

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Balok beton bertulang merupakan elemen struktural utama yang berfungsi menahan beban lentur dan geser. Pada balok bentang pendek, gaya geser cenderung lebih dominan dibandingkan gaya lentur, sehingga potensi terjadinya keruntuhan geser menjadi lebih tinggi. Keruntuhan geser ditandai dengan munculnya retak diagonal yang dapat terjadi secara tiba-tiba dan bersifat getas, sehingga desain tulangan geser menjadi krusial dalam menjamin keamanan dan kinerja struktur. Salah satu indikator kerusakan akibat gaya geser adalah munculnya retak diagonal. Kemiringan retak ini tidak hanya mencerminkan pola distribusi tegangan dalam balok, tetapi juga dapat menjadi indikator awal kegagalan struktur. Oleh karena itu, pemahaman terhadap karakteristik retak diagonal sangat penting dalam evaluasi dan perbaikan desain balok beton bertulang.

Retak miring pada balok merupakan awal dari runtuh geser yang dominan terjadi pada balok pendek, dimana keruntuhan terjadi secara tiba-tiba tanpa tanda-tanda sebelumnya (Wang & Salmon, 1986). Oleh sebab itu, penulangan geser sangat diperlukan. Menurut Suprpto dan Tamba (2003), geser pada balok terdiri atas geser lentur dan tarik diagonal. Mekanisme yang paling membahayakan adalah tarik diagonal atau retak miring, karena retak tersebut merupakan awal dari runtuh geser yang terjadi secara mendadak. Hal ini berbeda dengan runtuh lentur yang umumnya tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan ditandai dengan lendutan yang semakin membesar dan berlangsung secara bertahap.

Menurut Sagaseta dan Vollum (2010), perilaku geser pada balok dengan bentang pendek berbeda dibandingkan dengan balok bentang panjang karena distribusi tegangan yang lebih tinggi serta kecenderungan mengalami kegagalan geser yang lebih cepat. Pada balok bentang pendek, tegangan geser cenderung terkonsentrasi di dekat tumpuan sehingga meningkatkan kerentanan terhadap kegagalan geser. Oleh karena itu, desain balok bentang pendek memerlukan penguatan geser yang lebih intensif. Kekuatan geser dan daktilitasnya dapat ditingkatkan melalui penambahan tulangan transversal.

Mekanisme kegagalan geser pada balok bentang pendek umumnya diawali dengan terbentuknya retak lentur-geser akibat kombinasi tegangan lentur dan geser, diikuti penyebaran retak ke zona tekan yang melemahkan kapasitas beton, kemudian berkembang menjadi retak sekunder yang menjalar menuju tulangan tarik hingga terjadi kegagalan geser penuh (Al Ayyubi, 2015; Awad & Rasheed, 2024). Karena kegagalan geser bersifat tiba-tiba dan minim redistribusi tegangan, perencanaan struktur harus mempertimbangkan strategi desain yang mampu meminimalkan risiko kegagalan geser secara mendadak.

Parameter penting dalam desain balok terhadap gaya geser adalah rasio tulangan geser, yaitu perbandingan antara luas tulangan geser terhadap jarak dan dimensi balok. Rasio ini berperan dalam menghambat perkembangan retak diagonal dan meningkatkan kapasitas geser balok. Studi eksperimental menunjukkan bahwa variasi rasio tulangan geser dapat mempengaruhi sudut retak diagonal, Retak diagonal berbentuk garis miring pada balok yang menjadi tanda awal terjadinya kerusakan geser. Pola retak ini berhubungan langsung dengan distribusi regangan tarik dan tekan di sekitar retak, yang mempengaruhi kemampuan balok dalam menahan beban secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap regangan tarik dan tekan pada retak diagonal menjadi penting untuk menganalisa mode kegagalan balok serta merancang tulangan yang tepat untuk menahan gaya tersebut (Bastian, 2019).

Menurut SNI 2847:2019 tentang “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” rasio tulangan geser memiliki peran penting dalam menentukan kapasitas geser dan pola retak pada balok beton bertulang. Standar ini menetapkan bahwa tulangan geser minimum harus dipasang untuk mencegah kegagalan geser yang bersifat tiba-tiba dan rapuh. Rasio tulangan geser, yang dihitung dari luas tulangan terhadap luas penampang beton dan jarak antar tulangan, secara langsung memengaruhi sudut retak diagonal. Semakin tinggi rasio tulangan geser, maka gaya geser yang dapat ditahan oleh balok semakin besar, sehingga retak diagonal cenderung memiliki sudut yang lebih kecil terhadap sumbu horizontal.

Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi Digital Image Correlation (DIC) telah berkembang sebagai metode yang efektif untuk menganalisis perilaku deformasi material secara non-destruktif dan akurat (Aryanto et al., 2023; Melinda et al., 2023). Metode DIC mempermudah analisis pola retak, jarak retak, serta distribusi tegangan dan regangan pada beton (Chen & Qian, 2025). Dalam beberapa tahun terakhir, perangkat lunak mulai diterapkan pada metode Digital Image Correlation (DIC) untuk meningkatkan akurasi pengukuran serta mengurangi waktu komputasi. Metode DIC berbasis perangkat lunak mampu meningkatkan deteksi fitur pada pola citra yang kompleks dan memberikan analisis yang lebih cepat dalam kondisi dinamis. Salah satu perangkat lunak open-source yang banyak digunakan adalah Ncorr (Blaber et al., 2015b; Blaber & Antoniou, 2017; Harilal & Ramji, 2014).

Beberapa penelitian juga telah memanfaatkan perangkat lunak Ncorr, seperti yang dilakukan oleh Blaber et al. (2015a), Ghani et al. (2016), Suryanto et al. (2017), Suryanto dan Staniforth (2019), serta Tambusay et al. (2020).

Retak diagonal merupakan indikator awal terjadinya kegagalan geser pada elemen struktur beton bertulang, khususnya pada balok bentang pendek yang cenderung mengalami keruntuhan secara tiba-tiba dan tanpa deformasi peringatan yang signifikan. Kegagalan geser bersifat getas (brittle failure), sehingga ketika retak diagonal berkembang secara cepat menuju

zona tekan dan tulangan tarik, kapasitas struktur dapat menurun secara drastis dalam waktu singkat. Oleh karena itu, identifikasi dini terhadap retak diagonal menjadi sangat krusial untuk menjamin keselamatan dan keandalan struktur, sekaligus sebagai dasar dalam pengambilan keputusan teknis terkait perbaikan maupun penguatan.

Dalam konteks ini, metode Digital Image Correlation (DIC) memiliki urgensi yang tinggi karena mampu mendeteksi distribusi regangan dan pola retak secara kuantitatif, detail, dan non-kontak. Melalui pemetaan regangan penuh (full-field strain measurement), DIC tidak hanya mengidentifikasi kemunculan retak diagonal secara visual, tetapi juga mampu merekam konsentrasi regangan tarik utama yang mendahului terbentuknya retak tersebut. Dengan demikian, DIC memungkinkan analisis mekanisme kegagalan geser secara lebih komprehensif, mulai dari inisiasi retak lentur-geser hingga propagasi retak diagonal, sehingga dapat digunakan sebagai alat evaluasi eksperimental yang andal dalam pengembangan desain balok yang lebih aman dan akurat.

1.2 TUJUAN DAN MANFAAT

1.2.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh rasio tulangan geser dengan variasi tulangan lentur terhadap sudut retak diagonal pada balok beton bertulang bentang pendek.
2. Menganalisis pengaruh rasio tulangan geser dengan variasi tulangan lentur terhadap pola retak pada balok beton bertulang bentang pendek.

1.2.2 Manfaat

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu teknik sipil, khususnya pada pemahaman perilaku geser balok beton bertulang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian teoritis mengenai mekanisme terbentuknya retak diagonal, distribusi regangan, serta tahapan kegagalan geser pada balok bentang pendek.

- a. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara rasio tulangan geser dan sudut retak diagonal, sehingga dapat membantu perancang struktur dalam mengoptimalkan desain balok beton bertulang terhadap gaya geser.
- b. Menyediakan data eksperimental yang akurat dan visualisasi melalui metode DIC, yang memungkinkan analisis distribusi regangan dan pola retak secara *real-time*.
- c. Mendukung pengembangan metode evaluasi struktur berbasis citra digital, yang dapat diterapkan dalam inspeksi dan pemeliharaan struktur beton bertulang di lapangan.

1.3 RUANG LINGKUP

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji sebanyak 9 balok beton bertulang dengan rasio bentang geser terhadap tinggi efektif balok (a/d) = 1,85 dengan dimensi balok bertulang 1800 x 300 x 125 mm.
2. Tulangan lentur (tulangan tekan) : 2D10
3. Variabel yang digunakan:
 - Tulangan tarik : 2D10, 3D10, 5D10
 - Tulangan sengkang : D10-150, D10-100
4. Mutu beton yang digunakan adalah f_c' 32 Mpa
5. Mutu baja yang digunakan adalah f_y 450 Mpa
6. Konfigurasi pengujian yaitu pembebanan statis bertahap dengan dua titik (*two point loads*) pembebanan
7. Instrumen pengukuran menggunakan metode *Digital Image Correlation* (DIC).

1.4 SISTEMATIKA PENULISAN

Adapun sistematika penulisan dalam tesis ini antara lain sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Berisikan hal – hal seperti latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat berbagai teori dasar yang diambil dari berbagai sumber referensi, yang nantinya akan berkaitan dengan topik penelitian serta mendukung proses penyelesaian masalah dalam penelitian ini.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ini memuat penjelasan umum, model benda uji, diagram alir penelitian, serta prosedur yang dilakukan selama penelitian.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan cara menganalisis mulai dari menganalisa pengaruh rasio tulangan geser terhadap kemiringan retak diagonal pada balok bentang pendek tinjauan pustaka pada Bab II dan metodologi penelitian Bab III.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dan saran yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan.