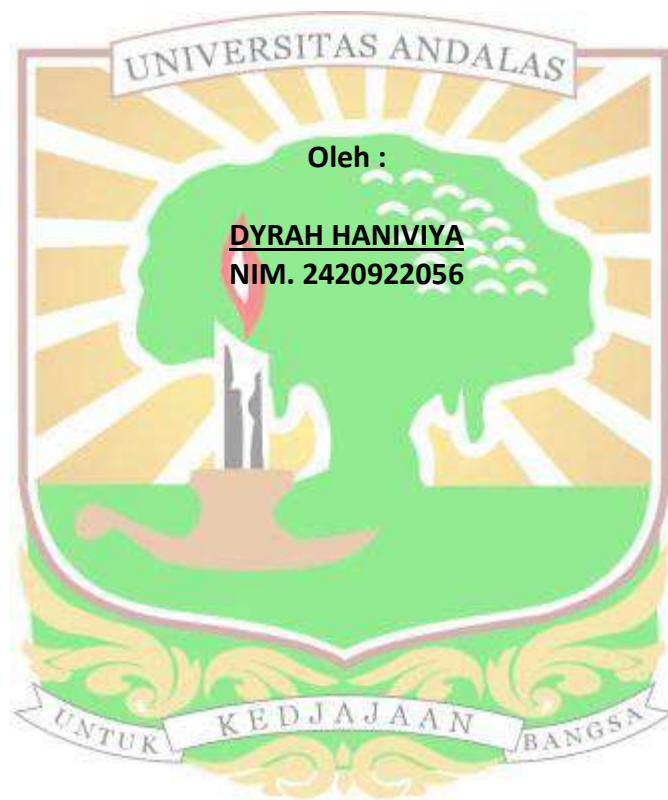


**STUDI NUMERIK DISTRIBUSI TEGANGAN PADA BALOK BENTANG
PENDEK MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA NON LINIER
DAN METODE *STRUT AND TIE***

TESIS



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2026**

STUDI NUMERIK DISTRIBUSI TEGANGAN PADA BALOK BENTANG PENDEK MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA NON LINIER DAN METODE *STRUT AND TIE*

TESIS

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Penyelesaian Studi di Program Studi Magister
Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Andalas*

Oleh :

DYRAH HANIVIYA
NIM. 2420922056

PEMBIMBING I:

Prof. Dr. Eng. Ir. RENDY THAMRIN, S.T., M.T.
NIP. 196908151994121001

PEMBIMBING II:

Dr. RUDDY KURNIAWAN, S.T., M.T.
NIP. 197102141999031003



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2026**

ABSTRAK

Balok bentang pendek merupakan elemen struktur beton bertulang yang memiliki perilaku geser berbeda dibandingkan balok bentang panjang karena tegangan geser lebih tinggi dan terkonsentrasi di dekat tumpuan, sehingga lebih rentan mengalami kegagalan geser. Balok bentang pendek mengalami ketidakaturan aliran gaya internal (D-region) yang menyebabkan mekanisme geser lebih kompleks dan kegagalan geser terjadi lebih cepat dibandingkan balok dengan rasio bentang lebih panjang. Pada penelitian ini dilakukan analisis distribusi tegangan pada balok bentang pendek dengan variasi jarak sengkang dan jumlah tulangan longitudinal menggunakan metode elemen hingga nonlinier melalui perangkat lunak ATENA 2D, serta penentuan rekomendasi pola strut and tie berdasarkan hasil optimasi topologi menggunakan perangkat lunak BESO 2D. Penelitian ini terdiri atas 9 model benda uji, yaitu balok dengan 2 tulangan tarik tanpa sengkang (B3F2S0), dengan jarak sengkang 150 mm (B3F2S2), dan dengan jarak sengkang 100 mm (B3F2S1), kemudian variasi yang sama diterapkan pada balok dengan 3 dan 5 tulangan tarik sehingga masing-masing berjumlah 3 model. Seluruh model menggunakan 2 tulangan tekan dengan mutu beton dan mutu tulangan yang sama. Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan jarak sengkang memberikan pengaruh signifikan terhadap kenaikan nilai principal stress min pada beton pada kondisi yield dan ultimit, dimana Pada balok B3F2S0 menunjukkan kenaikan tegangan terhadap balok B3F2S2 pada beton saat kondisi yield sebesar 20.24%, sedangkan pada balok B3F2S2 menunjukkan kenaikan tegangan terhadap balok B3F2S1 pada beton sebesar 3.96%. Peningkatan jumlah tulangan tarik juga memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan principal stress min beton, Pada balok B3F2S0 menunjukkan kenaikan tegangan terhadap balok B3F2S2 pada beton saat kondisi yield sebesar 38.10%, sedangkan pada balok B3F2S2 menunjukkan kenaikan tegangan terhadap balok B3F2S1 pada beton sebesar 14.94%. Peningkatan tegangan yang serupa juga terjadi pada balok dengan variasi jumlah tulangan tarik 3 dan 5. Hasil optimasi topologi menggunakan BESO 2D menghasilkan pola rangka batang yang menyerupai strut and tie model dan menunjukkan kesesuaian yang baik dengan distribusi tegangan hasil analisis elemen hingga nonlinier menggunakan ATENA 2D.

Kata kunci: balok bentang pendek, distribusi tegangan, elemen hingga nonlinier, Strut and Tie Model.

ABSTRACT

Short-span beams are reinforced concrete structural elements that have different shear behavior than long-span beams because the shear stress is higher and concentrated near the supports, making them more vulnerable to shear failure. Short-span beams experience an irregular internal force flow (D-region), which causes the shear mechanism to be more complex, and shear failure occurs more rapidly than in beams with a longer span ratio. In this study, an analysis of stress distribution in short-span beams was carried out with variations in stirrup spacing and the number of longitudinal reinforcements using the nonlinear finite element method through the ATENA 2D software, as well as the determination of a recommended strut-and-tie pattern based on the results of topology optimization using the BESO 2D software. This study consisted of 9 specimen models, namely beams with 2 tension reinforcements without stirrups (B3F2S0), with a stirrup spacing of 150 mm (B3F2S2), and with a stirrup spacing of 100 mm (B3F2S1); then the same variation was applied to beams with 3 and 5 tension reinforcements; thus, each consisted of 3 models. All models used 2 compression reinforcements with the same concrete strength and reinforcement strength. The analysis results show that an increase in stirrup spacing provides a significant effect on the increase in the principal stress minimum value in concrete under yield and ultimate conditions, where the beam B3F2S0 shows an increase in stress compared to beam B3F2S2 in the concrete under yield conditions by 20.24%, while beam B3F2S2 shows an increase in stress compared to beam B3F2S1 in the concrete by 3.96%. An increase in the number of tension reinforcements also significantly increases the principal stress minimum of the concrete. In beam B3F2S0, the stress increased compared to beam B3F2S2 in the concrete under yield conditions by 38.10%, while beam B3F2S2 showed an increase in stress compared to beam B3F2S1 in the concrete by 14.94%. A similar increase in stress also occurred in beams with variations in the number of tension reinforcements of 3 and 5. The results of topology optimization using BESO 2D produce a truss pattern that resembles the strut-and-tie model and show good agreement with the stress distribution obtained from the nonlinear finite element analysis using ATENA 2D.

Keywords: short-span beam, stress distribution, nonlinear finite element, Strut and Tie Model.