dosen Penguji

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

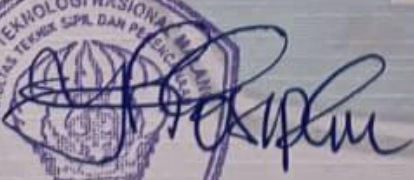
  
**Dr. Vega Aditama, ST., MT.**  
NIP. P. 103 19 00559

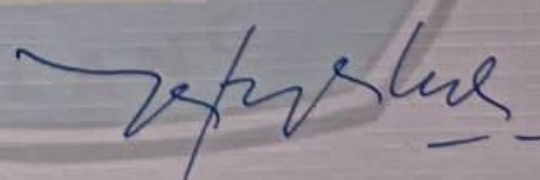
  
**Eri Andrian Yudianto, ST., MT.**  
NIP. Y. 103 03 00380

Disahkan Oleh :

Kepala Program Studi Teknik Sipil S-1  
1  
Institut Teknologi Nasional Malang

Sekretaris Program Studi Teknik Sipil  
S-1  
Institut Teknologi Nasional Malang

  
**Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT**  
NIP. P 103 03 00383

  
**Nenny Roostrianawaty, ST., MT**  
NIP. P 103 17 00533

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Sebagai Mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Daniel Juanito Tolan

NIM : 2221065

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan Sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :

**STUDI NUMERIKAL SAMBUNGAN BALOK KE KOLOM DENGAN TIPE PELAT UJUNG DIPERPANJANG PADA ARAH SUMBU LEMAH DAN SUMBU KUAT KOLOM**

Merupakan karya asli hasil sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip seluruhnya karya milik orang lain kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti Tugas Akhir ini merupakan hasil duplikasi atau mengambil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut. Demikian surat pernyataan ini saya buat tulus dan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang 19 Februari 2026



Penulis

**Daniel Juanito Tolan**

NIM. 2221065

## LEMBAR PERSEMBAHAN

Melalui Tugas Akhir ini penulis mempersembahkan kepada :

1. Kedua orang tua, Dominikus Demon, SH. dan Elisabeth Taria Making yang selalu memberikan segala bentuk dukungan dan semangat serta tekanan yang diubah menjadi motivasi dalam menjalankan perkuliahan hingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ibu Ir. Ester Prikasari, M.T dan Bapak Mohammad Erfan, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Kepada kekasih, Nurul Berlian Oktaviani. Terima kasih karena selalu hadir dalam setiap lelah dan ragu, selalu memberikan dukungan saat jatuh, serta senantiasa sabar menghadapi sikap penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Kepada orang-orang yang lebih lelah tetapi tetap berjuang, yang hidup dalam keterbatasan namun terus melangkah tanpa menyerah, serta mereka yang berada di atas namun tetap rendah hati. Untuk setiap luka yang disembunyikan di balik senyuman, setiap doa yang dipanjatkan dalam diam, dan setiap langkah yang tetap maju meski dunia terasa berat.
5. Kepada rekan Lowen Loudryan Haba, yang selalu hadir membantu dalam setiap keadaan, baik di saat susah maupun senang. Terima kasih atas kebersamaan dan dukungan untuk tetap ada dalam setiap proses yang tidak selalu mudah.
6. Teman-teman TSNTT 2022 yang memberikan dukungan moral dalam menyelesaikan tugas akhir ini

# ABSTRAK

## STUDI NUMERIKAL SAMBUNGAN BALOK – KOLOM BAJA DENGAN TIPE PELAT UJUNG DIPERPANJANG

Daniel Juanito Tolan<sup>1</sup>, Ester Prikasari<sup>2</sup>, Mohammad Erfan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2, Sumber Sari, Kec. Lowokwaru,  
Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia  
Email: [2221065@scholar.itn.ac.id](mailto:2221065@scholar.itn.ac.id)

*Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku sambungan balok-kolom baja dengan pelat ujung yang diperkuat dan diperpanjang di bawah pembebanan monotonik dan siklik, dengan mempertimbangkan arah pembebanan di ujung balok. Analisis dilakukan menggunakan metode elemen hingga menggunakan bantuan perangkat lunak ABAQUS, dengan mengacu pada ketentuan SNI 1729:2020, SNI 7860:2020, AISC 360-22, AISC 341-22, dan FEMA 350. Model sambungan yang dianalisis pada arah sumbu kuat dan lemah kolom menggunakan dua skema pembebanan: beban searah dan berlawanan arah pada ujung balok. Respons sambungan dievaluasi melalui kurva momen-rotasi, distribusi tegangan von Mises ekuivalen, pola deformasi, serta kapasitas rotasi sambungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa arah pembebanan memiliki pengaruh signifikan terhadap respons momen-rotasi, stabilitas histeresis, dan mekanisme kegagalan sambungan. Dalam semua skema pembebanan, sambungan hanya mencapai rotasi maksimum 3% dan tidak memenuhi batas rotasi minimum 4% yang ditentukan dalam AISC 341-22, maupun prinsip kolom kuat-balok lemah.*

**Kata kunci:** Momen-Rotasi, Pelat ujung, Sambungan balok-kolom, Siklik

## ABSTRACT

*This study aims to evaluate the behavior of steel beam-column connections with reinforced and extended end plates under monotonic and cyclic loading, considering the loading direction at the beam end. The analysis was performed using the finite element method with the assistance of ABAQUS software, with reference to the provisions of SNI 1729:2020, SNI 7860:2020, AISC 360-22, AISC 341-22, and FEMA 350. The connection model analyzed in the strong and weak axis directions of the column uses two loading schemes: unidirectional and counter-directional loads at the beam end. The connection response was evaluated through the moment-rotation curve, equivalent von Mises stress distribution, deformation patterns, and rotation capacity of the connection. The analysis results show that the loading direction has a significant effect on the moment-rotation response, hysteresis stability, and failure mechanism of the connection. In all loading schemes, the connection only achieved a maximum rotation of 3% and did not meet the minimum rotation limit of 4% specified in AISC 341-22, nor the strong column-weak beam principle.*

**Keywords:** Beam-column connection, Cyclic, End plate, Moment-Rotation.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan rasa syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, kesehatan, serta kekuatan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Proposal Tugas Akhir yang berjudul ***“Studi Numerikal Sambungan Balok Ke Kolom Dengan Tipe Pelat Ujung Diperpanjang Pada Arah Sumbu Lemah Dan Sumbu Kuat Kolom”*** dengan baik dan tepat waktu.

Penyusunan proposal ini merupakan bagian dari tahapan akademik yang harus dilalui dalam Program Studi Teknik Sipil, yang bertujuan untuk mengkaji aspek perilaku struktural pada sambungan baja melalui pendekatan analisis numerikal. Dalam proses penyusunannya, penulis mendapatkan dukungan, arahan, serta bantuan dari berbagai pihak yang turut berkontribusi terhadap terselesaikannya proposal ini.

Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan proposal ini, antara lain kepada:

1. Bapak Dr. Yosimson Petrus Manahan, ST., MT. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT Selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Mohammad Erfan, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II.
4. Orang Tua, Keluarga, dan rekan mahasiswa yang selalu mendukung, memberi semangat dan senantiasa mendoakan selama penyusunan Proposal Tugas Akhir ini.

Dengan rendah hati penulis mengaku bahwa masih banyak kekurangan dalam menulis Proposal Tugas Akhir ini, baik dalam segi materi maupun penyajian. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga Proposal Tugas Akhir ini bermanfaat bagi banyak orang.

Malang, Februari 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Studi Literatur .....	6
2.2 Sifat Mekanis Baja .....	7
2.3 Sambungan Balok-Kolom Struktur Baja .....	9
2.3.1 Sambungan Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat Balok-Kolom .....	12
2.3.2 Sambungan Pelat Ujung yang diperpanjang ( <i>End Plate Connection</i> ) ..	13
2.4 Hubungan Sambungan Balok-Kolom Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat.....	15
2.4.1 Desain Kapasitas sambungan sumbu lemah dan Sumbu Kuat .....	15
2.4.2 Perilaku Mekanis Sambungan (Momen–Rotasi, Tegangan, dan Regangan) .....	15
2.4.3 Kekakuan.....	18
2.5 Sambunganh Baut Mutu Tinggi (HTB) .....	18
2.5.1 Perincian Baut Mutu Tinggi .....	21
2.5.2 Teknik Pemasangan Baut Mutu Tinggi .....	22
2.6 Sambungan Las .....	23
2.6.1 Jenis dan Bentuk Sambungan Las.....	23
2.6.2 Ukuran Minimum dan Maksimum Las Sudut.....	24
2.6.3 Kekuatan nominal sambungan las.....	25
2.7 Pemodelan Sambungan Balok-Kolom Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat... 25	
2.7.1 Asumsi Pemodelan .....	25
2.8 Metode Elemen Hingga.....	27

2.8.1 Prinsip Dasar Metode Elemen Hingga.....	27
2.8.2 Diskretisasi dan Fungsi Bentuk.....	28
2.8.3 Perhitungan Momen dan Rotasi.....	28
2.8.4 Tegangan dan Regangan Elemen.....	29
2.9 Pembebanan.....	29
2.9.1 Beban Monotonik.....	29
2.9.2 Beban Cyclic.....	30
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>34</b>
3.1 Umum.....	34
3.2 Bagan Alir Metode Penelitian.....	35
3.3 Tipe Model Sambungan yang Digunakan.....	37
3.4 Data dan Parameter Teknis Struktur.....	37
3.4.1 Data Teknis Pengujian.....	37
3.4.2 Detail Material Properties.....	38
3.4.3 Balok.....	38
3.4.4 Kolom.....	40
3.4.5 Kontrol Konsep Strong Column Weak Beam.....	43
3.5 Sambungan Tipe Pelat Ujung Diperpanjang.....	45
3.5.1 Sambungan Baut.....	45
3.5.2 Langkah – Langkah Perencanaan Sambungan.....	47
3.5.3 Daerah Panel Pada Sambungan Balok-Kolom.....	54
3.5.4 Tebal Daerah Panel.....	54
3.6 Analisis Metode Elemen Hingga.....	55
3.7 Analisis Pemodelan Sambungan.....	60
<b>BAB IV.....</b>	<b>61</b>
<b>PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Pemodelan Awal.....	61
4.1.1 Data Material.....	61
4.1.2 Perencanaan Dimensi Balok dan Kolom.....	62
4.1.3 Perencanaan Sambungan.....	70
4.2 Metode Finite Element.....	86
4.2.1 Pemodelan Part.....	86
4.2.2 Assembly.....	91
4.2.3 Step.....	92

4.2.4 Interaction .....	93
4.2.5 Load .....	94
4.2.6 Mesh.....	98
4.3 Hasil Analisis Pemodelan Sambungan Bench Mark.....	98
4.3.1 Distribusi Tegangan dan Regangan Bench Mark.....	99
4.3.2 Momen – Rotasi Bench Mark .....	105
4.7 Model Sambungan Modifikasi.....	107
4.7.1 Pemodelan Model Modifikasi Pada ABAQUS.....	107
4.7.2 Distribusi Tegangan Regangan Model Modifikasi.....	109
4.7.3 Momen – Rotasi Model Modifikasi .....	115
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	118
5.1 Kesimpulan .....	118
5.2 Saran.....	119
DAFTAR PUSTAKA .....	120
LAMPIRAN.....	123

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi respon momen-rotasi pada sambungan terkekang penuh, terkekang sebagian, dan sambungan sederhana (AISC 2022). .....	10
Gambar 2. 2(a) failure mode in the FEM analysis result, (b) Hysteresis curves of the test result and FEM analysis result. (Xin bu dkk 2019).....	11
Gambar 2. 3 Contoh Detail Sambungan T-stub pada arah sumbu lemah dan sumbu kuat (Xin Bu dkk., 2019) .....	12
Gambar 2. 4 Extended end plate connections (AISC DG 04).....	13
Gambar 2. 5 Hubungan momen (M) terhadap rotasi sambungan ( $\theta$ ) (AISC 360-22). .....	16
Gambar 2. 6 Sambungan Pelat Ujung.....	19
Gambar 2. 7 Perbandingan 2 Jenis Las (AWS A3.0: 2001).....	24
Gambar 2. 8 Standard Beban Cyclic (FEMA 355D).....	32
Gambar 2. 9 Rotasi Antar Tingkat (Story Drift Angle) pada Sambungan Balok– Kolom Akibat Beban Siklik ( FEMA 350-02) .....	33
Gambar 3. 1 Bagan Alir Metode Penelitian .....	36
Gambar 3. 2 Model Sambungan yang diteliti Extended end plate (Tolan 2025). 37	
Gambar 3. 3 Faktor Panjang Tekuk (K).....	41
Gambar 3. 4 Formasi Susunan Baut; (a) Tipe Unstiffened Extended; (b) Tipe Stiffened Extended (AISC 358-22).....	47
Gambar 3. 5 Tampilan Awal Program Bantu ABAQUS 2024 .....	56
Gambar 3. 6 Kurva Rencana Beban Siklik .....	59
Gambar 4. 1 Mutu Material SS400 .....	61
Gambar 4. 2 Mutu Material Baut A325 .....	62
Gambar 4. 3 Detail Gambar Hasil Perhitungan .....	86
Gambar 4. 4 Pelat Pengaku Segitiga Ketebalan 10 mm.....	88
Gambar 4. 5 Boundary Condition Pada Model.....	94
Gambar 4. 6 Skema Beban Searah.....	95
Gambar 4. 7 Skema Beban Dua Arah .....	95
Gambar 4. 8 Input Beban Aksial Ujung Kolom.....	96

Gambar 4. 9 Input Gaya Pratarik Baut.....	96
Gambar 4. 10 Input Nilai Beban Displacement Pada ujung balok .....	97
Gambar 4. 11 Beban Cyclic yang diinput .....	97
Gambar 4. 12 Proses Mesh Pada Elemen .....	98
Gambar 4. 13 Meshing yang diterapkan .....	98
Gambar 4. 14 Tegangan Pada Rotasi Maksimum 3 %.....	99
Gambar 4. 15 Tegangan dan regangan pada leleh pertama pada beban satu arah .....	100
Gambar 4. 16 Tegangan dan regangan pada leleh pertama pada beban satu arah .....	100
Gambar 4. 17 Tegangan Regangan Baut Beban Searah Frame 511.....	100
Gambar 4. 18 Tegangan Regangan Baut Beban dua arah Frame 601 .....	101
Gambar 4. 19 Tegangan dan regangan pada balok beban searah Frame 511.....	101
Gambar 4. 20 Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beban Dua Arah Frame 601 .....	102
Gambar 4. 21 Distribusi Tegangan akhir beban searah Frame 1177.....	102
Gambar 4. 22 Tegangan regangan tanpa gambar Baut.....	102
Gambar 4. 23 tegangan dan regeangan setelah kolom dan baut dihilangkan. ....	103
Gambar 4. 24 Distribusi Tegangan akhir beban dua arah Frame 1235 .....	103
Gambar 4. 25 Tegngan regangan Tanpa Gambar Baut .....	104
Gambar 4. 26 Tegangan Regangan tanpa gambar baut dan Kolom.....	104
Gambar 4. 27 Tegangan dan regangan tanpa gambar , baut,kolom, pengaku segitiga .....	105
Gambar 4. 28 Kurva Histeresis Sumbu Lemah Kolom. ....	105
Gambar 4. 29 Kurva Histeresis Sumbu Kuat Kolom.....	106
Gambar 4. 30 Detail Sambungan Modifikasi.....	107
Gambar 4. 31 Diagram Tegangan Regangan A490 (Jalan Hameed 2020).....	108
Gambar 4. 32 Model Sambungan Modifikasi .....	108
Gambar 4. 33 Tegangan Pada Rotasi Maksimum 6 %.....	109
Gambar 4. 34 Tegangan dan regangan pada leleh pertama pada beban satu arah110	
Gambar 4. 35 Tegangan dan regangan pada leleh pertama pada beban dua arah 110	
Gambar 4. 36 Tegangan Regangan Baut Beban Searah Frame 437.....	110

Gambar 4. 37 Tegangan Regangan Baut Beban dua arah Frame 391 .....	111
Gambar 4. 38 Tegangan dan regangan pada balok beban searah Frame 437.....	111
Gambar 4. 39 Tegangan Dan Regangan Pada Balok Beban Dua Arah Frame 391 .....	112
Gambar 4. 40 Distribusi Tegangan akhir beban searah Frame 1704 .....	112
Gambar 4. 41 Tegangan regangan Tanpa gambar baut, balok, pengaku segitiga	113
Gambar 4. 42 Distribusi Tegangan akhir beban dua arah Frame 1696 .....	114
Gambar 4. 43 Tegangan regangan tanpa gambar baut .....	114
Gambar 4. 44 Tegangan regangan tanpa gambar baut dan balok.....	115
Gambar 4. 45 Tegangan regangan Tanpa gambar baut, balok, pengaku segitiga	115
Gambar 4. 46 Kurva Histeresis Sumbu Lemah Kolom. ....	116
Gambar 4. 47 Kurva Histeresis Sumbu Kuat Kolom. ....	116

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Studi Literatur Terdahulu .....	6
Tabel 2. 2 Parameter Sifat Mekanis Baja .....	8
Tabel 2. 3 Sifat-Sifat Mekanis Baut .....	20
Tabel 2. 4 Detail Dimensi Baut .....	21
Tabel 2. 5 Kekuatan Nominal Pengencang dan Bagian Berulir, ksi (MPa) .....	22
Tabel 2. 6 Ukuran Minimum Las filet.....	24
Tabel 3. 1 Detail Material Properties .....	38
Tabel 3. 2 Jarak Tepi Minimum Dari Pusat Lubang Standar ke Tepi Dari Bagian Yang Disambung .....	45
Tabel 3. 3 Nilai Ry Dan Rt, Untuk Material Baja .....	48
Tabel 3. 4 Satuan Pada ABAQUS Yang digunakan .....	55
Tabel 3. 5 cyclic Load (FEMA 350-02) .....	58
Tabel 5. 1 Tabel Rekapitulasi .....	119