

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Balok merupakan salah satu elemen penting dalam bangunan beton bertulang yang berfungsi untuk menahan beban, terutama beban lentur dan geser. Balok beton bertulang merupakan komposit antara material beton dan tulangan, yang terdiri dari tulangan utama sebagai tulangan lentur dan tulangan sengkang sebagai tulangan geser. Kapasitas balok beton bertulang ditentukan oleh kontribusi tulangan lentur dalam menahan lentur dan tulangan geser dalam menahan geser. Kapasitas geser pada balok beton bertulang merupakan kemampuan balok untuk menahan gaya geser akibat beban yang diterima, yang dipengaruhi oleh kontribusi beton dan tulangan geser/sengkang (Abd dkk., 2022; Thamrin dkk., 2023).

Selain itu, karakteristik kapasitas geser juga dipengaruhi oleh rasio antara bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d), dengan a merupakan jarak horizontal dari titik kerja beban terpusat ke tumpuan terdekat dan d merupakan jarak vertikal yang diukur dari serat tekan terluar beton hingga ke sumbu tulangan tarik utama. Studi eksperimental yang dilakukan oleh Nur, (2009) menyatakan bahwa pada balok dengan rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) yang besar menunjukkan perilaku yang berbeda dibandingkan dengan balok yang memiliki rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) kecil, dimana lebih rawan mengalami keruntuhan geser secara tiba-tiba. Oleh karena itu, rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) menjadi parameter penting dalam memahami perilaku geser pada balok beton bertulang. Dalam penelitian ini, nilai rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) sebesar 1,85 dipilih karena rasio tersebut menunjukkan bahwa struktur telah mendekati wilayah aliran gaya yang tidak linear (zona D), di mana jalur tekan dan tarik mulai terbentuk dan mekanisme *strut and tie* mulai berkembang sebagai respons terhadap redistribusi gaya internal akibat retak beton.

Untuk menganalisis perilaku tersebut dan merancang balok beton bertulang, pada kondisi aliran gaya tidak linear tersebut, berbagai kode dan standar struktural

merekomendasikan penerapan *strut and tie model* (STM) sebagai pendekatan alternatif (Doris dkk., 2023; Panjehpour dkk., 2015). Metode *strut and tie model* (STM) bekerja dengan memodelkan distribusi aliran gaya geser dan lentur melalui mekanisme batang tekan (*strut*) dan batang tarik (*tie*), sehingga mampu merepresentasikan kondisi tegangan dalam elemen struktur dan memberikan gambaran mekanisme transfer beban dalam anggota struktur beton yang telah retak dari titik beban (aksi) menuju titik-titik dukungan struktur (reaksi) secara efisien untuk menahan gaya-gaya tersebut.

Untuk mengoptimalkan dan memvalidasi model ini secara lebih mendalam, penggunaan perangkat lunak optimasi seperti *Bi-directional Evolutionary Structural Optimization* (BESO2D) memberikan dukungan analisis yang lebih akurat terhadap penerapan metode STM (Hardjasaputra, 2015). Melalui *software* ini, analisis dan optimasi distribusi *strut and tie* dapat dilakukan secara numerik dan memberikan evaluasi pola distribusi gaya internal yang optimal, sehingga dapat meningkatkan akurasi desain struktural.

Untuk memperoleh hasil analisis yang lebih representatif terhadap kondisi aktual struktur, hasil pemodelan dari BESO2D dilakukan dianalisis lebih lanjut melalui pendekatan numerik yang dapat menggambarkan respons gaya internal secara detail. Upaya ini dilakukan dengan melakukan verifikasi hasil pemodelan terhadap analisis gaya batang dan penampang menggunakan *software* struktural lain, seperti SAP2000 dan RCCSA. Penggunaan RCCSA berperan penting dalam tahap ini karena *software* tersebut berfungsi sebagai alat simulasi numerik untuk memprediksi respons penuh dan kapasitas penampang beton bertulang, seperti balok (Thamrin, 2014). Melalui upaya tersebut, proses kontrol dan validasi antara hasil pemodelan numerik dan perilaku aktual penampang beton bertulang dapat dilakukan, diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai akurasi model *strut and tie* dalam merepresentasikan perilaku struktur beton bertulang secara realistis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi *strut and tie* pada balok dengan rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) yaitu 1,85 menggunakan *software* BESO2D, guna memperoleh

gambaran mengenai pola gaya internal yang terjadi pada struktur beton bertulang. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk melihat bagaimana variasi parameter tertentu pada balok memengaruhi pola distribusi *strut and tie* yang terbentuk. Untuk memvalidasi hasil model yang dihasilkan oleh BESO2D, dilakukan perbandingan antara besar gaya batang tarik horizontal hasil analisis *strut and tie* dengan hasil perhitungan analitik. Hasil perbandingan analisis antara model numerik menggunakan *software* BESO2D dan *software* SAP2000 dengan analisis penampang menggunakan *software* RCCSA digunakan untuk menilai sejauh mana kesesuaian antara model *strut and tie* dan perilaku aktual penampang beton bertulang dalam merepresentasikan mekanisme kerja gaya di dalam struktur.

1.2. TUJUAN DAN MANFAAT

1.2.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian eksperimental ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan model topologi *strut and tie* pada balok beton bertulang dengan rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) = 1,85 menggunakan *software* BESO2D.
- b. Membandingkan nilai gaya batang tarik horizontal *strut and tie model* (STM) hasil *software* BESO2D yang dihitung dengan *software* SAP2000 menggunakan beban geser maksimum eksperimental dengan nilai gaya batang tarik tulangan hasil RCCSA.

1.2.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Memberikan pengetahuan mengenai penggunaan *software* BESO2D untuk memodelkan *strut and tie*.

1.3. BATASAN MASALAH

Untuk menjaga penelitian tetap terarah dan terfokus, maka ditetapkan ruang lingkup sebagai berikut:

- a. Elemen struktur yang ditinjau adalah balok beton bertulang dengan variasi jumlah tulangan tarik dan jarak sengkang.
- b. Mutu beton (f_c') yang digunakan 32 MPa.
- c. Mutu baja tulangan (F_y) yang digunakan adalah 450 MPa.
- d. Pembebanan yang digunakan adalah pembebanan simetrik dengan posisi dua titik di tengah bentang serta menggunakan tumpuan sendi dan rol di kedua ujung balok.
- e. Benda uji yang dianalisis berjumlah 9 buah balok bertulang dengan dimensi 125 mm x 300 mm dan panjang 1800 mm. Seluruh balok memiliki bentang geser 500 mm dengan nilai rasio bentang geser (a) terhadap tinggi efektif balok (d) yang diambil yaitu 1,85 dengan variasi jumlah dan jarak tulangan sebagai berikut:
 - 3 balok dengan tulangan lentur 2D10 pada tulangan tekan dan tulangan lentur 2D10 pada tulangan tarik, dengan variasi sengkang pada bentang tepi di kedua sisi balok diantaranya: tanpa sengkang (B3F2S0), sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 150 mm (B3F2S2) dan sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 100 mm (B3F2S1).
 - 3 balok dengan tulangan lentur 2D10 pada tulangan tekan dan tulangan lentur 3D10 pada tulangan tarik, dengan variasi sengkang pada bentang tepi di kedua sisi balok diantaranya: tanpa sengkang (B3F3S0), sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 150 mm (B3F3S2) dan sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 100 mm (B3F3S1).
 - 3 balok dengan tulangan lentur 2D10 pada tulangan tekan dan tulangan lentur 5D10 pada tulangan tarik, dengan variasi sengkang pada bentang tepi di kedua sisi balok diantaranya: tanpa sengkang (B3F5S0), sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 150 mm (B3F5S2) dan sengkang dengan diameter 10 mm dan jarak 100 mm (B3F5S1).
- f. *Software* yang digunakan ialah BESO2D, SAP2000, dan RCCSA

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Alur sistematika penulisan tugas akhir ini secara umum dibagi menjadi lima bab, yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini memuat penjelasan umum mengenai penelitian yang akan dilakukan, mencakup latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas uraian mengenai teori-teori dasar yang diambil berbagai referensi yang nantinya akan mempunyai korelasi dengan topik penelitian dan mendukung penyelesaian penelitian tersebut.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini memuat penjelasan mengenai metodologi penelitian yang mencakup langkah-langkah serta prosedur kerja yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini membahas analisa hasil pengujian serta pembahasan dari data yang diperoleh, yang kemudian dilakukan perbandingan dengan dasar teori.

BAB V Kesimpulan

Bab ini memuat rangkuman dari hasil penelitian serta berisi saran-saran yang diperoleh berdasarkan temuan selama proses penelitian.

