

INTISARI

Likuefaksi merupakan salah satu faktor kritis yang berkontribusi pada kegagalan katastrofik infrastruktur akibat gempa bumi. Saat mengalami guncangan beban siklik, tanah pasir lepas yang jenuh air mengalami kondisi *undrained*. Tekanan air pori berlebih meningkat dengan drastis menyebabkan nihilnya tegangan efektif tanah. Tanah tidak lagi dapat mendukung struktur di atasnya dan menyebabkan kerusakan serius di permukaan tanah. Gempa Palu 2018 dengan kekuatan 7,5 Mw mengakibatkan sebaran tanah lateral yang masif di banyak tempat, runtuhnya bangunan dan Jembatan Kuning Palu IV. Fenomena tersebut menjadi pembuka mata bagi peneliti geoteknik, dimana Indonesia yang berada pada pertemuan 3 lempeng aktif dan *ring of fire*, memiliki aktifitas tektonik yang tinggi dan risiko yang lebih besar akibat likuefaksi. Pembangunan Jalan Tol Serang-Panimbang merupakan proyek strategis nasional di Provinsi Banten, Indonesia yang bertujuan untuk menghubungkan kabupaten di wilayah selatan yang tertinggal sebagai zona industri yang baru yaitu KI Tanjung Lesung dan juga untuk menunjang Kawasan Strategis Pariwisata Nasional Ujung Kulon. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik geoteknik lokasi proyek, evaluasi risiko likuefaksi dan keparahannya serta pengaruhnya terhadap daya dukung dan stabilitas struktur fondasi tiang bor.

Studi likuefaksi dilakukan dengan meninjau serangkaian aspek yaitu: kajian kegempaan menggunakan penerapan pencocokan spektrum *ground motion*, kajian geologi dan geoteknik spesifik lokasi penelitian, kajian potensi likuefaksi dengan pendekatan *simplified procedure* secara empiris menggunakan data penyelidikan tanah dan pengujian laboratorium, studi fenomena *excess pore water pressure (EPWP)* melalui analisis tegangan efektif nonlinear 1 dimensi, dan studi pengaruh likuefaksi pada fondasi tiang bor menggunakan metode empiris dan pemodelan numeris.

Kajian kegempaan menunjukkan sumber gempa dominan dari aktifitas tektonik lempeng zona Benioff dengan 6,6 M_w dan jarak 72 km dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun. Kondisi geologi lokasi penelitian terdiri dari formasi berumur Quarter, yaitu piroklastik dan *rework* dari material gunungapi muda (Q_{pv}) dan alluvium (Q_a). Endapan pasir lepas yang rentan likuefaksi ditemukan setempat pada area *floodplain* dan sedimentasi sungai dengan kelas situs SD sampai SF. Lapisan tanah ini memiliki kedalaman bervariasi 0-12 m, butiran yang hampir seragam, terletak dekat permukaan dan muka air tinggi sehingga jenuh air. *Simplified Procedure* menunjukkan potensi likuefaksi $FS_L < 1$ pada lapisan pasir lepas dengan nilai *Liquefaction Severity Index (LSI)* sebesar 19,02 untuk BH-40. Analisis nonlinear tegangan efektif tanah yang menyimulasikan pembebanan siklik gempa menunjukkan peningkatan rasio *EPWP* mencapai 1,0 di dalam durasi signifikan dari *ground motion*. Perhitungan kapasitas fondasi dilakukan dengan 3 jenis pendekatan yaitu kondisi layan, ekstrim dan ekstrim likuefaksi untuk melihat pengaruhnya pada kestabilan fondasi tiang pada Pilar P3. Daya dukung izin tiang (Q_{all}) aksial turun sebesar 9,84-13,59% dan tahanan friksi (f_s) sebesar 6,59-11,16% pada kondisi ekstrim likuefaksi. Hasil analisis numeris kapasitas dukung lateral fondasi kelompok tiang bor dengan *RSPile* menunjukkan peningkatan deformasi lateral dan penurunan pada kondisi *liquefied sand* dibandingkan kondisi ekstrim tanpa pengaruh likuefaksi. Berdasarkan analisis, fondasi tiang bor yang direncanakan pada Pilar P3 STA 54+200-54+392 memiliki ketahanan yang cukup untuk menerima beban kondisi layan dan ekstrim likuefaksi.

Kata kunci: likuefaksi, *ground motion*, *LSI*, *excess pore water pressure*, kapasitas dukung fondasi, fondasi tiang bor

ABSTRACT

Liquefaction is a critical factor contributing to catastrophic infrastructure failures during earthquakes. Due to the intense ground shaking, the saturated sandy soil state turns to undrained conditions, generating excess pore water pressure (PWP). As effective stress dissipates, the soil transitions into a liquefied state, rendering it incapable of supporting overlying structures and causing ground deformations. A major 7,5 Mw Palu earthquake in 2018 caused flow liquefaction, differential settlements, and lateral spreadings, which devastated several residential areas, tilted and structurally damaged buildings, and collapsed the Palu Yellow Ponulele Bridge. This event underscores the critical importance of understanding and mitigating liquefaction risks in Indonesia, a nation situated within the tectonically active convergence zone of Indo-Australian and Eurasian Plates. The Serang-Panimbang Toll Road, as the research focus, is a national strategic project (PSN) in Banten, Indonesia designed to improve connectivity within the underdeveloped southwestern region of Java Island. This study aims to estimate the liquefaction potential, its severity, and its influences on the bearing capacity and stability of the bored pile foundation.

A comprehensive assessment of liquefaction-induced risk requires a multi-faceted approach. Key components include seismic hazard analysis with spectral matching techniques to generate realistic ground motions, detailed geological and geotechnical site characterization, liquefaction potential evaluation using simplified procedure, one-dimensional nonlinear effective stress analysis to simulate liquefaction initiation and excess pore water pressure generation, and the assessment of liquefaction impacts to the bored pile foundations through empirical and numerical modeling.

Seismic hazard assessment indicates that the dominant earthquake source is the Benioff zone, with a magnitude of 6,6 M_w and a source-to-site distance of 72 km with a 7% probability of exceedance in 75 years. Quarternary deposits, including pyroclastic materials, characterize the site, reworked volcanoclastic deposits (Q_{pv}) and alluvial sediments (Q_a). Loose sandy soils, susceptible to liquefaction, are primarily concentrated in riverbanks and floodplains, with site classes ranging from SD to SF. These soil layers are less than 12 meters deep and characterized by a uniform grain size. The simplified procedure shows a liquefaction potential ($F_{SL} < 1,0$) in borehole BH-40 with a Liquefaction Severity Index (LSI) of 19,02. Nonlinear effective stress analyses, simulating cyclic loading and wave propagation, confirm this assessment, with excess pore water pressure ratio reaching 1,0 during the significant duration of the ground motion. The bearing capacity of the bored pile foundation for Pier P3 was evaluated under various loading conditions, including service, extreme, and extreme with liquefaction, to assess the potential impact of liquefaction. Results indicate a reduction in the allowable axial capacity (Q_{all}) of 9,84-13,59% and a decrease in sleeve friction (f_s) between 6,59-11,16% under extreme liquefaction conditions. Additionally, numerical RSPile simulation demonstrated increased lateral displacement and settlement under extreme liquefied scenarios, although these values remained within acceptable limits. Based on these evaluations, the bored pile foundation for Pier P3 (STA 54+200 – 53+392) is deemed adequate to support axial and lateral loads under service and extreme liquefaction states.

Keywords: *liquefaction, ground motion, LSI, excess pore water pressure, nonlinear, bearing capacity, bored pile foundation*