



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

NUMERICAL STUDY OF STEEL BEAM-COLUMN CONNECTION WITH EXTENDED END PLATE TYPE

Daniel Juanito Tolan¹, Ester Prikasari², Mohammad Erfan³

^{1,2,3}Institut Teknologi Nasional Malang, Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2, Sumpster, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

Email: 2221065@scholar.itn.ac.id

Received: 14 Januari 2026 Revised: 20 Februari 2026 Accepted: 14 Maret 2026 Published: 15 Maret 2026

ABSTRAK

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

PENDAHULUAN

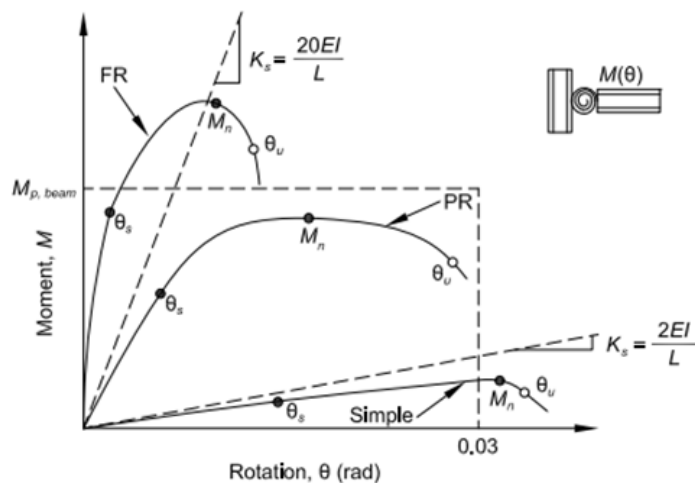
Struktur baja menjadi pilihan utama dalam konstruksi *modern* karena kekuatan tinggi, fabrikasi efisien, dan kemudahan pelaksanaan di lapangan. Sambungan balok–kolom adalah elemen kunci yang mentransfer gaya antar anggota struktur (American Institute Steel Construction, 2022). Kegagalan pada sambungan dapat menyebabkan keruntuhan struktur meskipun balok dan kolom aman secara individual. Perancangan sambungan seharusnya mempertimbangkan perilaku nyata sambungan di bawah beban, bukan sekadar detail geometri dan ukuran komponen (Elhout, 2024). Perilaku sambungan memengaruhi kekakuan rotasi, kapasitas momen, dan respon daktilitas struktur terhadap gempa.

Sambungan pelat ujung (*end-plate connection*) yang diperluas (*extended end-plate*) memiliki kinerja momen dan rotasi yang dipengaruhi oleh konfigurasi *stiffener* dan detail pelat. Hasil analisis numerik menunjukkan bahwa penambahan *stiffener* meningkatkan kapasitas rotasi dan distribusi tegangan pada sambungan *extended end-plate* dibandingkan sambungan tanpa *stiffener* (Rada dan Zulfakar, 2024). Selain itu, studi eksperimental pada sambungan

end-plate juga memberikan data karakteristik momen–rotasi dan kapasitas lentur sambungan yang beragam berdasarkan variasi geometri dan pola baut (Panjaitan dkk., 2025).

Namun, studi numerik khusus pada sambungan balok–kolom baja tipe *extended stiffened end-plate* yang mencakup pembebanan *monotonic* dan siklik masih terbatas, khususnya yang mengacu pada standar performa FEMA 350 untuk perilaku sambungan tahan gempa (Haghollahi dan Ahmadi, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku momen–rotasi dan distribusi tegangan sambungan *extended stiffened end-plate* pada arah sumbu kuat dan sumbu lemah kolom di bawah beban *monotonic* dan siklik, serta memberikan dasar pengembangan desain sambungan baja yang lebih aman dan efisien (Federal Emergency Management Agency, 2000)

Berdasarkan AISC 341-2022 menunjukkan bahwa sambungan tipe *extended end-plate* memiliki karakteristik semi-kaku hingga kaku penuh dengan hubungan momen–rotasi yang bersifat nonlinier, klasifikasi karakteristik sambungan ditetapkan berdasarkan respon momen-rotasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi Respon Momen-rotasi (M-θ) AISC 341-22 (American Institute Steel Construction, 2022)

Studi Numerikal Sambungan (Tolan/ hal. 241-254)

Kurva momen–rotasi ($M-\theta$) merupakan parameter utama untuk menilai kekakuan rotasi, kapasitas momen, daktilitas, serta kemampuan disipasi energi pada sambungan baja, baik di bawah pembebanan monotonik maupun siklik yang merepresentasikan beban gempa (Qiao dkk., 2020). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ketebalan pelat ujung, diameter dan konfigurasi baut mutu tinggi, serta penggunaan pelat pengaku berpengaruh signifikan terhadap peningkatan kekakuan, stabilitas respons histeresis, dan kapasitas momen sambungan. Sambungan *extended stiffened end-plate* terbukti memiliki kemampuan disipasi energi yang baik dengan degradasi kekakuan yang relatif terkendali saat menerima pembebanan siklik, sehingga sesuai untuk aplikasi struktur baja tahan gempa (Panjaitan dkk., 2025)

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan analisis numerikal berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) untuk

mengevaluasi perilaku sambungan balok–kolom baja tipe *extended stiffened end-plate* pada arah sumbu kuat dan sumbu lemah kolom. Analisis dan perencanaan sambungan balok–kolom baja tipe *extended end-plate* dilakukan berdasarkan AISC 341-22, AISC 360-22, AISC DG04, dan SNI 1729-2020.

1. *Material Properties*

Properti material yang digunakan dalam pemodelan numerik material utama yang digunakan pada elemen balok, kolom, pelat ujung (*end-plate*), dan pelat pengaku (*stiffener*) adalah baja struktural SS400, sedangkan elemen penghubung menggunakan baut mutu A325 dengan detail material dapat dilihat pada Tabel 1 (Badan Standarisasi Nasional, 2020; Japanese Standards Association, 2020). Sifat mekanik baja memegang peranan penting dalam menentukan kemampuan material tersebut dalam menahan beban (Sihombing dkk., 2025).

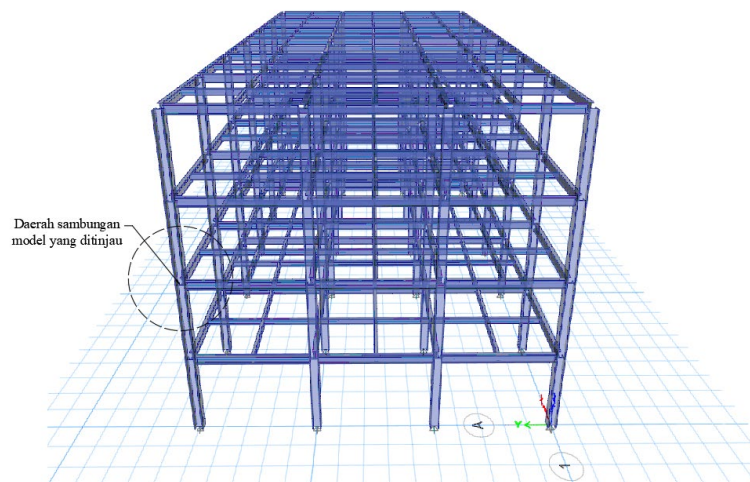
Tabel 1. *Material Properties*

Jenis Material	Mutu Material	Tegangan leleh (MPa)	Tegangan Putus (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
Balok IWF 350 × 175 × 7 × 11 × 14	SS400	240	410	200000
Kolom HWF 350 × 350 × 12 × 19 × 20	SS400	240	410	200000
Pelat (t = 22 mm)	SS400	240	410	200000
Baut (D = 22 mm)	A325	635	827	210000

2. *Desain Struktur*

Elemen sambungan yang dianalisis ditentukan melalui tahapan perencanaan struktur. Pada tahap ini, ditetapkan konfigurasi portal sebagai sistem penahan gaya gempa beserta dimensi elemen

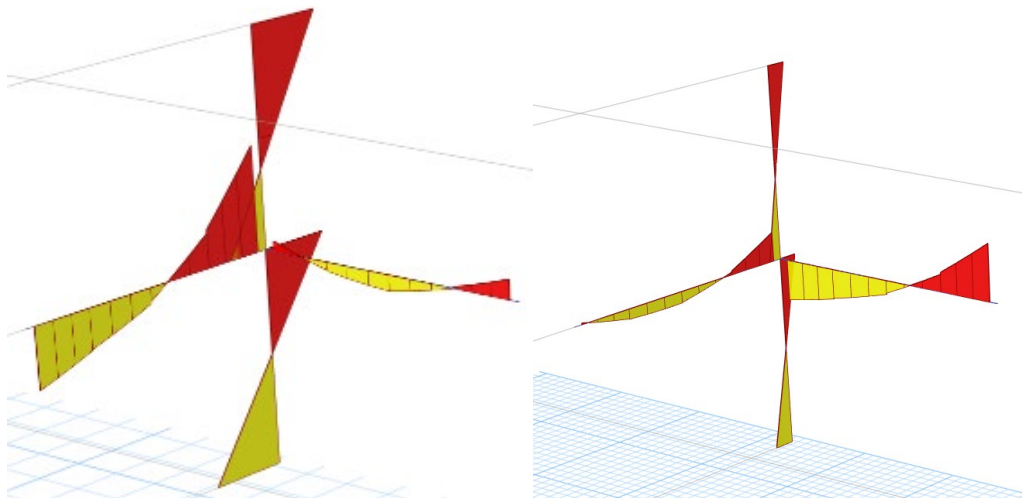
strukturnya. Seluruh elemen dirancang untuk memenuhi persyaratan rasio kapasitas guna meminimalkan potensi kegagalan struktur. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi struktur dan lokasi sambungan eksterior yang dianalisis.



Gambar 2. Letak Sambungan yang Ditinjau

Jarak antar portal pada arah sumbu X dan Y masing-masing ditetapkan sebesar 5 m, dengan tinggi antar lantai pada arah sumbu Z sebesar 3,5 m. Hasil pemeriksaan balok–kolom menunjukkan bahwa kriteria *Strong Column–Weak Beam* (SCWB) telah

terpenuhi berdasarkan AISC 341-22. Mutu material ditetapkan yang memenuhi analisa (Surya dkk., 2025). Diagram momen *output* ETABS M33 pada daerah sambungan yang ditinjau ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



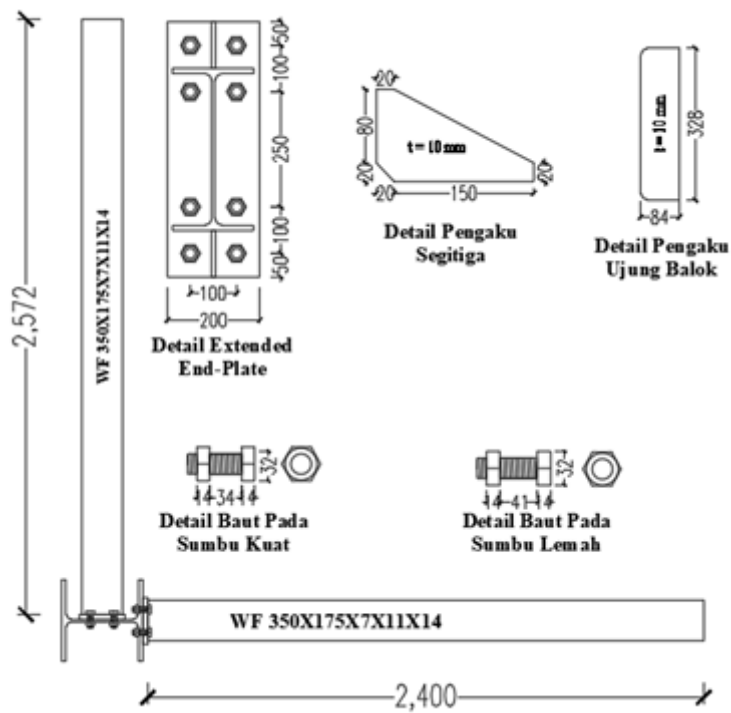
Gambar 3. *Output* ETABS M33 pada Daerah Sambungan yang Ditinjau.

Pada diagram momen Gambar 3 dapat diamati bahwa pada setengah bentang balok terjadi kombinasi momen negatif–negatif dan positif–negatif. tersebut menjadi acuan dasar dalam penerapan beban siklik pada ujung balok, sehingga arah pembebanan yang diberikan mampu merepresentasikan

kondisi gaya dalam yang bekerja secara searah maupun berlawanan arah.

3. Pemodelan 3D pada ABAQUS

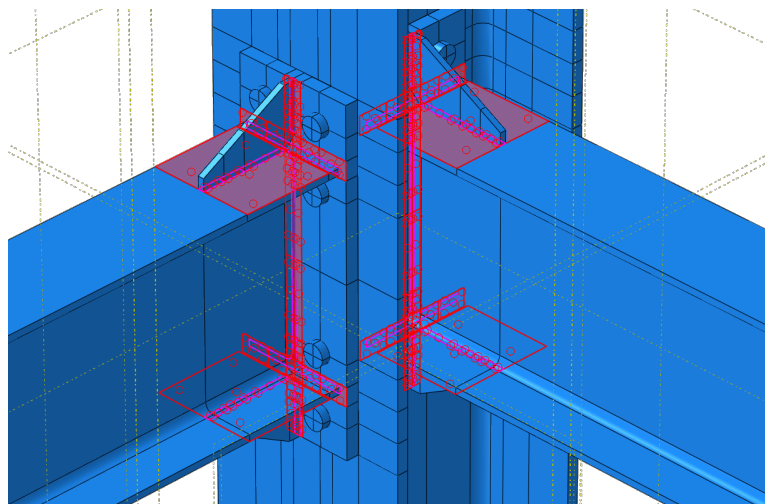
Pemodelan daerah sambungan yang ditinjau dilakukan menggunakan perangkat lunak ABAQUS, dengan detail sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampak Atas Model dan Detail Elemen Penyambung

Setiap komponen sambungan dimodelkan sebagai *solid extrusion*, sedangkan elemen las direpresentasikan melalui interaksi *tie constraint*, kemudian part dirangkai menjadi satu kesatuan pada modul *assembly* hasil pemodelan pada ABAQUS.

Kontak antar elemen permukaan baja yang bergesekan diperhitungkan dengan nilai koefisien friksi sebesar 0.3 (AISC 341-22). Sementara untuk kontak antar elemen yang saling menekan didefinisikan sebagai "*Hard Contact*" dan Las dimodalkan sebagai "*Tie*" Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



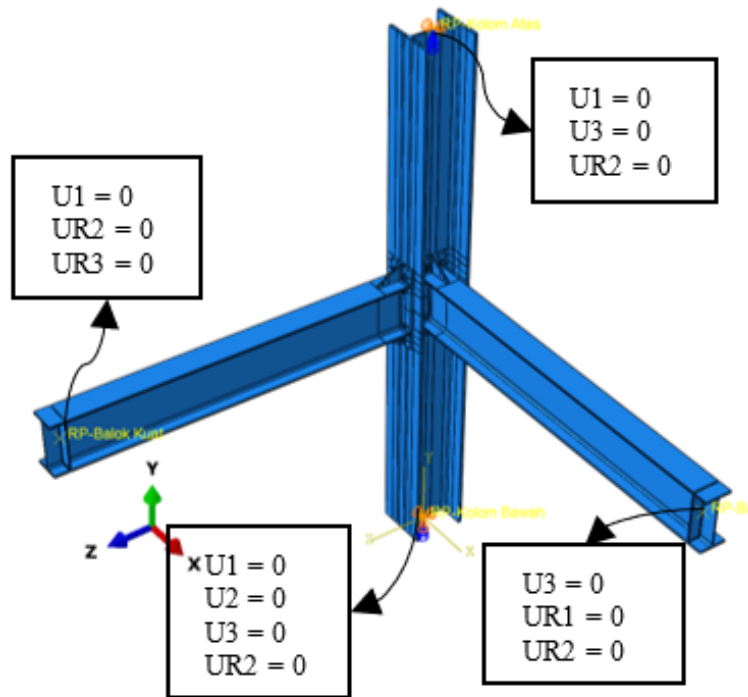
Gambar 5. Pemodelan Las

Area antar elemen berwarna merah dan ungu yang saling berkontak akan

terdefiniskan sebagai las sedangkan pada area berwarna yang tidak berkontak

program akan otomatis menghilangkan tipe "Surface" yang didefinisikan. *Boundary*

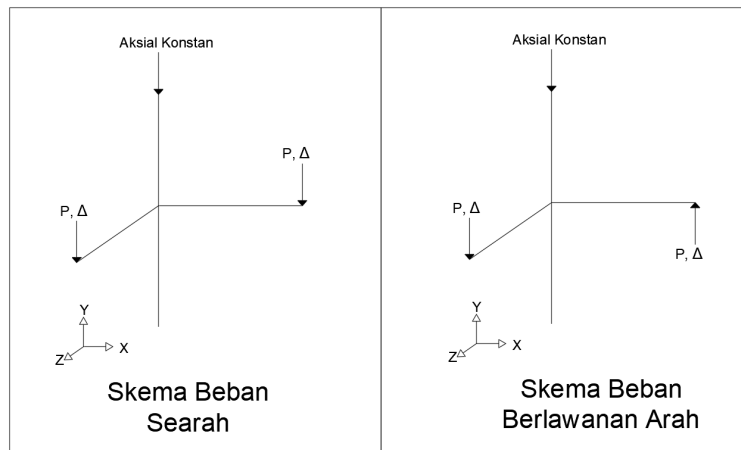
condition yang diterapkan pada model ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Boundary Condition*

Skema pembebanan yang diterapkan dua skema berbeda yaitu beban searah dan

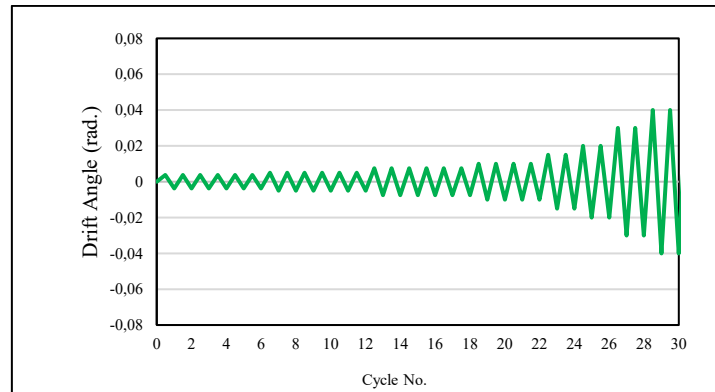
beban berlawanan arah pada kedua ujung balok seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Pembebanan

Dalam penelitian ini, pola pembebanan siklik ditetapkan berdasarkan ketentuan FEMA 350 dan AISC 341-22, yang mensyaratkan bahwa benda uji harus mampu

melewati tahapan pembebanan siklik hingga mencapai tingkat rotasi minimum sebesar 4%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.

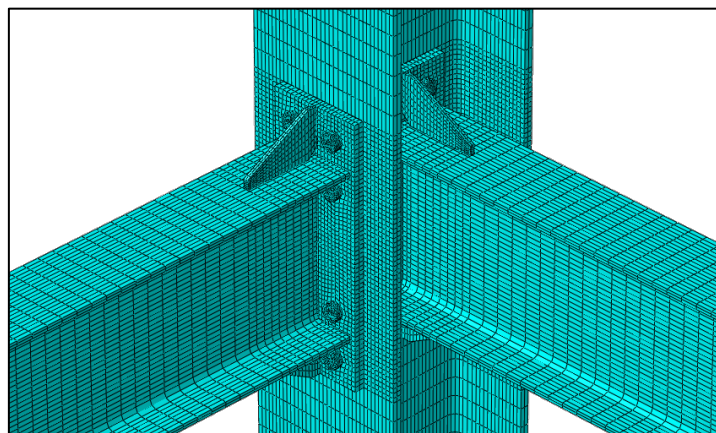


Gambar 8. Beban Siklik yang Digunakan

Pembebanan pada ujung balok dimodelkan dalam bentuk *displacement control* untuk merepresentasikan respons deformasi struktur, sedangkan pembebanan pada ujung kolom diterapkan sebagai beban terpusat sebesar 214774 N. Nilai beban aksial tersebut diperoleh dari hasil analisis struktur global menggunakan ETABS pada lokasi elemen yang ditinjau, sehingga kondisi pembebanan yang diterapkan

mencerminkan keadaan aktual struktur (El-Khoriby dkk., 2017).

Proses diskretisasi elemen hingga pada model numerik dilakukan menggunakan elemen *solid* tiga dimensi tipe C3D8R, yaitu elemen *brick* delapan *node* dengan formulasi *reduced integration* hasil mesing pada model dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Meshing pada Sambungan

Kerapatan *mesh* dibuat lebih halus pada daerah kritis, seperti zona sambungan balok–kolom dan sekitar lubang baut, untuk menangkap konsentrasi tegangan dan mekanisme deformasi lokal, sementara *mesh* yang lebih kasar diterapkan pada bagian elemen yang relatif jauh dari daerah sambungan guna menjaga efisiensi komputasi (Leman dkk., 2023).

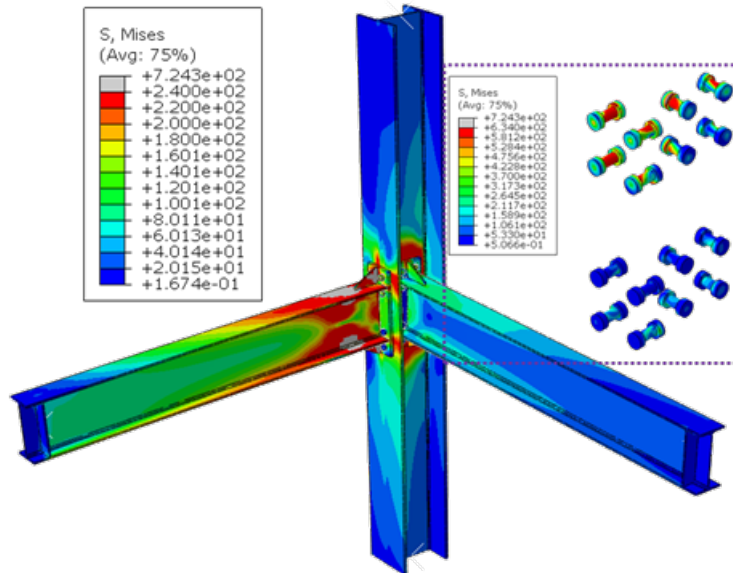
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis numerik sambungan baja dengan dua skema pembebanan yaitu pembebanan pada ujung balok searah dan berlawanan arah, disajikan dalam bentuk kurva momen–rotasi yang direpresentasikan melalui kurva histerisis, serta distribusi tegangan ekuivalen *von Mises*, pola deformasi, dan faktor daktilitas sambungan (Haghollahi dan Ahmadi, 2018). Perbandingan kedua skema pembebanan

tersebut bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh arah pembebanan terhadap respons histeretik dan kapasitas deformasi sambungan.

1. Tegangan

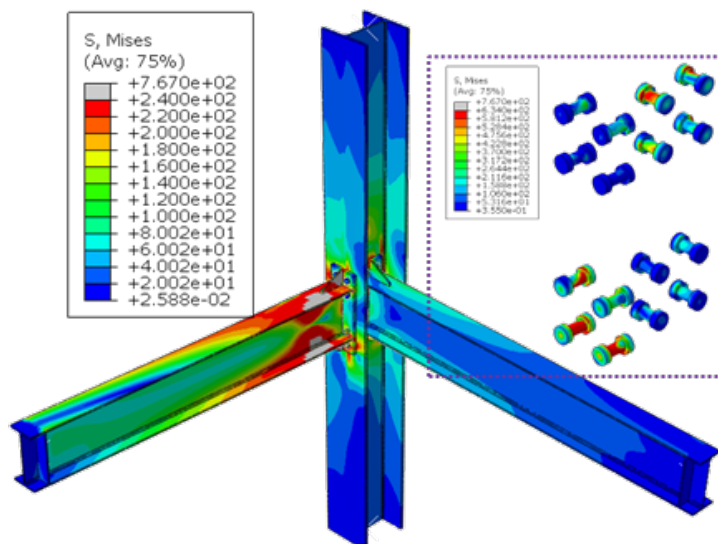
Tegangan terbesar pada skema pembebanan searah terjadi pada baut sumbu kuat dan kolom sebesar 724.3 MPa dan 410 Mpa pada saat rotasi mencapai 3% terlihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Hasil *S Mises Cyclic* No.28 dengan Beban Searah

Sedangkan skema pembebanan berlawanan arah teridentifikasi pada baut sumbu kuat dan kolom sebesar 767 MPa dan

410 MPa pada rotasi 3% terlihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Hasil *S Mises Cyclic* No. 28 dengan Beban Berlawanan Arah

Hasil tersebut menunjukkan bahwa mekanisme pelelehan tidak terjadi pada balok sebagaimana yang diharapkan, sehingga sambungan yang ditinjau tidak

memenuhi prinsip *Strong Column-Weak Beam* (SCWB). Meskipun pada analisis manual rasio SCWB memenuhi kriteria,

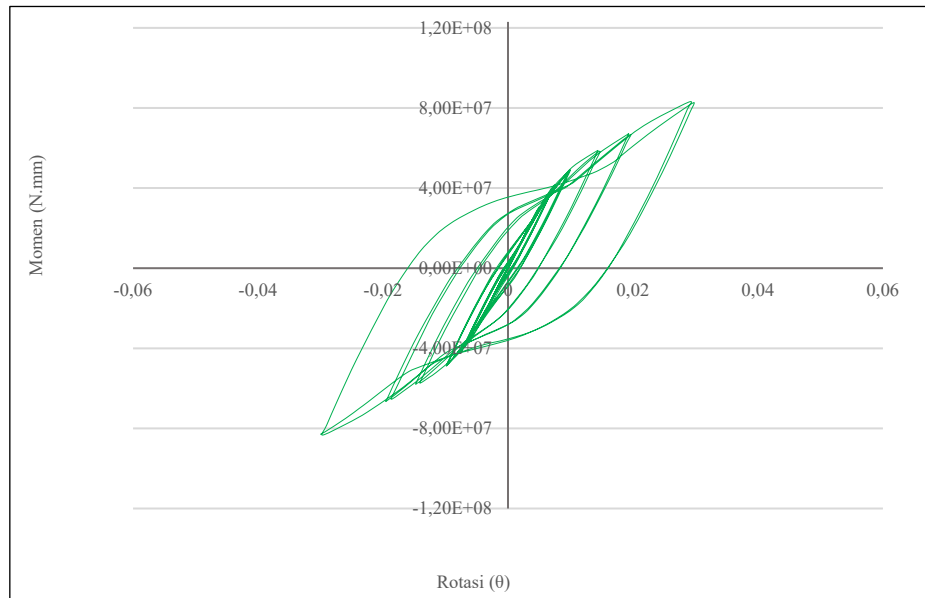
Studi Numerikal Sambungan (Tolan/ hal. 241-254)

hasil analisis numerik menunjukkan perilaku yang berbeda.

2. Kurva Histeristik

Kurva histeristik sambungan balok–kolom pada pembebanan siklik arah sumbu

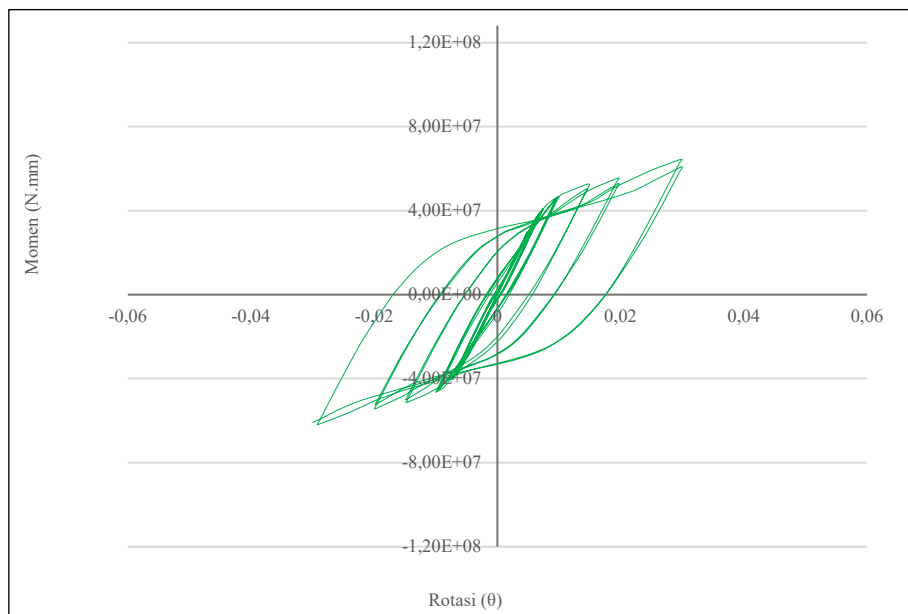
lemah kolom dengan dua arah pembebanan yang berbeda. Pada Gambar 12 (beban searah ke bawah), momen maksimum yang dicapai sebesar 83,34 kN.m pada rotasi sekitar 3%.



Gambar 12. Kurva Histeristik Sumbu Lemah Beban Searah

Sementara itu, pada Gambar 13 (beban berlawanan arah atas–bawah), momen maksimum yang dicapai lebih rendah, yaitu

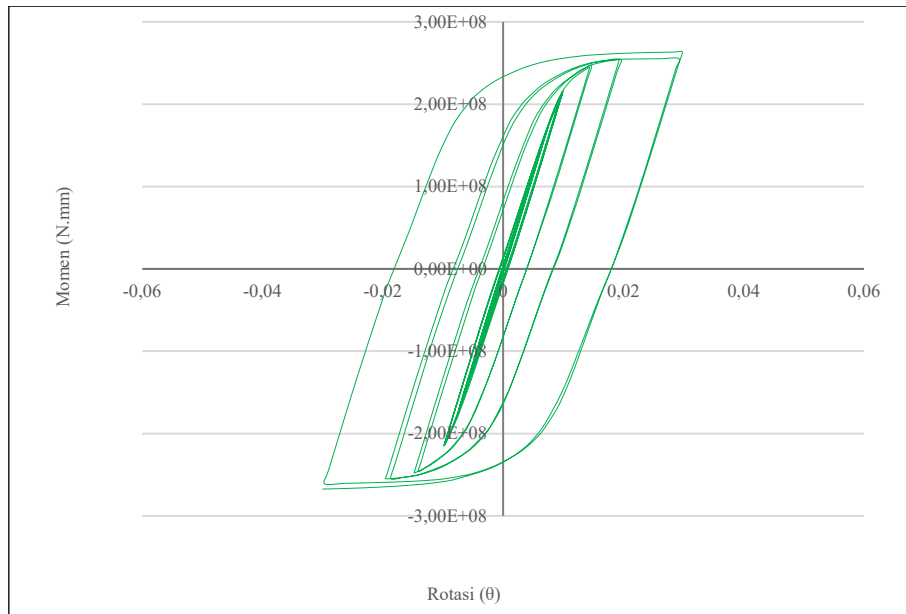
61,96 kN.m pada rotasi yang sama, yaitu 3%.



Gambar 13. Kurva Histeristik Sumbu Lemah Beban Berlawanan Arah

Pada sumbu kuat kolom, kurva histeristik menunjukkan bahwa sambungan mencapai rotasi sebesar 3% pada kedua arah

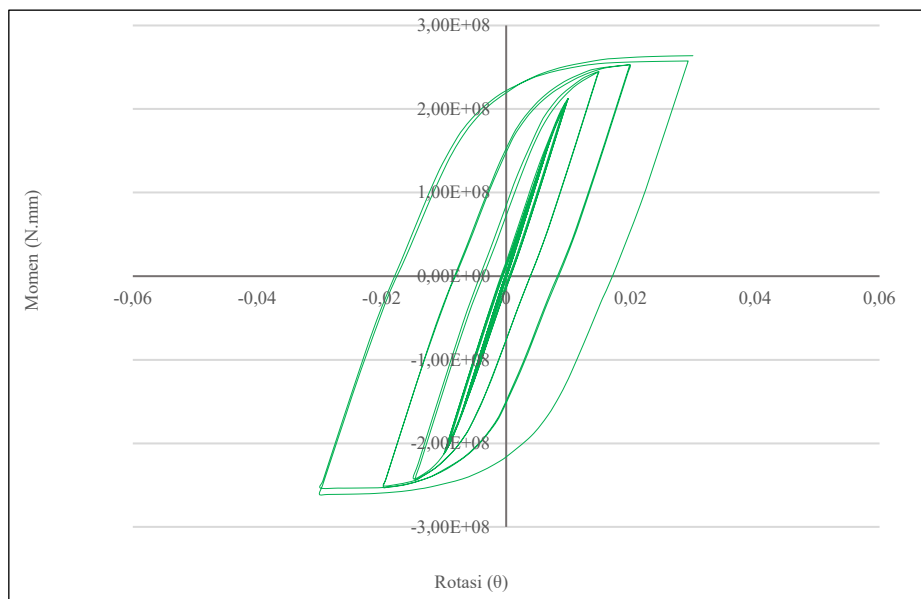
pembebanan. Pada Gambar 14 (beban searah), momen maksimum yang dicapai sebesar 267.43 kN.m.



Gambar 14. Kurva Histeristik Sumbu Kuat Beban Searah

Sedangkan pada Gambar 15 (beban berlawanan arah) momen maksimum lebih

rendah, yaitu 263.82 kN.m pada rotasi yang sama.



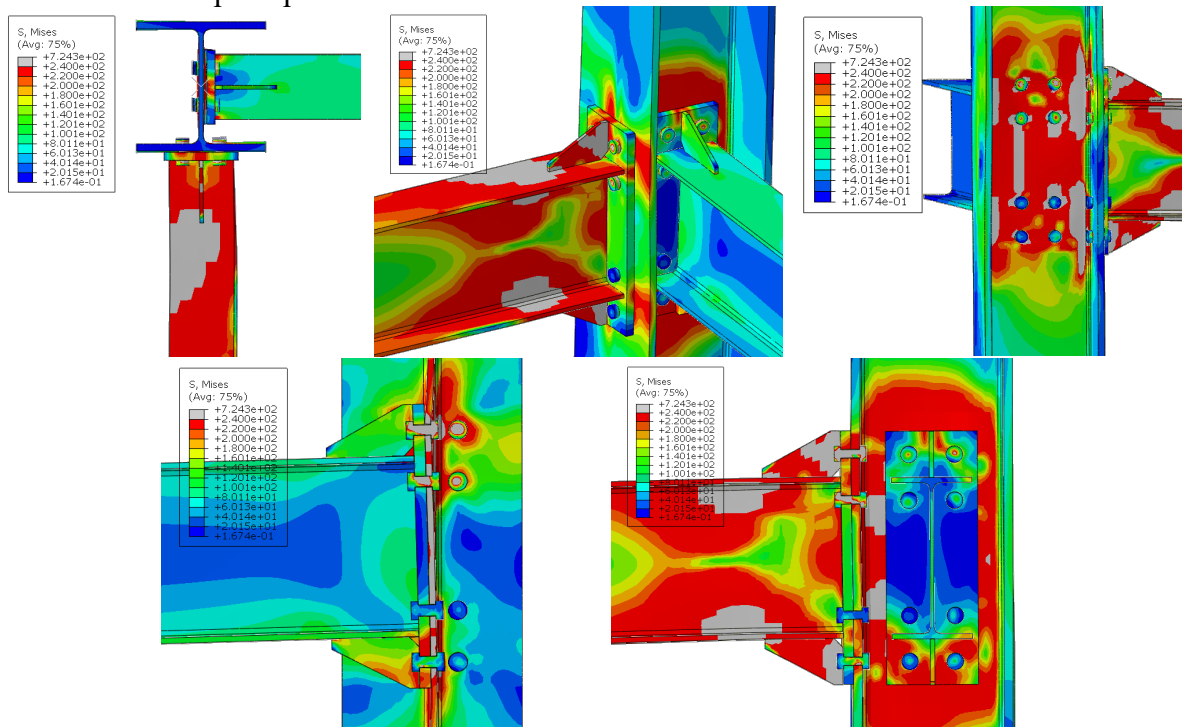
Gambar 15. Kurva Histeristik Sumbu Lemah Beban Berlawanan Arah

Perbedaan respons momen–rotasi pada kedua sumbu kolom menunjukkan bahwa kapasitas rotasi sambungan dibatasi oleh mekanisme kegagalan lokal sebelum memenuhi batas 4% sebagaimana disyaratkan AISC 341-22. Pada pembebanan siklik, baik pada sumbu lemah maupun sumbu kuat, sambungan hanya mampu mencapai rotasi hingga 3% akibat terjadinya konsentrasi deformasi plastis pada baut, pelat ujung, dan daerah muka kolom. Kondisi ini menyebabkan degradasi kekakuan dan penurunan stabilitas respons histeresis pada siklus lanjutan, sehingga peningkatan rotasi lebih lanjut tidak dapat dicapai. Selain itu, arah pembebanan berlawanan mempercepat ketidakstabilan

distribusi tegangan, khususnya pada sumbu lemah kolom, yang membatasi kemampuan sambungan untuk mengembangkan rotasi plastis penuh sesuai ketentuan AISC 341-22.

3. Pola Kegagalan

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, pola kegagalan harus diarahkan terjadi pada sendi plastis yang terkontrol, sehingga kerusakan bersifat duktail dan tidak menyebabkan runtuhnya elemen utama secara tiba-tiba (Syarifudin dkk., 2024). Pada kondisi pembebanan searah, leleh awal teridentifikasi terjadi pada pelat pengaku segitiga pada rotasi sekitar 1% seperti yang terlihat pada Gambar 16.

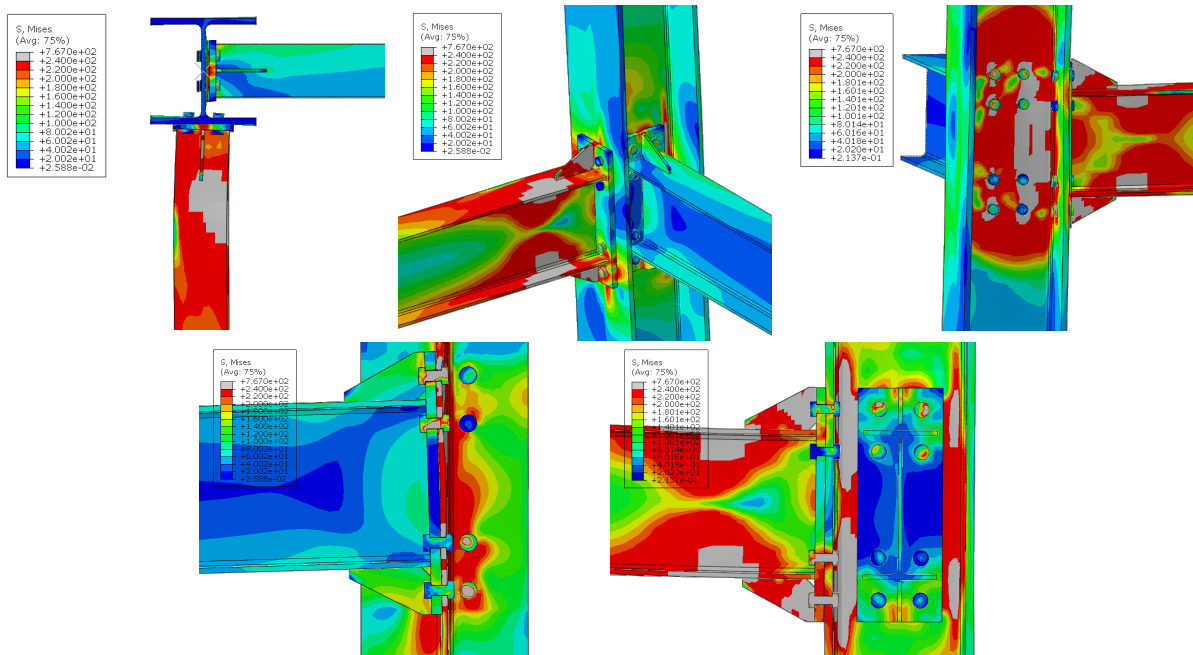


Gambar 16. Pola Kegagalan yang Terjadi pada Pembebanan Searah

Pola kegagalan akibat pelat pengaku ini berkembang dan diikuti oleh kerusakan yang lebih signifikan pada badan dan sayap kolom, yang ditandai dengan meningkatnya deformasi lokal. Pola kegagalan ini mengindikasikan bahwa meskipun mekanisme awal masih terkonsentrasi pada elemen sambungan, kapasitas kolom mulai terlibat secara aktif dalam menahan beban, sehingga respons struktur secara

keseluruhan dipengaruhi oleh interaksi antara elemen sambungan dan kolom.

Pada pembebanan berlawanan arah, leleh awal teridentifikasi terjadi pada badan kolom pada rotasi sekitar 1%. Kondisi ini menyebabkan berkembangnya tekuk lokal pada badan kolom yang diikuti oleh deformasi terbatas pada komponen sambungan seperti yang terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pola Kegagalan yang Terjadi pada Pembebanan Berlawanan Arah

Pola kegagalan tersebut mengindikasikan bahwa respons plastis didominasi oleh kolom, bukan oleh elemen sambungan atau balok. Mekanisme ini tidak sejalan dengan prinsip desain sambungan tahan gempa, di mana elemen yang disambung seharusnya mengalami leleh terlebih dahulu untuk mencegah keruntuhan prematur pada elemen kolom.

SIMPULAN

Analisis numerik menunjukkan bahwa arah pembebanan siklik pada ujung balok berpengaruh signifikan terhadap respons momen–rotasi dan mekanisme kegagalan sambungan balok–kolom baja. Pada sumbu lemah kolom, pembebanan searah menghasilkan momen maksimum sebesar 83,34 kNm pada rotasi 3%, sedangkan pembebanan berlawanan arah menurunkan kapasitas momen menjadi 61,96 kNm pada rotasi yang sama. Pada sumbu kuat kolom, sambungan mencapai momen maksimum 267,43 kNm untuk pembebanan searah dan 263,82 kNm untuk pembebanan berlawanan arah, keduanya juga terbatas pada rotasi 3%.

Pada seluruh skema pembebanan, sambungan tidak mampu mencapai rotasi 4% sebagaimana disyaratkan AISC 341-22,

Keterbatasan kapasitas rotasi ini disebabkan oleh terjadinya konsentrasi deformasi plastis pada baut, pelat ujung, dan daerah muka kolom, yang memicu degradasi kekakuan dan ketidakstabilan respons histeresis pada siklus lanjutan. Leleh awal tidak teridentifikasi balok, sehingga prinsip *Strong Column–Weak Beam* (SCWB) tidak terpenuhi, meskipun secara analisis manual rasio SCWB memenuhi kriteria. Hal ini menjadi perhatian serius terhadap sebagian besar kegagalan terjadi karena rasio kekuatan kolom terhadap balok tidak memenuhi ketentuan *strong column–weak beam* (SCWB) yang meningkatkan potensi keruntuhan struktur (Kusumastuti dkk., 2025).

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa arah pembebanan siklik pada ujung balok, baik searah maupun berlawanan arah, sangat memengaruhi respons momen–rotasi, mekanisme kegagalan, serta kapasitas rotasi sambungan. Temuan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan arah pembebanan aktual dalam evaluasi dan perancangan sambungan balok–kolom baja tahan gempa agar kinerja duktil dan mekanisme keruntuhan yang diharapkan dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute Steel Construction. (2022). *AISC 341-22 about Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Supersedes the Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- American Institute Steel Construction. (2022). *AISC 360-22 about Specification for Structural Steel Buildings Supersedes the Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago.
- American Institute Steel Construction. (2004). *AISC DG04 about Steel Design Guide Extended End-plate Moment Connections Seismic and Wind Applications Second Edition*. Chicago.
- American National Standards Institute. (2014). *ASTM A325 about Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength*. Pennsylvania.
- Badan Standarisasi Nasional. (2020). *SNI 1729-2020 tentang Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta.
- Elhout, E. A. (2024). Effect of Beam-column Connection Types on the Response Modification Factors of Steel Frames. *International Journal of Steel Structures*, 24(1), 132–143.
- El-Khoriby, S., Sakr, M. A., Khalifa, T. M., dan Eladly, M. M. (2017). Modelling and Behaviour of beam-to-column connections under axial force and cyclic bending. *Journal of Constructional Steel Research*, 129(2017), 171–184.
- Federal Emergency Management Agency. (2000). *FEMA 350 about Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings*. Washington D.C.
- Haghollahi, A. dan Ahmadi, H. (2018). Cyclic Behavior of Steel Beam-to-Column Moment Connections using Different Sizes of Flange Plates and Reinforced by a Single Rib Plate. *Civil Engineering Journal*, 4(1), 138–150.
- Japanese Standards Association. (2020). *JIS G3101 about Rolled Steels for General Structure*. Tokyo.
- Kusumastuti, D., Tenderan, R., Mahib, N. Y., dan Jayusman, A. A. (2025). Kajian Kelayakan Seismik dan Penyusunan Sambungan Tipikal Bolted Flange Plate pada Sistem SRPMK Menggunakan Profil Baja Indonesia. *Jurnal Teknik Sipil*, 32(3), 371-382.
- Leman, S., Tavio, dan Christianto, D. (2023). Analisis Prilaku dan Distribusi Tegangan pada Sambungan Pelat Tarik dengan Aplikasi Finite Element. *KoNTekS17: Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-17*, 1(3), 487-505.
- Panjaitan, A., Hasibuan, P., Afifuddin, M., Bermansyah, S., dan Haiqal, M. (2025). Kajian Eksperimental Evaluasi Kinerja Kuat Lentur Sambungan Ordinary dan Extended End Plate. *Jurnal Teknik Sipil: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang*, 32(2), 123–138.
- Qiao, W. T., Zhu, R. J., Wang, D., Li, J., dan Yuan, J. W. (2020). Study on Moment-rotation Relationship of Steel Sleeve Beam-column Joint with Interference Fit. *Advanced Steel Construction*, 16(4), 337–345.
- Rada, D. C. dan Zulfakar, M. (2024). Displacement Characteristics of Stiffened Column-Beam End-Plate Joints: A Comparative Study. 13(02), 2024. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 13(2), 1-7.

Sihombing, D., Naibaho, P. R. T., dan Sembiring, K. (2025). Analisis Perhitungan Rancangan Bangunan Gudang (Studi Kasus: Gudang Konsolidasi Block C.05 SBU Marunda – Jakarta) (In Press). *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 21(1), 125–137.

Surya, Y. A., Nuryanto, F. M., dan Tunggulgeni, E. (2025). Analisa Lendutan terhadap Stabilitas Struktur Rangka Atap Gedung Kantor pada

Kawasan X Makassar. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 20(2), 99–105.

Syarifudin, A., Hakim, L., dan Yuana, P. S. (2024). Analisis Potensi Kegagalan yang Mungkin Terjadi pada Sambungan Haunched yang Biasa Diterapkan di Indonesia dengan Metode Numerik. *Dinamika Teknik Sipil: Majalah Ilmiah Teknik Sipil*, 17(1), 37-46.