

Yogyakarta dan daerah sekitarnya merupakan daerah yang memiliki bahaya gempa dan likuefaksi yang besar. Hal ini karena lokasinya yang dekat dengan jalur subduksi dan beberapa sesar aktif. Yogyakarta juga sudah beberapa kali mengalami gempa besar dan likuefaksi. Oleh karena itu, perlu adanya studi lebih dalam terkait bahaya gempa dan likuefaksi sebelum dimulainya pembangunan infrastruktur di wilayah tersebut. Termasuk di antaranya adalah rencana pembangunan jalan tol ruas Yogyakarta – Bawen Seksi II.

Penelitian dilakukan pada 15 titik investigasi di sepanjang lokasi rencana jalan tol. Pada semua lokasi diperoleh data hasil penyelidikan tanah termasuk di dalamnya log pengeboran, nilai tahanan tes penetrasi standar, kedalaman muka air tanah, dan hasil uji laboratorium sampel tanah. Sementara tomografi seismik refraksi dilakukan hanya pada empat titik investigasi. Analisis potensi likuefaksi dilakukan menggunakan prosedur sederhana dengan pendekatan geoteknik melalui nilai tahanan SPT (N_{SPT}) dan pendekatan geofisika melalui nilai kecepatan gelombang S (*S-wave velocity*, V_S). Potensi likuefaksi dikuantifikasi dalam bentuk Indeks Potensi Likuefaksi. Hasil analisis dengan pendekatan geoteknik dan geofisika tersebut kemudian dibandingkan satu sama lain. Hasil analisis potensi likuefaksi berbasis nilai N_{SPT} kemudian dikoreksi berdasarkan kondisi kejenuhan air pada tanah yang diketahui melalui tomogram nilai kecepatan gelombang P (*P-wave velocity*; V_P). Pada lokasi dengan potensi likuefaksi yang sangat tinggi, dilakukan analisis mitigasi likuefaksi menggunakan metode kolom batu vibrasi yang dikombinasikan dengan penyalir vertikal pra-fabrikasi (*prefabricated vertical drain*; PVD).

Analisis potensi likuefaksi dengan nilai N_{SPT} menunjukkan sebagian besar titik investigasi di daerah penelitian memiliki potensi likuefaksi tinggi atau sangat tinggi. Analisis potensi likuefaksi dengan nilai V_S pada empat titik investigasi menunjukkan tiga lokasi berpotensi likuefaksi sementara satu lokasi tidak berpotensi likuefaksi. Hasil analisis dengan nilai N_{SPT} pada empat lokasi yang sama juga menyimpulkan hal yang sama. Tetapi, hasil analisis dengan nilai V_S lebih konservatif dari hasil analisis dengan nilai N_{SPT} . Hal ini karena pengukuran seismik refraksi kurang sensitif dalam mendeteksi variabilitas kekakuan tanah. Analisis tomogram V_P pada tiga lokasi menunjukkan adanya kondisi kejenuhan sebagian. Koreksi kejenuhan sebagian yang dilakukan di lokasi tersebut mengakibatkan CRR terkoreksi sehingga meningkat antara 4 – 257%. Konsekuensinya, faktor aman likuefaksi juga meningkat sehingga seluruh lapisan tanah dinilai tidak berpotensi terlikuefaksi pada analisis yang dilakukan menggunakan nilai N_{SPT} . Mitigasi likuefaksi dengan kolom batu vibrasi dengan diameter 0,80 m dan spasi 1,40 m yang dikombinasikan dengan PVD berhasil menurunkan potensi likuefaksi di seluruh titik investigasi secara signifikan.

Kata kunci: Likuefaksi, seismik refraksi, kejenuhan sebagian, kolom batu vibrasi, PVD

ABSTRACT

Yogyakarta and its surrounding regions possess significant earthquake and liquefaction hazards. This is due to their proximity to subduction zones and active faults. Yogyakarta has also experienced multiple major earthquakes and liquefaction events. Consequently, it is crucial to conduct an in-depth study on earthquake and liquefaction risks prior to initiating infrastructure development in the region, including the proposed construction of the Yogyakarta–Bawen Toll Road Section II.

This study was conducted at 15 investigation points along the planned toll road route. Data collected at all locations included soil investigation results, such as borehole logs, standard penetration test (SPT) resistance values, groundwater table depth, and laboratory test results of soil samples. Additionally, seismic refraction tomography was carried out at four investigation points. Liquefaction potential analysis was conducted using a simplified procedure, employing both geotechnical approaches (based on SPT resistance values, N_{SPT}) and geophysical approaches (based on S-wave velocity, V_S). Liquefaction potential was quantified in the form of a Liquefaction Potential Index. The results of the geotechnical and geophysical analyses were then compared. Liquefaction potential analysis based on N_{SPT} values was further corrected using water saturation conditions derived from P-wave velocity (V_P) tomograms. At locations with very high liquefaction potential, liquefaction mitigation analysis was performed using the vibro stone column method, combined with prefabricated vertical drains (PVD).

The liquefaction potential analysis based on N_{SPT} values indicated that most investigation sites in the study area exhibit high or very high liquefaction potential. Liquefaction potential analysis based on V_S values at four investigation sites showed that three locations had liquefaction potential, while one location did not. The N_{SPT} -based analysis at the same four locations reached similar conclusions. However, the V_S -based analysis was more conservative than the N_{SPT} -based analysis. This is due to seismic refraction measurements being less sensitive to soil stiffness variability. The V_P tomogram analysis at three locations revealed partial saturation conditions. Partial saturation corrections applied to these locations resulted in an increase in corrected cyclic resistance ratio (CRR) by 4–257%, leading to an increase in the safety factor against liquefaction. Consequently, all soil layers in these locations were deemed non-liquefiable in analysis conducted with N_{SPT} values. Mitigation of liquefaction using vibro stone columns with a diameter of 0.80 m and a spacing of 1.40 m, combined with prefabricated vertical drain or wick drain, significantly reduced liquefaction potential at all investigation sites.

Keywords: Liquefaction, seismic refraction, partial saturation, vibro stone column, PVD