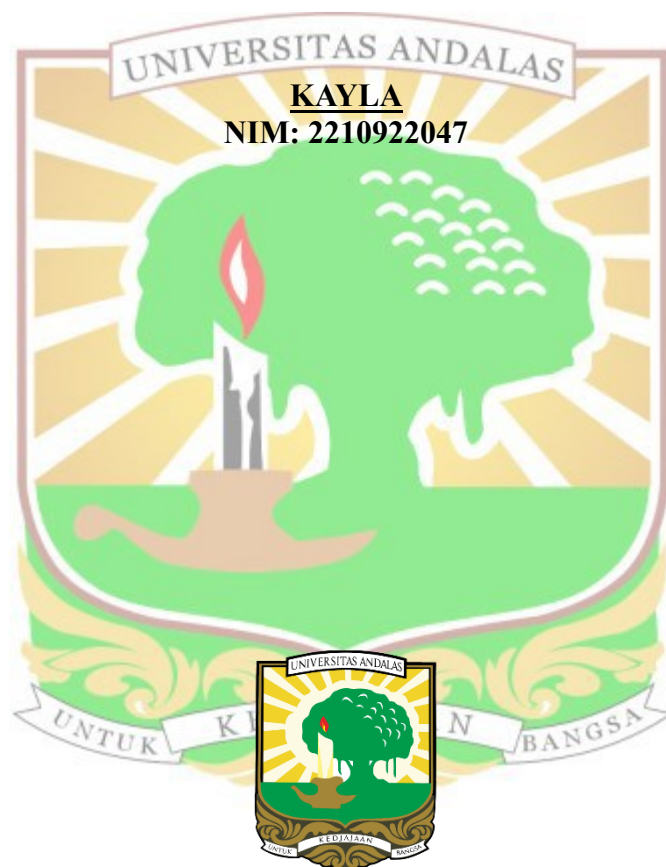


**MODEL *STRUT AND TIE* DENGAN
SOFTWARE BESO2D PADA BALOK DENGAN $a/d = 2,96$**

TUGAS AKHIR

Oleh:



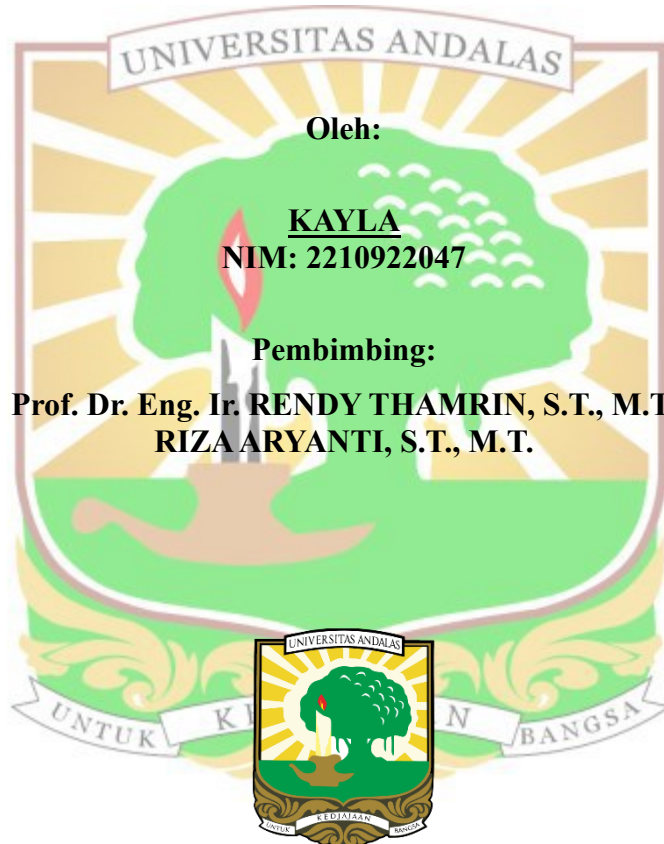
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG
2026**

MODEL *STRUT AND TIE* DENGAN *SOFTWARE* BESO2D PADA BALOK DENGAN $a/d = 2,96$

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Program Strata-1 pada Departemen Teknik Sipil,
Fakultas Teknik, Universitas Andalas



Oleh:

KAYLA
NIM: 2210922047

Pembimbing:

Prof. Dr. Eng. Ir. RENDY THAMRIN, S.T., M.T.
RIZA ARYANTI, S.T., M.T.

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG
2026**

ABSTRAK

Elemen struktur balok beton bertulang, merupakan bagian penting dalam menjamin keamanan dan stabilitas bangunan. Seiring meningkatnya kompleksitas desain, analisis tegangan di daerah diskontinuitas (D-regions), seperti area yang menahan beban terpusat dekat tumpuan atau bukaan, menjadi semakin penting. Pada area ini, teori Strut and Tie Model (STM) merupakan metode yang sering digunakan untuk memodelkan aliran gaya internal secara lebih realistis dibandingkan teori balok konvensional. Meskipun pedoman desain STM telah ada dalam standar seperti ACI dan SNI, implementasi dan optimasi modelnya memerlukan perhitungan yang rumit dan rentan kesalahan. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis distribusi strut and tie pada balok beton bertulang dengan rasio bentang geser terhadap tinggi efektif ($a/d = 2,96$). Kebutuhan untuk memvalidasi dan mengoptimalkan desain di daerah D-regions secara efisien menjadi dorongan utama penelitian ini. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini menggunakan metode optimasi topologi berbasis algoritma melalui perangkat lunak Bi-directional Evolutionary Structural Optimization (BESO). Hasil simulasi BESO2D menunjukkan pola distribusi Strut dan Tie yang optimal, menghasilkan konfigurasi rangka batang (truss model). Konfigurasi rangka batang yang diperoleh dari BESO2D ini kemudian dimodelkan kembali sebagai elemen frame dua dimensi menggunakan perangkat lunak SAP2000. Pemodelan ulang pada SAP2000 bertujuan untuk memastikan keseimbangan gaya pada node serta mendapatkan nilai gaya aksial (tekan pada strut dan tarik pada tie) yang lebih akurat pada setiap elemen rangka batang. Sebagai validasi tambahan dan referensi desain, hasil gaya aksial dari SAP2000 akan dibandingkan dengan hasil analisis dari perangkat lunak khusus desain STM, yaitu RCCSA, untuk mengukur tingkat akurasi STM yang telah didapatkan. Sebagai kesimpulan, penelitian ini berhasil memvalidasi model optimasi topologi untuk menentukan pola rangka batang yang efisien dan memanfaatkan perangkat lunak analisis struktur standar (SAP2000) untuk perhitungan gaya batangnya yang akurat. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penyediaan metodologi terintegrasi yang menggabungkan optimasi topologi numerik (BESO2D) dengan analisis gaya struktur konvensional (SAP2000) dan validasi silang dengan perangkat lunak khusus (RCCSA) untuk desain strut and tie pada rasio $a/d = 2,96$, yang dapat dijadikan referensi praktis untuk rekayasa struktural dan pengembangan standar desain di masa mendatang.

Kata Kunci: Beton Bertulang, Analisis Rangka, Optimasi Topologi, SAP2000, RCCSA



ABSTRACT

Reinforced concrete beam elements play a vital role in ensuring the safety and stability of a structure. As design complexity increases, stress analysis in discontinuity regions (D-regions) such as areas supporting concentrated loads near supports or around openings becomes increasingly critical. In these regions, the Strut and Tie Model (STM) is frequently employed to model internal force flows more realistically than conventional beam theory. Although STM design guidelines are established in standards such as ACI and SNI, the implementation and optimization of these models involve complex calculations prone to human error. Therefore, this study focuses on analyzing Strut and Tie distribution in reinforced concrete beams with a shear span to effective depth ratio (a/d) of 2.96. The primary motivation for this research is the need to efficiently validate and optimize designs within D-regions. To achieve this, the study utilizes topology optimization methods via Bi-directional Evolutionary Structural Optimization (BESO) software. The BESO2D simulation results demonstrate an optimal distribution of Struts and Ties, generating a truss model configuration. This configuration is then remodeled as two-dimensional frame elements using SAP2000 software to ensure nodal force equilibrium and to obtain accurate axial force values (compression in struts and tension in ties). As an additional validation and design reference, the axial forces from SAP2000 are compared with the results from specialized STM design software, RCCSA, to measure the accuracy of the derived model. In conclusion, this research successfully validates the topology optimization model for determining efficient truss patterns and utilizes standard structural analysis software (SAP2000) for precise force calculations. The main contribution of this study is the provision of an integrated methodology that combines numerical topology optimization (BESO2D) with conventional structural analysis (SAP2000) and cross-validation with specialized software (RCCSA) for STM design at an a/d ratio of 2.96, serving as a practical reference for structural engineering and future design standards.

Keywords: Reinforced Concrete, Truss Analysis, Topology Optimization, SAP2000, Axial Force, RCCSA

