

Banyak bangunan lama yang masih digunakan berada pada wilayah rawan gempa perlu peningkatan kinerja agar memenuhi standar laik fungsi. Solusi potensial adalah penambahan perangkat disipasi energi pasif yang sederhana dan efektif, khususnya untuk bangunan bertingkat rendah. Penelitian ini mengkaji kinerja perangkat disipasi energi, mengembangkan desain sistem optimal, menguji material komponen damper, melakukan uji eksperimental skala penuh, serta memodelkan dan menentukan penempatan damper optimal secara numerik pada gedung beton bertulang bertingkat rendah.

Penelitian ini menghasilkan prototipe *damper* yang menggabungkan *engine-mounting rubber* (emr) otomotif dan batang baja (bj), serta mengembangkan model konstitutif material komponennya. Sistem *damper* diuji untuk mengukur kekakuan, perilaku histeretik, rasio redaman, dan kapasitasnya. Model numerik berbasis *finite element method* dikembangkan sebagai pembanding hasil eksperimen, dan analisis *time history* digunakan untuk menentukan penempatan optimal *damper*. Sistem ini terbukti efektif untuk bangunan bertingkat rendah, memenuhi kriteria kekakuan, rasio redaman, dan kurva histeretik sesuai dengan *displacement* dan frekuensi alami bangunan bertingkat rendah. Kurva histeretik yang dihasilkan mendekati perilaku *viscoelastic damper*. *Engine-mounting rubber* berfungsi sebagai elemen *re-centering*, sedangkan batang baja mendisipasi energi melalui mekanisme elasto-plastis.

Parameter *viscoelastic damper* yang diusulkan adalah: (1) Damper besar (20 emr + 20 bj) memiliki damping ratio hingga 26,19% dengan P_{max} mencapai 143,9 kN, kekakuan elastik 22 kN/mm, kekakuan plastis 2,8 kN/mm, dan kekakuan efektif 4,29 kN/mm; (2) Damper medium (6 emr + 6 bj) memiliki damping ratio 22,44% dengan P_{max} 29,82 kN, kekakuan elastik 3 kN/mm, kekakuan plastis 0,72 kN/mm, dan kekakuan efektif 1,32 kN/mm. Parameter ini bermanfaat untuk pemodelan numeris dalam desain *retrofitting* bangunan eksisting yang menunjukkan bahwa *damper* usulan efektif mengurangi total drift bangunan bertingkat rendah saat dipasang diagonal sehingga meningkatkan kinerja bangunan terhadap gempa. Damper ini mudah diproduksi dengan bahan murah yang tersedia di pasaran, serta batang baja yang jika rusak pasca-gempa dapat diganti dengan mudah, menjadikannya solusi praktis dan efisien untuk peningkatan ketahanan bangunan terhadap gempa.

Kata kunci: *engine-mounting rubber*, batang baja, kurva histeretik, *damper*, bangunan tingkat rendah

ABSTRACT

Many old buildings that are still in use in earthquake-prone areas need performance upgrades to meet functional standards. A potential solution is the addition of simple and effective passive energy dissipation devices, especially for low-rise buildings. This research examines the performance of energy dissipation devices, develops optimal system, tests damper-component materials, conducts full-scale experimental tests, and numerical models and determines the optimal placement of dampers in low-rise reinforced concrete buildings.

This research produces a damper prototype that combines automotive engine-mounting rubber (emr) and a steel bar (bj), and developed a constitutive model for the component materials. The damper system was tested to measure its stiffness, hysteretic behavior, damping ratio and capacity. A numerical model based on the finite element method was developed as a comparison to the experimental results, and time history analysis was used to determine the optimal placement of the damper.

This system has proven effective for low-rise buildings, meeting the criteria for stiffness, damping ratio, and hysteretic curves in accordance with the displacement and natural frequency of the low-rise building. Engine-mounting rubber functions as a re-centering element, while the steel bars dissipate energy through an elasto-plastic mechanism.

Key words: engine-mounting rubber, steel bar, hysteretic curve, damper, low-rise-buildings