

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur baja merupakan salah satu pilihan utama dalam konstruksi modern, termasuk bangunan bertingkat, jembatan, dan fasilitas industri, karena memiliki kekuatan tinggi, kemudahan fabrikasi, serta efisiensi pemasangan di lapangan. Dalam sistem struktur baja, elemen utama seperti balok dan kolom harus dihubungkan melalui sambungan yang berperan penting dalam menyalurkan gaya antar elemen. Sambungan ini merupakan bagian kritis dari sistem struktur, karena kegagalan pada sambungan dapat memicu keruntuhan keseluruhan struktur, meskipun elemen balok atau kolom itu sendiri masih berada dalam kondisi aman. Oleh karena itu, kualitas perancangan sambungan, baik dari segi geometri, dimensi pelat, atau baut pengikat, sangat menentukan performa struktural.

Secara umum, perencanaan sambungan pada struktur baja sering kali hanya berfokus pada penentuan diameter serta jumlah baut, ketebalan las, dan tebal pelat penyambung, tanpa mempertimbangkan bagaimana distribusi tegangan dan perilaku nyata sambungan ketika menerima beban. Padahal, sambungan antara balok dan kolom memiliki peran penting terhadap kekakuan, kapasitas momen, serta daktilitas struktur. Kurangnya pemahaman terhadap hal ini dapat mengakibatkan desain yang kurang optimal dan berpotensi menimbulkan kegagalan sambungan lebih dini. Oleh sebab itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam terhadap perilaku sambungan balok-kolom baja guna memahami distribusi tegangan, deformasi, serta mekanisme penyaluran gaya, sehingga desain yang dihasilkan menjadi lebih aman dan efisien.

Salah satu tipe sambungan yang banyak digunakan dalam struktur baja adalah pelat ujung (end-plate connection), baik yang sederhana maupun tersusun (built-up). Sambungan pelat ujung memainkan peran utama dalam menentukan kapasitas momen, kekakuan, serta distribusi deformasi lokal pada sambungan balok-kolom. Perilaku sambungan ini berbeda tergantung arah sumbu kolom. Sambungan pada sumbu kuat kolom (major axis) umumnya memiliki kekakuan lateral tinggi dan distribusi tegangan yang relatif merata, sehingga lebih mampu menahan beban lateral atau beban gempa. Sebaliknya, sambungan pada sumbu lemah kolom (minor

axis) lebih fleksibel, rentan mengalami deformasi besar, local buckling, serta distribusi tegangan yang tidak merata, khususnya ketika menerima pembebanan lateral berulang atau siklik. Hal ini menunjukkan pentingnya pemahaman perilaku sambungan pada kedua arah sumbu kolom untuk mendukung desain struktur baja yang lebih aman dan tahan gempa.

Berbagai penelitian eksperimental dan numerikal telah dilakukan untuk mengeksplorasi perilaku sambungan balok–kolom. Bu et al. (2019) meneliti sambungan balok ke kolom pada sumbu lemah menggunakan T-stub connector dan menemukan bahwa kekakuan sambungan serta kapasitas momen sangat dipengaruhi oleh interaksi antara pelat penyambung dan pelat web kolom. Pemodelan numerikal menggunakan ABAQUS berhasil merepresentasikan kurva momen–rotasi serta pola distribusi tegangan dengan baik, sehingga dapat memvalidasi hasil eksperimen. Selain itu, Bai et al. (2021) meneliti sambungan dengan stiffener eksternal berbentuk cincin (outer annular stiffener) di bawah pembebanan siklik dua arah (bi-directional loading) dan menemukan bahwa kapasitas lentur sambungan menurun hingga sekitar 20% dibandingkan pembebanan satu arah, disertai peningkatan disipasi energi dan daktilitas akibat interaksi rotasi dua arah. Penelitian ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan efek spasial dan peran elemen pengaku tambahan dalam meningkatkan kemampuan deformasi dan energi sambungan baja.

Meskipun berbagai studi telah dilakukan, pemahaman numerikal terhadap sambungan balok–kolom dengan pelat ujung tersusun (*extended stiffened end-plate*), masih terbatas. Kondisi ini menjadi relevan untuk struktur dengan kapasitas besar seperti gedung bertingkat atau rangka baja bentang panjang, di mana penggunaan pelat ujung tersusun dapat meningkatkan kapasitas momen sambungan tanpa memperbesar dimensi profil utama.

Dalam penelitian ini, pembebanan ditetapkan mengacu pada ketentuan FEMA 350, yaitu beban yang digunakan harus berada dibawah 50% dari kapasitas tekan kolom. Penetapan besar beban tersebut bertujuan untuk merepresentasikan kondisi pembebanan yang realistis sesuai standar performa sambungan baja, sehingga hasil analisis numerikal dapat menggambarkan perilaku sambungan secara akurat. Selain itu, penentuan beban ini tidak didasarkan pada analisis struktur global, melainkan

disesuaikan dengan batas kemampuan sistem pengujian serta skala kekuatan material sambungan yang dirancang sesuai dengan ketentuan SNI 1729:2020 dan AISC 360-22.

Melalui pendekatan numerikal ini, dilakukan analisis terhadap perilaku momen–rotasi sambungan pelat ujung tipe *extended stiffened* pada arah sumbu kuat dan sumbu lemah kolom di bawah beban monotonik dan siklik yang mengacu pada ketentuan FEMA 350. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan pemahaman mendalam mengenai karakteristik deformasi plastis, kekakuan rotasi, serta kapasitas lentur sambungan, yang dapat dijadikan dasar pengembangan desain sambungan baja untuk aplikasi struktural.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini diberi judul: **“Studi Numerikal Sambungan Balok ke Kolom dengan Tipe Pelat Ujung pada Arah Sumbu Lemah dan Sumbu Kuat Kolom”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang penelitian, maka rumusan masalah yang dikaji dalam studi numerikal ini dengan beban pengujian monotonik dan beban cyclic Adalah sebagai berikut :

1. Berapa dimensi balok sesuai dengan kriteria desain ?
2. Berapa dimensi kolom sesuai dengan kriteria desain menurut ?
3. Berapa diameter dan jumlah baut, tebal las, tebal pelat ujung (*end plate*), tebal pelat pengaku sesuai dengan kriteria desain ?
4. Berapa nilai kapasitas momen-rotasi yang dihasilkan pada sambungan pelat ujung tipe *extended stiffened* pada arah sumbu lemah dan sumbu kuat kolom?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis numerikal terhadap sambungan balok–kolom baja tipe pelat ujung pada arah sumbu lemah dan sumbu kuat kolom, menggunakan metode elemen hingga (Finite Element Method) dengan bantuan perangkat lunak ABAQUS. Tujuan penelitian ini adalah:

1. Merencanakan dimensi balok yang sesuai untuk pemodelan sambungan balok–kolom baja pada arah sumbu lemah dan sumbu kuat kolom,

berdasarkan kriteria desain struktural menurut SNI 1729 : 2020 dan AISC 360-22.

2. Merencanakan dimensi kolom yang sesuai untuk pemodelan sambungan balok–kolom baja pada arah sumbu lemah dan sumbu kuat kolom, berdasarkan kriteria desain struktural menurut SNI 1729 : 2020 dan AISC 360 - 22.
3. Merencanakan parameter geometri sambungan, meliputi diameter dan jumlah baut, tebal las, tebal pelat ujung (end plate), yang akan digunakan dalam analisis numerical, berdasarkan kriteria desain struktural menurut SNI 1729 : 2020 dan AISC 360-22.
4. Menganalisis pengaruh pelat ujung tipe extended stiffened terhadap kapasitas momen, rotasi, kekakuan, distribusi tegangan, regangan, dan deformasi yang terjadi pada sambungan balok–kolom baja arah sumbu lemah dan sumbu kuat kolom, menggunakan metode elemen hingga (FEM) dengan program bantu ABAQUS.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Finite Element Method* (FEM) pada daerah sambungan balok–kolom baja.
2. Penelitian ini bersifat numerik sehingga tidak mencakup uji laboratorium. Analisis dilakukan secara numerikal menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) dengan perangkat lunak ABAQUS 2024.
3. Analisis struktur global tidak menjadi fokus utama penelitian, melainkan hanya analisis detail sambungan dengan memperhatikan aspek kekuatan.
4. Komponen sambungan yang ditinjau meliputi pelat baja, baut.
5. Parameter struktur yang dianalisis terbatas pada momen-rotasi, distribusi tegangan, distribusi regangan, dan kapasitas sambungan.
6. Jenis sambungan yang digunakan adalah *end plate connection*
7. Beban pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah beban monotonic dan beban cyclic berdasarkan FEMA 350-02 dan AISC 341-22

8. Standar dan ketentuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:
- a. ABAQUS Documentation (2024) – Finite Element Analysis User’s Guide
 - b. AISC 341-22 – Seismic Provisions for Structural Steel Buildings
 - c. AISC 358 – Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames.
 - d. AISC 360-22 – Specification for Structural Steel Buildings
 - e. AISC Design Guide 4 (2016) – Extended End-Plate Moment Connections, Seismic and Wind Applications
 - f. AISC Design Guide 39 (2020) – Steel Connections for Seismic Applications
 - g. ASCE 7-16 – Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures
 - h. ASTM A325 – Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength
 - i. AWS D1.1/D1.1M:2020 – Structural Welding Code – Steel
 - j. BS EN 1993-1-8:2005 – Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 1-8: Design of Joints
 - k. FEMA 350 (2000) – Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings
 - l. FEMA 355D (2000) – State of the Art Report on Connection Performance.
 - m. SNI 1729:2020 – Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
 - n. SNI 7860 : 2020 – Ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural.