

Kota Semarang berada di wilayah tektonik aktif dengan keberadaan sesar Semarang. Struktur *slab on pile* (SOP) yang dibangun pada wilayah tersebut harus dirancang sangat kaku untuk mengakomodasi gaya gempa yang besar. Dalam kondisi ini, struktur disimulasikan sebagai bangunan “sangat penting” dengan faktor modifikasi respons (R) sebesar 1,5, dengan konsekuensi memerlukan jumlah tiang pancang yang cukup banyak. Sehingga kajian mengenai potensi efisiensi jumlah tiang pancang perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengefisiensi jumlah tiang pancang pada struktur jembatan SOP melalui pendekatan *redesain* menjadi *voided slab on pile* (VSOP) dengan penambahan *shear panel damper* (SPD). Studi dilakukan secara numerik pada segmen jalan tol Semarang–Demak dan difokuskan pada evaluasi kinerja struktur terhadap batas layan (*serviceability limit state*) dan gempa.

Berdasarkan Komisi Keamanan Jembatan dan Terowongan Jalan (KKJTJ) dalam Pembahasan Penyelenggaraan Keamanan Jembatan Khusus, tiang pancang dimodelkan sebagai umum atau bukan *special order* sehingga struktur SOP disimulasikan menggunakan $R = 1,5$. Struktur hasil *redesain* dimodelkan berdasarkan kategori “penting” dengan $R = 3,5$ menggunakan sistem VSOP dengan SPD. Berdasarkan temuan sebelumnya, struktur dengan $R = 3,5$ dan SPD memiliki performa setara struktur $R = 1,5$ tanpa SPD. Analisis dilakukan dengan metode respons spektrum linear, tanah dimodelkan sebagai pegas linier, SPD dimodelkan secara linear menggunakan kekakuan efektif, dan beban mengikuti SNI 1725:2016 serta SNI 2833:2016. Evaluasi dilakukan melalui analisis modal, diagram interaksi kolom (P-M), rasio PMM, serta batas lendutan dan perpindahan lateral.

Hasil menunjukkan bahwa SOP dengan $R = 1,5$ tidak memenuhi kriteria kelayakan dan memerlukan penambahan jumlah tiang pancang satu baris dari 40 menjadi 48 buah. Struktur VSOP ditambah SPD dengan 32 tiang memenuhi kriteria kelayakan, serta mampu mereduksi jumlah tiang pancang secara signifikan, yaitu sebanyak 8 tiang dibandingkan SOP eksisting, atau 16 tiang dibandingkan SOP $R = 1,5$ yang telah ditambah menjadi 48 tiang untuk memenuhi kriteria.

Kata kunci: *slab on pile*, *voided slab*, *shear panel damper*, efisiensi tiang pancang, respons spektrum.

Semarang City is located in an active tectonic zone influenced by the Semarang fault. Slab on pile (SOP) structures built in this region must be designed with high stiffness to withstand significant seismic forces. In this context, the structure is simulated as a “very important” facility with a response modification factor (R) of 1.5, which consequently requires a relatively large number of piles. Therefore, a study on the potential efficiency of pile usage is necessary. This research aims to optimize the number of piles in SOP bridge structures through a redesign approach into a voided slab on pile (VSOP) system with the addition of shear panel dampers (SPD). The study was carried out numerically on a segment of the Semarang–Demak toll road and focused on evaluating the structural performance under serviceability limit state and seismic loading.

According to the Bridge and Road Tunnel Safety Commission (KKJTJ) in the Guidelines for the Safety of Special Bridges, piles are modeled as general (non-special order), so SOP structures are simulated with $R = 1.5$. The redesigned structure is modeled as an “important” facility with $R = 3.5$ using a VSOP system with SPD. Previous findings indicate that a structure with $R = 3.5$ and SPD exhibits performance equivalent to a structure with $R = 1.5$ without SPD. The analysis was conducted using the linear response spectrum method, with soil modeled as linear springs, SPD modeled linearly based on effective stiffness, and loads determined according to SNI 1725:2016 and SNI 2833:2016. Structural evaluation included modal analysis, column interaction diagrams (P - M), PMM ratios, and checks on deflection and lateral displacement limits.

The results show that SOP with $R = 1.5$ does not meet the safety criteria and requires an additional row of piles, increasing the total from 40 to 48. Meanwhile, the redesigned VSOP with SPD and 32 piles satisfies the requirements and significantly reduces the number of piles, saving 8 piles compared to the existing SOP and 16 piles compared to the SOP with $R = 1.5$ after pile addition.

Keywords: *slab on pile, voided slab, shear panel damper, pile optimization, response spectrum.*