BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan wilayah dengan tingkat kegempaan yang tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif, yaitu lempeng Indonesia-Australia, lempeng eurasia, dan lempeng pasifik. Kondisi geografis ini menyebabkan Indonesia sangat rentan terhadap gempa bumi, sehingga perencanaan struktur bangunan tahan gempa menjadi suatu keharusan. Dalam konteks ini , konsep perencanaan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung di Indonesia mengacu pada SNI 1726:2019 tentang cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktuur bangunan gedung dan non gedung, serta SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Kedua standar ini mengadopsi prinsip *capacity design* yang mengharuskan struktur mampu berperilaku inelastis saat terjadi gempa kuat tanpa mengalami keruntuhan.

Salah satu konsep fundamental dalam perencanaan struktur tahan gempa adalah pembentukan sendi plastis (*plastic hinge*) pada lokasi yang terkendali. Sendi plastis merupakan daerah sepanjang elemen struktur yang mengalami deformasi inelastis besar akibat momen lentur yanag melampaui momen leleh penampang. Daerah ini berfungsi sebagai struktural yang menyerap energi gempa melalui deformasi plastis, sehingga melindungi elemen struktur lainnya dari keruntuhan. Prinsip *strong coloumn-weak beam* diterapkan untuk memastikan bahwa sendi plastis terbentuk terlebih dahulu pada balok, bukan pada kolom, karena keruntuhan kolom dapat mengakibatkan keruntuhan total struktur secara progresif.

Penelitian yang dilakukan oleh (Patty et al., 2021) menunjukkkan bahwa proses pembentukan sendi plastis pada balok beton bertulang ditandai dengan perambatan retak dan peningkatan momen plastis parsial secara bertahap hingga mencapai kondisi ultimit. Penelitian ini membuktikan bahwa perilaku balok mengalami transisi dari kondisi elastis ke inelastis sebelum mencapai keruntuhan, yang merupakan karakteristik pembentukan sendi plastis.

Meskipun konsep sendi plastis telah diatur dalam standar perencanaan, implementasinya di lapangan masih menghadapi berbagai tantangan. Penelitian yang

dilakukan oleh (Hardi & Sofiyan, 2024) di Institut Teknologi Bandung mengidentifikasi bahwa persyaratan pemasangan sengkang pengekang (*joint hoops*) pada daerah sendi plastis sesuai SNI 2847:2019 seringkali mengakibatkan *steel congestion* (kepadatan tulangan yang berlebihan) pada hubungan balok-kolom, terutama untuk daerah dengan gaya aksial kolom yang tinggi. Kondisi ini menyulitkan pellaksanaan di lapangan dan berpotensi menurunkan kualitas pengecoran beton. Lebih lanjut, penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa hubungan balok-kolom yang memiliki jumlah tulangan transversal dibawah standar memiliki performa yang tidak berbeda jauh dengan sampel yang memiliki tulangan transversal sesuai ketentuan, yang mengindikasikan perlunya kajian lebih mendalam tentang kebutuhan aktual tulangan transversal pada daerah sendi plastis.

Permasalahan lain terkait dengan perilaku sendi plastis adalah fenomena *beam elongation* (pemanjangan balok) yang terjadi akibat deformasi plastis berulang saat gempa. (Au, 2010) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa daerah sendi plastis pada balok struktur rangka beton bertulang mengalami deformasi inelastis yang signifikan dan cenderung memanjang, yang dapat mengakibatkan kerusakan serius pada diafragma lantai di sekitarnya dan menimbulkan resiko keselamatan penghuni bangunan. Fenomena ini menunjukkan bahwa perencanaan sendi plastis tidak hanya berkaitan dengan kekuatan dan daktilitas penampang, tetapi juga harus mempertimbangkan efek interaksi dengan komponen struktur non-struktural dan elemen arsitektural.

Perkembangan penelitian terkini menunjukkan bahwa penggunaan material beton mutu tinggi dan sistem tulangan komposit dapat meningkatkan kinerja sendi plastis secara signifikan. Penelitian eksperimantal dan numerik yang dilakukan oleh para peneliti pada tahun 2024 tentang balok rangka beton mutu ultra tinggi (*ultra-high performance concrete*/UHPC) yang diperkuat dengan tulangan komposit baja menunjukkan bahwa substitusi beton normal dengan UHPC secara signifikan meningkatkan kapasitas lentur, deformasi, daktilitas, disipasi energi ultimit, dan kapasitas rotasi plastis balok, sekaligus menghambat timbulnya dan perambatan retak.

Penelitian tentang panjang sendi plastis juga terus berkembang. (Pokhrel & Bandelt, 2019) dalam penelitiannya tentang perilaku sendi plastis pada komponen

lentur beton daktil mengusulkan formulasi baru untuk memprediksi panjang sendi plastis ekivalen dengan mempertimbangkan variabel seperti *shear-span*, kuat tarik beton, rasio tulangan, kuat leleh tulangan, kondisi batas, dan skenario pembebanan. Formulasi ini memberikan pendekatan yang lebih akurat dalam memprediksi kapasitas rotasi komponen lentur dibandingkan dengan ekspresi ekspresi yang ada dalam literatur sebelumnya. Namun demikian, formulasi tersebut dikembangkan berdasarkan pengujian pada material beton serat berkinerja tinggi, sehingga perlu dilakukan validasi untuk beton normal yang umum digunakan di Indonesia.

Evaluasi struktur bangunan eksisting juga menunjukkan pentingnya pemahaman yang mendalam tentang perilaku sendi plastis. (Zebua et al., 2024) dalam penelitian analisis pushover pada struktur gedung beton bertulang 10 lantai menemukan bahwa sendi plastis mayoritas terjadi pada elemen balok sebelum kolom, yang mengindikasikan bahwa struktur telah memenuhi konsep *strong column-weak beam.* Evaluasi kinerja struktur menurut ATC-40 menunjukkan bahwa level kinerja gedung berada pada kategori *Immediate Occupancy* (IO), yang berarti bangunan aman saat terjadi gempa dengan risiko minimal pada korban jiwa dan kegagalan struktur. Penelitian ini menegaskan bahwa perencanaan sendi plastis yang tepat berkontribusi signifikan terhadap kinerja seismik bangunan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perilaku tulangan longitudinal terhadap hasil pembebanan?
2. Bagaimana perbandingan nilai perancangan dengan SAP2000 dan hasil uji beban?
3. Bagaimana menganalisis hubungan balok kolom terhadap tulang longitudinal?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis perilaku tulangan longitudinal pada elemen struktur beton bertulang terhadap pembebanan yang diberikan, khususnya pada daerah sendi plastis, sehingga dapat diketahui respon struktur terhadap beban lentur yang bekerja.
2. Membandingkan hasil perancangan struktur menggunakan program SAP2000 dengan hasil uji pembebanan eksperimental, guna mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil analisis numerik dan kondisi aktual di laboratorium.

3. Menganalisis hubungan antara balok dan kolom pada daerah sambungan terhadap kinerja tulangan longitudinal, sehingga dapat diketahui pengaruh interaksi balok-kolom terhadap kapasitas kuat lentur serta perilaku struktur pada daerah sendi plastis.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengetahui perilaku tulangan longitudinal pada elemen struktur beton bertulang terhadap pembebanan yang diberikan, khususnya pada daerah sendi plastis.
2. Untuk membandingkan hasil perancangan struktur menggunakan program SAP2000 dengan hasil uji pembebanan eksperimental.
3. Mengetahui pengaruh interaksi balok-kolom terhadap kapasitas kuat lentur serta perilaku struktur pada daerah sendi plastis.

1.5 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini lebih terarah, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya membahas perilaku kuat lentur pada daerah sendi plastis pada elemen struktur beton bertulang.
2. Analisis penelitian difokuskan pada perilaku tulangan longitudinal terhadap pembebanan yang diberikan pada elemen struktur.
3. Penelitian dilakukan melalui pengujian eksperimental di labooratorium dengan pemberian beban hingga mencapai kondisi tertentu untuk mengetahui respon struktur.
4. Analisis perbandingan dilakukan antara hasil perancangan menggunakan perangkat lunak analisis struktur yaitu SAP2000 dengan hasil uji pembebanan yang diperoleh dari pengujian di laboratorium.
5. Hubungan yang dianalisis dalam penelitian ini terbatas pada interaksi balok dan kolom pada daerah sambungan yang berkaitan dengan kinerja tulangan longitudinal.
6. Penelitian ini tidak membahas secara rinci aspek lain seperti analisis gempa secara menyeluruh, desain pondasi maupun elemen struktur lainnya di luar fokus penelitian.

7. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah beton bertulang dengan spesifikasi tertentu sesuai dengan perencanaan penelitian dan tidak membahas variasi material secara luas.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran yang jelas dan terstruktur mengenai isi penelitian yang dilakukan. Penulisan tugas akhir ini dibagi ke dalam lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang penelitian yang menjelaskan alasan dan urgensi dilakukannya penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan sebagai gambaran umum struktur laporan tugas akhir.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi landasan teori yang berkaitan dengan penelitian, seperti teori mengenai beton bertulang, kuat lentur balok beton bertulang, konsep sendi plastis, perilaku tulangan longitudinal, serta hubungan balok dan kolom pada struktur. Selain itu, pada bab ini juga dibahas penelitian terdahulu yang relevan dan dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis menggunakan perangkat lunak seperti SAP2000

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang digunakan, meliputi jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, bahan dan peralatan yang digunakan, perencanaan benda uji, prosedur pengujian, metode pembebanan, serta metode analisis data yang digunakan untuk membandingkan hasil perancangan dan hasil uji beban.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini berisi hasil pengujian yang diperoleh dari penelitian, seperti data hasil uji pembebanan, perilaku tulangan longitudinal, serta hubungan antara balok dan kolom pada daerah sendi plastis. Selain itu, pada bab ini juga dilakukan analisis dan pembahasan terhadap perbandingan hasil pengujian dengan hasil perancangan menggunakan perangkat lunak analisis struktur.

BAB V Penutup

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Selain itu, pada bab ini juga disampaikan saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya maupun pengembangan dalam bidang teknik sipil.