

**PERILAKU SEISMIC JOIN BALOK KOLOM BETON
BERTULANG YANG DIPERKUAT LEMBAR CFRP DENGAN
VARIASI PANJANG PADA SISI BALOK**

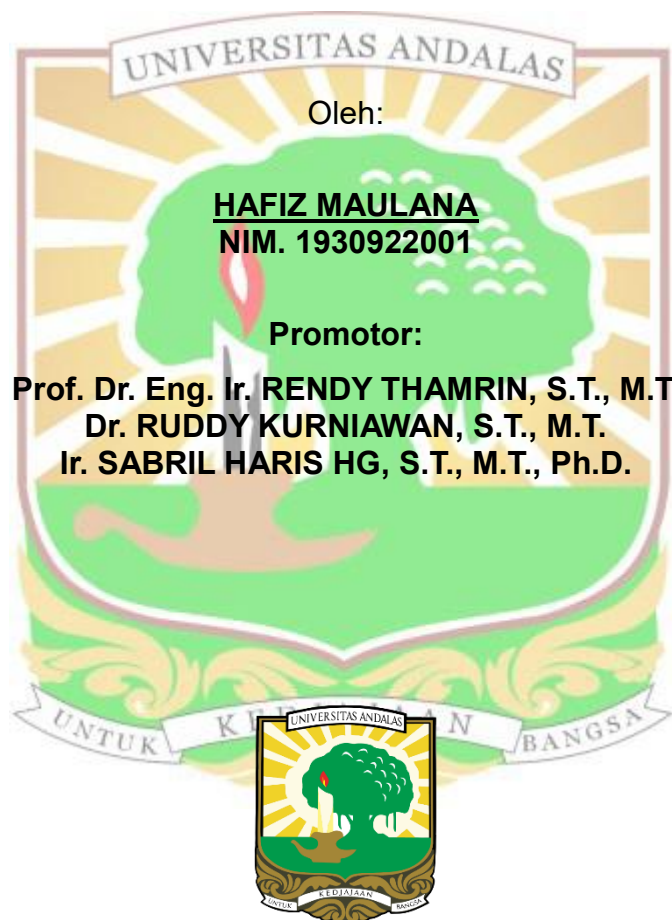
DISERTASI



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

**PERILAKU SEISMIC JOIN BALOK KOLOM BETON
BERTULANG YANG DIPERKUAT LEMBAR CFRP DENGAN
VARIASI PANJANG PADA SISI BALOK**

DISERTASI



Oleh:

HAFIZ MAULANA
NIM. 1930922001

Promotor:

Prof. Dr. Eng. Ir. RENDY THAMRIN, S.T., M.T.
Dr. RUDDY KURNIAWAN, S.T., M.T.
Ir. SABRIL HARIS HG, S.T., M.T., Ph.D.

**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

**PERILAKU SEISMIC JOIN BALOK KOLOM BETON
BERTULANG YANG DIPERKUAT LEMBAR CFRP DENGAN
VARIASI PANJANG PADA SISI BALOK**

HAFIZ MAULANA
NIM. 1930922001

DISERTASI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-3 pada Program Studi Doktor Teknik Sipil,
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas



**PROGRAM STUDI DOKTOR TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
2025**

ABSTRAK

Join balok kolom (Beam-column joint) adalah elemen kritis dalam struktur beton bertulang yang secara signifikan memengaruhi performa keseluruhan struktur. Peningkatan kapasitas join ini sangat diperlukan, terutama pada join tanpa tulangan sengkang yang rentan terhadap kegagalan akibat beban siklik. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh panjang instalasi lembaran CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymers) terhadap perilaku seismik join balok-kolom. Sebanyak enam spesimen diuji dengan beban siklik, terdiri dari dua kontrol dan empat spesimen yang diperkuat menggunakan lembaran CFRP pada kedua sisi join. Empat spesimen perkuatan dipasangkan lembaran CFRP dengan dua panjang yang berbeda yaitu sepanjang H (satu kali panjang penampang balok) dan $2H$ (dua kali panjang penampang balok). Perilaku join diamati melalui analisis hubungan beban-drift ratio, kurva envelope, pola retakan, mekanisme keruntuhan, disipasi energi, degradasi kekakuan, dan daktilitas. Selain itu, pola retakan dan hubungan beban-perpindahan juga dianalisis menggunakan metode elemen hingga untuk memvalidasi hasil eksperimental.

Pada studi ini, mode kerusakan pada join dapat diprediksi berdasarkan nilai V_j/V_{jby} . Jika $V_j/V_{jby} < 1$, maka kerusakan dominan terjadi pada join. Sebaliknya, jika $V_j/V_{jby} > 1$, maka kerusakan dominan terjadi pada balok. Spesimen kontrol memiliki nilai V_j/V_{jby} kurang dari 1, yang menunjukkan bahwa kerusakan terjadi terutama pada join. Sementara itu, pada keempat spesimen yang diperkuat menggunakan lembaran CFRP pada kedua sisi join, nilai V_j/V_{jby} lebih dari 1, yang menandakan bahwa setelah diberikan perkuatan, kerusakan dominan tidak lagi terjadi pada join, melainkan berpindah ke daerah balok.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perkuatan CFRP yang diberikan tidak hanya meningkatkan kapasitas geser join, tetapi juga mengubah pola kerusakan dimana terbukti dengan peningkatan nilai V_j/V_{jby} menjadi lebih dari 1, yang menunjukkan bahwa kerusakan dominan berpindah ke daerah balok. Studi ini juga menyoroti pentingnya panjang instalasi CFRP yang optimal untuk memperkuat join balok-kolom pada struktur non-duktil secara efisien. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pemasangan CFRP dengan panjang setara dua kali tinggi balok meningkatkan kapasitas beban hingga 5,8% dan disipasi energi hingga 14,85%, serta efektif dalam mencegah retakan diagonal. Analisis numerik menggunakan ATENA 2D mengonfirmasi bahwa perkuatan CFRP juga meningkatkan kapasitas beban, terutama pada spesimen dengan jumlah tulangan lebih besar, dengan peningkatan hingga 17,14% pada tulangan 5D13 dan 13,80% pada tulangan 3D13. Selain itu, hasil numerik menunjukkan bahwa panjang perkuatan yang direkomendasikan memberikan performa optimal, sejalan dengan hasil eksperimen. Pola retak dan kapasitas geser yang diperoleh dari simulasi numerik konsisten dengan

hasil eksperimental, mengonfirmasi validitas pengujian dan efektivitas metode perkuatan yang diusulkan.

Kata kunci : beton bertulang, join balok-kolom, kapasitas beban, CFRP lembaran, metode elemen hingga



ABSTRACT

The beam-column joint is a critical element in reinforced concrete structures, significantly affecting overall structural performance. Increased joint capacity is necessary, especially in joints without brace supports, which are prone to failure under cyclic loads. This study evaluated the influence of CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymers) sheet length on the seismic behavior of beam joints. Six specimens were cyclically load-tested: two controls and four specimens reinforced with CFRP sheets on both sides of the joint. The four reinforced specimens used CFRP sheets of two lengths: H (the beam's cross-sectional length) and 2H (twice the cross-sectional length). Joint behavior was observed by analyzing load-drift ratio relationships, envelope curves, crack patterns, collapse mechanisms, energy dissipation, stiffness degradation, and ductility. Crack patterns and load-displacement relationships were also analyzed using finite element methods to validate experimental results.

Joint damage mode was predicted using the V_j/V_{jby} value. If $V_j/V_{jby} < 1$, joint damage was dominant; conversely, if $V_j/V_{jby} > 1$, beam damage was dominant. Control specimens had V_j/V_{jby} values less than 1, indicating primarily joint damage. In all four CFRP-reinforced specimens, V_j/V_{jby} values exceeded 1, indicating that dominant damage shifted to the beam area after strengthening.

CFRP strengthening increased joint shear capacity and altered the damage pattern, as evidenced by V_j/V_{jby} values exceeding 1, shifting dominant damage to the beam. The study highlights the importance of optimal CFRP installation length for efficiently strengthening non-ductile joint structures. CFRP installation with a length twice the beam height increased load capacity by 5.8% and energy dissipation by 14.85%, effectively preventing diagonal cracks. ATENA 2D numerical analysis confirmed that CFRP reinforcement increased load capacity, particularly in specimens with higher reinforcement ratios, with increases up to 17.14% (5D13) and 13.80% (3D13). Numerical results supported the optimal reinforcement length, aligning with experimental findings. Simulated crack patterns and shear capacity were consistent with experimental results, validating the testing and strengthening method.

Keywords : reinforced concrete, beam-column joint, load capacity, CFRP sheet, finite element method