

INTISARI

Pilar menjadi komponen paling kritis saat terjadi gempa, dimana kegagalan pilar dapat mengakibatkan keruntuhan struktur jembatan. Oleh karena itu, desain sistem struktur dengan kapasitas seismik yang memadai harus dipertimbangkan. Banyak jembatan di Indonesia yang didesain menggunakan *elastomeric rubber bearing* (ERB) dengan redaman dan kapasitas seismik kecil sehingga gaya gempa yang diterima struktur bawah menjadi besar. Hal itu mengakibatkan peningkatan kebutuhan dimensi penampang dan tulangan pilar. Sebagai alternatif, pengaplikasian alat peredam gempa dengan kapasitas seismik dan redaman tinggi, seperti *lead rubber bearing* (LRB) dapat dipertimbangkan. Sayangnya, biaya pengaplikasian alat ini sangat mahal. Oleh karena itu, *shear panel damper* dengan gap (SPDG) diusulkan dalam penelitian ini sebagai alat peredam gempa dengan harga yang murah dan kapasitas seismik yang besar. Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan pengaruh pengaplikasian SPDG dan LRB sebagai sistem isolasi seismik terhadap sistem struktur jembatan konvensional yang dilengkapi ERB.

Tiga sistem struktur jembatan yang dibandingkan yaitu: jembatan konvensional dengan ERB (Model A), jembatan eksisting dengan LRB (Model B), dan jembatan dengan kombinasi SPDG dan ERB (Model C). Analisis *nonlinear time history* dilakukan untuk menginvestigasi performa seismik ketiga model jembatan yang disimulasikan menggunakan *software* OpenSees. Analisis modal and pushover dilakukan untuk memperoleh periode fundamental struktur dan kapasitas pilar, secara berurutan.

Studi ini menunjukkan bahwa SPDG dapat diaplikasikan pada jembatan sebagai alternatif alat peredam gempa yang mampu menghasilkan performa sebanding dengan LRB. Hasil desain pilar menunjukkan bahwa pilar pada Model C dapat didesain sama dengan Model B, sedangkan pilar Model A harus didesain lebih besar dengan tulangan lebih banyak. Hasil analisis modal menunjukkan bahwa pengaplikasian SPDG dan LRB dapat meningkatkan periode fundamental struktur hingga 2,35 detik dan 2,50 detik. Sementara itu, pengaplikasian SPDG dapat mereduksi respon seismik yang sebanding dengan LRB, ditunjukkan melalui persentase reduksi terhadap jembatan konvensional. Hasilnya, perpindahan di kepala pilar dapat tereduksi hingga 64,76% dengan penggunaan SPDG, sementara penggunaan LRB dapat mereduksi perpindahan hingga 64,92%. Begitu pula dengan gaya geser dasar, dimana SPDG dapat mereduksi hingga 83,55%, sedangkan LRB mampu mereduksi hingga 83,39%. Respon momen lentur juga tereduksi hingga 65,66% dan 66,89 dengan penggunaan SPDG dan LRB, secara berurutan. Performa seismik pada jembatan Model A berada pada batas *life safety* atau setara dengan level kerusakan 3 akibat gempa arah longitudinal dan transversal. Sementara itu, batas *fully operational* dan *operational* ditunjukkan pada Model B dan C akibat gempa arah longitudinal, sementara batas *life safety* akibat gempa arah transversal. Selain itu, respon SPDG dan LRB sudah menampilkan perilaku histeresis yang menunjukkan adanya fase disipasi energi. Sebagai rekomendasi desain sistem jembatan dengan SPDG pada jembatan eksisting, rasio kuat leleh dapat dijadikan parameter pendekatan yang merepresentasikan sistem isolasi seismik yang lebih lemah dari pilar eksisting. Sementara itu, faktor modifikasi respon (R) yang sesuai untuk desain elastis jembatan dengan SPDG masih perlu dipelajari lebih lanjut untuk mencegah terjadinya *overstrength* dalam desain.

Kata kunci: jembatan tumpuan sederhana, pilar, ERB, LRB, SPDG

ABSTRACT

The pier becomes the critical component when an earthquake occurs, where the pier failure might cause the entire bridge structure to collapse. Therefore, a structural system design with an equitable seismic capacity must be considered. Many bridges in Indonesia are designed using elastomeric rubber bearings (ERB) with low damping and seismic capacity so that a large seismic force is transmitted to the substructure. It will cause an increase in cross-section area and pier reinforcements. As an alternative, the application of seismic devices with high damping and seismic capacity, such as lead rubber bearings (LRB), can be considered. Unfortunately, this device will require a large expense for the application fee. Hence, the utilization of a shear panel damper with gap (SPDG) is proposed in this study as a seismic device with low cost and high seismic capacity. This research aims to compare the influence of applying SPDG and LRB as seismic isolation devices to the conventional bridge system equipped with ERB.

Three structural systems were compared, i.e, a conventional bridge equipped with ERB (Model A), an existing bridge equipped with LRB (Model B), and the proposed bridge equipped with the combination of SPDG and ERB (Model C). Nonlinear time history analysis was carried out to investigate the seismic performance of the three models, which were simulated using OpenSees software. Modal and pushover analysis were carried out to obtain the fundamental period of the bridge and the pier capacity, respectively.

This study showed that SPDG could be applied on the bridge as an alternative seismic isolation device that was capable to provide a comparable seismic performance to LRB. The pier design results showed that pier on Model C could be designed with the cross-section area and reinforcements as same as Model B, while Model A necessitated larger cross-section area and more reinforcements. The modal results showed that the application of SPDG and LRB could increase the fundamental period to 2.35 s and 2.50 s. Meanwhile, SPDG could reduce the dynamic responses comparable to LRB, as shown by the reduction percentage from the conventional bridge. As a result, SPDG could reduce the pier displacement up to 64.76%, while LRB could reduce it up to 64.92%. So as the base shear, whereas SPDG could reduce it up to 83.55%, while LRB was up to 83.39%. The bending moment responses were also reduced up to 65.66% and 66.89% by using SPDG and LRB, respectively. Furthermore, the seismic performance of Model A reached the life safety limit or equivalent to the damage level 3 due to longitudinal and transverse earthquakes. Meanwhile, the fully operational and operational limits were shown for the Model B and C due to the longitudinal earthquake, and the life safety limit due to the transverse earthquake. On the other hand, the SPDG and LRB responses exhibited hysteretic behavior and initiated an energy dissipated phase. As a design recommendation for the bridge system equipped with SPDG on the existing bridge, the yield strength ratio could be used as a design approach representing the weaker seismic isolation system than the existing pier. Meanwhile, the appropriate response modification factor (R) for the elastic design of the bridge system equipped with SPDG still has to be studied further to prevent the overstrength design.

Keywords: simply supported bridge, pier, ERB, LRB, SPDG