

Jembatan Tol Semarang-Demak yang terletak pada pesisir utara Jawa menghadapi tantangan geoteknik yang kompleks karena memiliki karakteristik tanah lunak. Sifat tanah lunak yang memiliki daya dukung rendah serta deformasi yang tinggi dapat memicu faktor amplifikasi seismik yang besar, sehingga menimbulkan *demand* gempa yang besar. Tanah lunak juga dapat menurunkan kekakuan struktur jembatan yang berimplikasi pada peningkatan periode getar. Akibatnya, kebutuhan dimensi pilar dan fondasi perlu ditingkatkan untuk mempertahankan kapasitas lateral. Pada umumnya, desain pilar jembatan dilakukan secara terpisah antara struktur dan tanah, sehingga efek deformasi fondasi yang besar belum terhitung. Sehingga kajian mengenai kinerja seismik pilar jembatan dengan memperhitungkan SSI perlu dilakukan.

Penelitian ini, melakukan studi komparatif untuk mengevaluasi pengaruh *soil-structure interaction* (SSI) terhadap karakteristik dan respons dinamik serta perilaku nonlinier struktur pilar pada tanah lunak, meliputi Model A dengan tumpuan jepit dan Model B dengan SSI yang berupa elemen pegas nonlinier tanah berdasarkan kurva  $p-y$ ,  $t-z$ , dan  $q-z$ . Studi ini memakai metode analisis modal dan *pushover* untuk mengetahui karakteristik dinamik dan kapasitas pilar. Selain itu, analisis *nonlinear time history* dilakukan untuk mengetahui performa seismik kedua model jembatan yang dibuat menggunakan perangkat lunak SAP2000 dengan memakai tujuh pasang rekaman gempa yang telah diskalakan dan dimodifikasi sesuai karakteristik gempa Semarang.

Hasil studi menunjukkan bahwa pada Model B menerima peningkatan periode getar alami sebesar 17,12% akibat berkurangnya kekakuan struktur yang berdampak pada perubahan distribusi gaya dan deformasi. Selain itu, terjadi peningkatan respons perpindahan kepala pilar Model B dibanding Model A sebesar 19% - 72% pada pilar P6. Kemudian, Model B memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada performa seismik struktur jembatan. Pada perbandingan *performance point*, semua pilar pada Model A masih berada pada batas *fully operational* untuk semua gempa, sedangkan pada Model B untuk P6 sudah melewati batas *fully operational* pada arah longitudinal dan sudah melewati batas *operational* pada arah transversal.

**Kata kunci:** Pilar, Fondasi, Tanah Lunak, Gempa, *Soil-Structure Interaction* (SSI)

## ABSTRACT

*The Semarang–Demak Toll Bridge, located along the northern coast of Java, faces complex geotechnical challenges due to the presence of soft soil deposits. The low bearing capacity and high deformability of soft soil can trigger significant seismic amplification, resulting in high seismic demand. Moreover, soft soil conditions reduce the stiffness of bridge structures, leading to an increase in the fundamental period. Consequently, larger pier and foundation dimensions are required to maintain adequate lateral capacity. In conventional bridge design, piers are typically analyzed separately from the soil, and thus the substantial foundation deformation is often neglected. Therefore, an investigation of the seismic performance of bridge piers considering soil–structure interaction (SSI) is essential.*

*This study conducts a comparative analysis to evaluate the influence of SSI on the dynamic characteristics and nonlinear response of bridge piers in soft soil. Two models were developed: Model A with fixed-base support and Model B incorporating nonlinear soil springs based on  $p$ – $y$ ,  $t$ – $z$ , and  $q$ – $z$  curves. Modal and pushover analyses were performed to examine the dynamic properties and lateral capacity of the piers. In addition, nonlinear time history analysis was carried out using SAP2000 with seven pairs of ground motion records that were scaled and modified to represent the seismic characteristics of Semarang.*

*The results indicate that Model B exhibits an increase of 17.12% in the fundamental period due to the reduction in structural stiffness, which significantly alters the distribution of forces and deformations. Furthermore, the displacement responses at the pier heads of Model B are higher than those of Model A by 19%–72% for Pier P6. Overall, Model B shows a significant impact on the seismic performance of the bridge structure. Based on performance point evaluation, all piers in Model A remain within the fully operational limit under all earthquakes, whereas in Model B, Piers P6 exceed the fully operational limit in the longitudinal direction and surpass the operational limit in the transverse direction.*

**Keywords:** Pier, Foundation, Soft Soil, Earthquake, Soil-Structure Interaction (SSI)