

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Struktur beton bertulang merupakan salah satu elemen utama dalam bidang konstruksi di dunia. Terutama pada bangunan bertingkat dan infrastruktur seperti jembatan. Balok merupakan salah satu elemen penting dalam struktur beton bertulang yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari lantai atau pelat ke elemen vertikal seperti kolom. Dalam analisis struktur balok, rasio antara panjang bentang geser terhadap tinggi efektif balok atau dikenal dengan istilah *shear span to depth ratio* (a/d), memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perilaku struktur. Pada nilai $a/d = 3,70$, balok cenderung mengalami diskontinuitas, di mana distribusi tegangan tidak lagi mengikuti asumsi teori balok klasik.

Dalam kondisi tersebut, pendekatan model balok konvensional seperti metode distribusi momen menjadi tidak cukup akurat untuk menggambarkan aliran gaya internal. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan alternatif yang mampu merepresentasikan jalur distribusi tegangan secara lebih realistis. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Strut and Tie Model* (STM). *Strut and Tie* memodelkan struktur sebagai sistem rangka yang terdiri dari elemen tekan (*strut*), elemen tarik (*tie*), dan sambungan (*node*). *Strut and Tie* sangat sesuai untuk daerah diskontinuitas (*D-region*) dan telah direkomendasikan dalam berbagai standar desain beton seperti ACI 318 dan SNI 2847:2019.

Namun, penyusunan konfigurasi *Strut and Tie Model* yang efisien tidaklah mudah dan sangat bergantung pada pengalaman perancang dan proses iteratif. Dalam beberapa tahun terakhir, pendekatan berbasis komputasi mulai diterapkan untuk menyusun model distribusi tegangan yang optimal. Salah satu metode yang menonjol adalah *Bi-directional Evolutionary Structural Optimization* (BESO), yang bekerja dengan menambahkan material secara iteratif berdasarkan kriteria kinerja struktur, dan mengidentifikasi otomatis pola *strut and tie* yang lebih realistis. BESO2D merupakan implementasi dari metode ini dalam bentuk dua dimensi dan dapat digunakan untuk menganalisis perilaku balok secara numerik. Menurut Chen et al (2019), penggunaan metode BESO2D pada balok beton bertulang meningkatkan efisiensi analisis hingga 20% dibandingkan STM manual dan menghasilkan konfigurasi gaya yang lebih mendekati hasil eksperimental.

Meskipun begitu, literatur yang membahas kolerasi langsung antara hasil pemodelan BESO2D dengan SAP2000 dan RCCSA masih terbatas. Sebagian besar studi terdahulu hanya membandingkan dua pendekatan dan belum menyajikan validasi menyeluruh di antara ketiganya, seperti Doris, Kurniawan, dan Thamrin (2023) menggunakan BESO2D untuk menganalisis balok berlubang tetapi tidak membahas perbandingan langsung terhadap hasil elemen hingga. Selain itu, rasio $a/d = 3,70$ tergolong jarang dijadikan fokus utama penelitian. Banyak kajian STM memusatkan perhatian pada balok tinggi ($a/d < 2$) atau balok biasa ($a/d > 5$). Padahal, pada rentang a/d menengah (3 sampai 4), perilaku balok sering kali tidak terprediksi sepenuhnya karena terjadi transisi dari mekanisme lentur-geser menuju dominasi kompresi diagonal. Kondisi ini menjadikan analisis lebih kompleks dan membutuhkan pendekatan kombinatorik antara metode numerik dan empiris.

Permasalahan yang muncul adalah adanya beberapa perbedaan hasil antara model *strut and tie* BESO2D, analisis SAP2000, dan RCCSA. Dalam konteks praktis, perbedaan tersebut dapat mengarah pada desain yang terlalu konservatif. Ketidakselarasan distribusi gaya internal akan memengaruhi penentuan jumlah dan posisi tulangan geser, yang secara langsung berdampak pada efisiensi material dan keamanan struktur. Oleh karena itu, dibutuhkan kajian eksperimental yang dikombinasikan dengan validasi numerik *multi-platform* agar hasilnya dapat dijadikan acuan desain yang lebih komprehensif.

Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik berupa bukti empiris dan numerik yang memperkuat teori STM pada balok dengan $a/d = 3,70$ dan memperluas pemahaman tentang teknis validasi hasil analisis *multi-software* untuk memastikan keandalan desain beton bertulang.

1.2. TUJUAN DAN MANFAAT

1.2.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian eksperimentas ini adalah sebagai berikut :

- Menentukan bentuk topologi optimal model *strut and tie* pada balok beton bertulang dengan rasio $a/d = 3,70$ menggunakan *software* BESO2D
- Menghitung gaya batang tarik horizontal *strut and tie model* pada balok beton bertulang dengan rasio $a/d = 3,70$ menggunakan *software* SAP2000
- Menghitung gaya batang tarik tulangan pada balok beton bertulang dengan rasio $a/d = 3,70$ menggunakan program RCCSA

- d. Membandingkan gaya batang tarik horizontal *strut and tie model* dengan gaya batang tarik tulangan RCCSA

1.2.2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Memberikan pengetahuan tentang penggunaan *software* BESO2D dalam 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 lentur dan jarak sengkang.
- b. Mutu beton (f_c') yang digunakan adalah 32 MPa
- c. Mutu baja tulangan (F_y) yang digunakan adalah 450 MPa
- d. Pembebanan yang digunakan adalah pembebanan anti simetrik dengan posisi dua titik di atas balok dengan perletakkan sendi dan rol di kedua ujung balok.
- e. Benda uji yang dianalisis berjumlah 12 buah dengan dimensi 125 mm x 300 mm dengan panjang 2300 mm. Tulangan sengkang yang digunakan yaitu tulangan ulir dengan diameter 10 mm. Kemudian, semua balok memiliki perbandingan $a/d = 3,70$ dengan variasi jumlah dan jarak tulangan sebagai berikut :
 - 4 buah balok dengan tulangan lentur 2D10, dengan variasi sengkang pada tengah bentang di antaranya :
 - Tanpa sengkang (B2F2S0)
 - Sengkang dengan jarak 300 mm (B2F2S3)
 - Sengkang dengan jarak 200 mm (B2F2S2)
 - Sengkang dengan jarak 100 mm (B2F2S1)
 - 4 buah balok dengan tulangan lentur 3D10, dengan variasi sengkang pada tengah bentang di antaranya :
 - Tanpa sengkang (B2F3S0)
 - Sengkang dengan jarak 300 mm (B2F3S3)
 - Sengkang dengan jarak 200 mm (B2F3S2)
 - Sengkang dengan jarak 100 mm (B2F3S1)

- 4 buah balok dengan tulangan lentur 5D10, dengan variasi sengkang pada tengah bentang di antaranya :
 - Tanpa sengkang (B2F5S0)
 - Sengkang dengan jarak 300 mm (B2F5S3)
 - Sengkang dengan jarak 200 mm (B2F5S2)
 - Sengkang dengan jarak 100 mm (B2F5S1)

f. *Software* yang digunakan yaitu BES02D, SAP2000, dan RCCSA.

1.4. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan pada penelitian ini secara umum dibagi menjadi lima bab, yaitu :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan secara umum mengenai penelitian yang akan dilakukan, yang tertulis di bagian latar belakang, tujuan dan manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori dasar yang diambil dari berbagai referensi, lalu dikolerasikan dengan topik penelitian dan mendukung penyelesaian penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi pembahasan mengenai metodologi penelitian yang meliputi langkah-langkah dalam menyelesaikan permasalahan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil dari kegiatan eksperimental serta pembahasan dari data yang diperoleh

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian yang sudah dilakukan.