

Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo merupakan proyek strategis nasional yang mendukung ekonomi dan pariwisata. Tantangan yang dihadapi dalam pembangunan jalan tol ini adalah keberadaan Sesar Opak. Sesar tersebut merupakan sesar aktif yang dapat memicu bahaya turunan seperti likuefaksi. Fenomena likuefaksi sangat merugikan karena daya dukung tanah hilang akibat bentuk tanah padat yang berubah menyerupai cairan. Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi likuefaksi di sekitar Sesar Opak, namun belum melibatkan parameter tanah di lokasi yang ditinjau. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi parameter tanah yang rentan likuefaksi dan mengevaluasi faktor keamanannya, sekaligus mengetahui pengaruh *stone column* sebagai salah satu mitigasi likuefaksi.

Penelitian ini meninjau lokasi jalan tol yang dekat dengan Sesar Opak, yaitu Seksi 1.2 STA 22+475 – STA 29+000. Metode yang digunakan dalam tahap identifikasi adalah analisis gradasi dan indeks *properties* tanah, sedangkan dalam tahap evaluasi adalah *Simplified Procedure* dan *Liquefaction Potential Index*. Titik bor yang berpotensi likuefaksi dianalisis dampak permukaannya sehingga menjadi acuan dalam perhitungan *stone column*. Analisis numeris dilakukan untuk mengetahui pengaruh beban timbunan dan *stone column* terhadap perubahan tegangan dan tekanan air pori akibat gempa.

Hasil analisis menunjukkan 18 titik bor memiliki parameter tanah yang rentan likuefaksi, namun hanya 3 diantaranya yang memiliki faktor keamanan kurang dari 1. *PGA* yang digunakan dalam tahap evaluasi mengacu pada atenuasi Kanno yang hasilnya telah diuji berdasarkan hasil penelitian lainnya. Lokasi titik bor yang mengalami kerusakan terparah adalah BH-60 dengan penurunan tanah mencapai 0,21 meter. Pada titik bor tersebut, *stone column* berdiameter 1,2 meter dan jarak sumbu 2 meter mampu mengurangi penurunan tanah menjadi menjadi 0,01 meter. Pemodelan numeris menunjukkan tambahan beban timbunan meningkatkan ketahanan likuefaksi. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan pada BH-67 yang berbutir halus tinggi namun faktor keamanannya kurang dari 1. Pemilihan diameter dan jarak sumbu *stone column* juga dapat dikaji lebih lanjut terhadap analisis biaya, waktu, dan metode pelaksanaan.

**Kata kunci:** Jalan Tol, Sesar Opak, Likuefaksi, Atenuasi Kanno, *Stone Column*

## **ABSTRACT**

*The Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo Toll Road is a national strategic project that supports the economy and tourism. The challenge faced in the construction is the presence of the Opak Fault. This fault is an active fault that can trigger secondary hazards such as liquefaction. Liquefaction is a phenomenon that is highly detrimental as the soil loses its bearing capacity due to the transformation of solid soil into a liquid-like state. Several studies have indicated the potential for liquefaction around the Opak Fault, but they have not yet involved soil parameters at the specific location under consideration. This research aims to identify soil parameters vulnerable to liquefaction and evaluate their safety factors, while also assessing the impact of stone columns as a liquefaction mitigation measure.*

*The study focuses on the toll road location near the Opak Fault, specifically Section 1.2 from STA 22+475 to STA 29+000. The identification phase employs gradation analysis and soil properties index, while the evaluation phase utilizes the Simplified Procedure and Liquefaction Potential Index. Borehole points susceptible to liquefaction have their surface impacts analyzed as a reference in the calculation of stone columns. Numerical analysis is conducted to understand the influence of embankment loads and stone columns on changes in stress and pore water pressure during seismic events.*

*The results indicate that 18 borehole points have soil parameters vulnerable to liquefaction, with only 3 of them having safety factors less than 1. The PGA used in the evaluation phase refers to the Kanno attenuation, which has been tested based on other research findings. The location with the most severe damage is BH-60, experiencing a soil settlement of up to 0.21 meters. At this borehole point, a 1.2-meter diameter stone column with a 2-meter spacing is capable of reducing the soil settlement to 0.01 meters. Numerical modeling shows that additional embankment loads enhance liquefaction resistance. Further research can be conducted on BH-67, which has high-fineness soil but a safety factor less than 1. Additionally, the selection of stone column diameter and spacing can be further examined in terms of cost, time, and implementation methods.*

**Keywords:** Toll Road, Opak Fault, Liquefaction, Kanno Attenuation, Stone Column