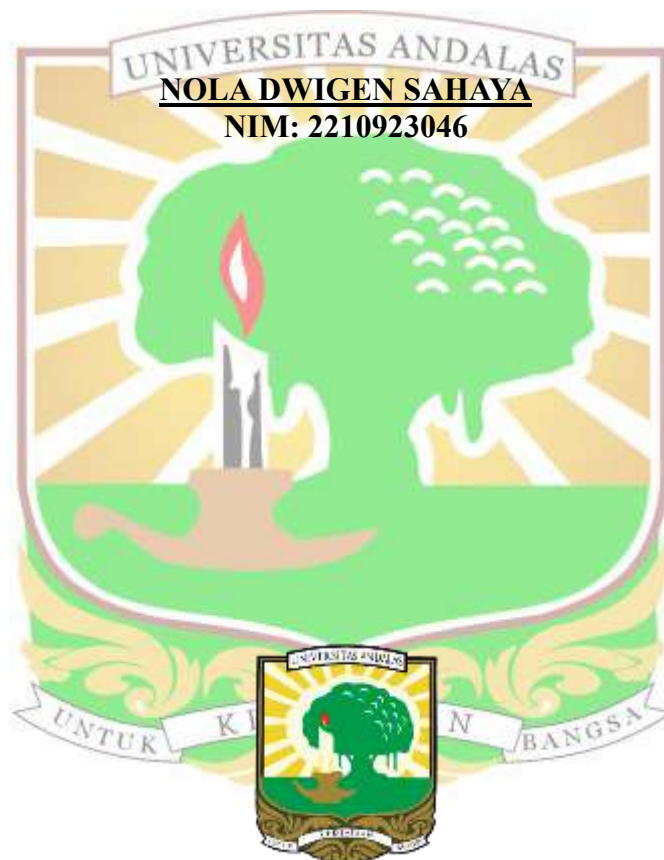


STUDI NUMERIK PERILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG MENGGUNAKAN NANOSILIKA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

TUGAS AKHIR

Oleh:



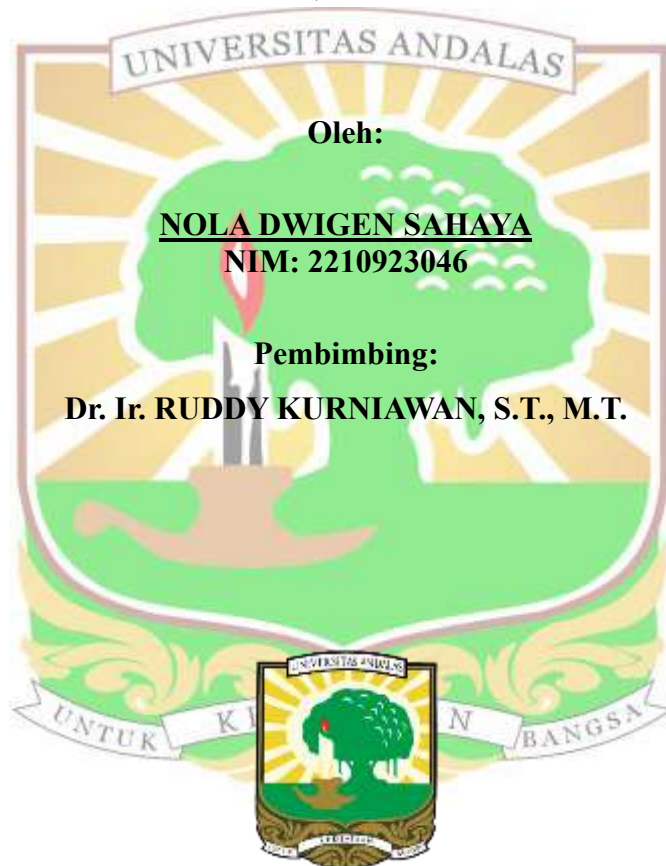
**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG
2026**

STUDI NUMERIK PERILAKU LENTUR BALOK BETON BERTULANG MENGGUNAKAN NANOSILIKA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

TUGAS AKHIR

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



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

**PADANG
2026**

ABSTRAK

Beton bertulang merupakan elemen penting dalam sistem struktur bangunan karena kemampuannya menahan gaya tekan dan tarik secara simultan melalui kerja sama antara beton dan baja tulangan, sehingga perannya sangat krusial dalam menjaga stabilitas dan kinerja elemen seperti balok yang menerima beban lentur dominan. Namun, sifat getas dan kuat tarik rendah yang dimiliki beton menyebabkan elemen balok rentan mengalami retak serta penurunan kekakuan ketika dikenai pembebanan statik monotonik yang meningkat secara bertahap hingga mencapai batas ultimit. Kondisi tersebut menuntut adanya pengembangan material yang mampu memperbaiki sifat mekanik beton dan meningkatkan respons struktural balok. Salah satu material yang banyak dikembangkan adalah nanosilika yang memiliki ukuran partikel sangat halus dan reaktivitas tinggi sehingga mampu memperkuat mikrostruktur beton melalui mekanisme pozzolanik dan efek pengisian. Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh nanosilika terhadap perilaku balok beton bertulang menggunakan metode analisis numerik melalui perangkat lunak Response-2000. Pemodelan dilakukan pada balok bertumpu sederhana dengan dimensi penampang dan rasio tulangan tarik, yang masing-masing menghasilkan respons berupa kurva momen–kurvatur serta beban–perpindahan sebagai dasar evaluasi parameter kekuatan, kekakuan, daktilitas, serta pola retak yang terbentuk. Sebelum analisis variasi dilakukan, model uji terlebih dahulu diverifikasi menggunakan data eksperimental dari penelitian sebelumnya untuk memastikan akurasi pendekatan numerik. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan nanosilika memberikan peningkatan signifikan terhadap kapasitas momen maksimum, kekakuan awal, serta kekakuan pascaretak melalui perbaikan struktur mikro dan peningkatan ikatan beton–baja. Variasi dimensi penampang berpengaruh besar terhadap kekakuan global dan deformasi yang terjadi. Adapun variasi rasio tulangan terutama memengaruhi daktilitas serta perilaku pascালেহ yang ditunjukkan melalui perubahan kelengkungan ultimit. Selain itu, balok dengan substitusi nanosilika menunjukkan pola retak yang lebih halus dan merata, mengindikasikan peningkatan kualitas matriks beton dan kemampuan distribusi tegangan yang lebih baik. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi berupa pemahaman komprehensif mengenai pengaruh nanosilika terhadap respons lentur balok beton bertulang, sekaligus menyediakan referensi analitis yang dapat digunakan sebagai dasar pengembangan material beton mutu tinggi pada aplikasi struktural modern.

Kata kunci: Nanosilika, Kekuatan, Kekakuan, Daktilitas, Momen-Kurvatur, Beban Statik Monotonik

ABSTRACT

Reinforced concrete is an essential element in structural systems due to its ability to resist both compressive and tensile forces simultaneously through the interaction between concrete and reinforcing steel. Its role is therefore crucial in maintaining the stability and performance of structural elements such as beams that primarily experience flexural loads. However, the brittle nature and low tensile strength of concrete make beam elements susceptible to cracking and stiffness degradation when subjected to gradually increasing monotonic static loading up to the ultimate limit. This condition necessitates the development of materials capable of improving the mechanical properties of concrete and enhancing the structural response of beams. One of the materials widely developed is nanosilica, which has an extremely fine particle size and high reactivity, enabling it to improve the microstructure of concrete through pozzolanic reactions and filler effects. Based on this need, this study aims to analyze the influence of nanosilica on the behavior of reinforced concrete beams using numerical analysis methods through the Response-2000 software. The modeling was carried out on simply supported beams with variations in cross-sectional dimensions and tensile reinforcement ratios, producing responses in the form of moment–curvature and load–deflection curves as the basis for evaluating parameters such as strength, stiffness, ductility, and crack patterns. Prior to the variation analysis, the model was first verified using experimental data from previous studies to ensure the accuracy of the numerical approach. The results indicate that the addition of nanosilica significantly increases the maximum moment capacity, initial stiffness, and post-cracking stiffness through improvements in the microstructure and enhanced bond between concrete and steel. Variations in cross-sectional dimensions have a major influence on global stiffness and deformation, while variations in reinforcement ratio mainly affect ductility and post-yield behavior, as indicated by changes in ultimate curvature. Furthermore, beams with nanosilica substitution exhibit finer and more evenly distributed crack patterns, indicating improved concrete matrix quality and better stress distribution capability. Overall, this study contributes a comprehensive understanding of the effect of nanosilica on the flexural response of reinforced concrete beams and provides an analytical reference that can be used as a basis for the development of high-performance concrete materials in modern structural applications.

Keywords: Nanosilica, Strength, Stiffness, Ductility, Moment–Curvature, Monotonic Static Loading.