



## INTISARI

Sistem isolasi seismik pada struktur terbukti efektif dalam mereduksi gaya gempa yang merusak struktur. Namun, penggunaan *Lead Rubber Bearing* (LRB) konvensional memiliki kelemahan pada inti timbal yang beracun (Wani et al., 2015) dan rentan mengalami degradasi termal akibat panas saat pembebanan siklik (Aghaeidoost & Billah, 2024). Sebagai alternatif, dikembangkan *Bar Damper* yang memanfaatkan mekanisme leleh lentur baja *spring steel* sebagai komponen disipasi energi yang lebih ramah lingkungan. Akan tetapi, karakteristik kinerja histeresis dan efektivitas bentuk geometri *bar damper* sebagai komponen peredam masih memerlukan investigasi mendalam.

Penelitian ini berfokus pada studi karakteristik *spring steel* sebagai komponen peredam energi melalui uji lentur siklik dan simulasi numerik. Benda uji terdiri dari empat variasi geometri (Model A, B, C, dan D) dengan konfigurasi bentuk *tapered*, *stepped*, dan silinder lurus untuk mengetahui model dengan distribusi leleh yang optimal. Pengujian eksperimental dilakukan secara simultan pada 12 spesimen mengikuti protokol pembebanan FEMA 461, sementara simulasi numerik menggunakan Abaqus CAE dengan elemen C3D8R dan input material berbasis data *True Stress-Strain* untuk mengakomodasi perilaku *hardening*. Parameter yang dianalisis meliputi gaya tahanan lateral, pola deformasi, *dissipated energy*, dan *equivalent viscous damping ratio* (EVDR).

Berdasarkan hasil pengujian, geometri *tapered* pada Model A terbukti paling efektif dalam mendisipasikan energi dengan total *dissipated hysteretic energy* mencapai 0,522 kNm pada kondisi ultimit hasil eksperimen. *Spring steel bar damper* menunjukkan perilaku *hardening* yang stabil tanpa degradasi kekuatan yang signifikan hingga fraktur, dengan nilai *Equivalent Viscous Damping Ratio* (EVDR) maksimum mencapai 22,80% secara eksperimental dan 28,77% secara numerik. Nilai redaman ini sebanding dengan kinerja LRB (20-40%). Meskipun memiliki kapasitas perpindahan (*displacement*) yang lebih rendah dibandingkan LRB, *spring steel* terbukti potensial untuk diaplikasikan sebagai komponen penyusun utama dalam sistem peredam gempa hibrida (*Bending Bar Rubber Bearing*).

**Kata kunci:** *Spring Steel*, *Bar damper*, Disipasi Energi, *Equivalent Viscous Damping Ratio*, Pemodelan Numerik.



## ABSTRACT

Seismic isolation systems effectively mitigate destructive earthquake forces, yet conventional Lead Rubber Bearings (LRB) face challenges regarding lead core toxicity (Wani et al., 2015) and thermal degradation during cyclic loading (Aghaeidoost & Billah, 2024). Consequently, Bar Dampers utilizing the flexural yielding mechanism of spring steel have emerged as a sustainable alternative. This research aims to evaluate the mechanical characteristics and geometric effectiveness of spring steel as a bar damper component to optimize seismic performance.

The methodology integrates quasi-static cyclic bending tests and numerical simulations. Twelve specimens featuring four geometric variations (Models A, B, C, and D)—including tapered, stepped, and cylindrical configurations—were tested to determine the optimal yield distribution. Experiments adhered to the FEMA 461 protocol, while numerical validations utilized Abaqus CAE with C3D8R elements and True Stress-Strain inputs to accurately simulate hardening behavior. The analysis focused on lateral resistance, deformation patterns, dissipated energy, and the Equivalent Viscous Damping Ratio (EVDR).

Results demonstrate that the tapered geometry (Model A) provided the most optimal performance, achieving a total hysteretic dissipated energy of 0.522 kNm under ultimate experimental conditions. The spring steel bar damper exhibited stable hardening behavior without significant strength degradation up to fracture. The maximum EVDR reached 22.80% experimentally and 28.77% numerically, values competitive with standard LRB (20-40%) but offering superior thermal stability. Despite a lower displacement capacity compared to LRB, spring steel proves to be a robust potential component for developing hybrid Bending Bar Rubber Bearing systems.

**Keywords:** *Spring Steel, Bar damper, Dissipated Energy, Equivalent Viscous Damping Ratio, Finite Element Method.*