

INTISARI

Likuefaksi merupakan fenomena hilangnya kekuatan dan kekakuan tanah akibat peningkatan tekanan air pori berlebih selama pembebanan gempa yang dapat memengaruhi perilaku fondasi tiang. Kedalaman tiang dan posisi *groundwater level* merupakan dua parameter yang berperan penting dalam menentukan respons fondasi pada kondisi tersebut. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi *groundwater level*, pengaruh variasi kedalaman tiang, serta mengevaluasi respons fondasi *bored pile* akibat kombinasi kedua parameter tersebut melalui pemodelan numerik.

Penelitian dilakukan menggunakan metode elemen hingga (*Finite Element Method*) pada perangkat lunak PLAXIS 2D dengan model konstitutif PM4Sand untuk lapisan pasir berpotensi likuefaksi dan HS Small untuk lapisan lempung. Variasi kedalaman tiang yang dianalisis adalah 17 m, 19 m, 21 m, dan 23 m, sedangkan variasi *groundwater level* meliputi kondisi DRY, GWL 0 m, GWL -3 m, dan GWL -6 m. Respons fondasi yang dievaluasi meliputi distribusi rasio tekanan air pori berlebih (ru), perpindahan lateral, perpindahan vertikal, gaya geser, momen lentur, dan gaya aksial. Pengaruh likuefaksi terhadap respons fondasi dianalisis menggunakan *Liquefaction Amplification Factor* (LAF), sedangkan evaluasi kondisi paling kritis dilakukan melalui metode *Normalized Score*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *groundwater level* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap respons fondasi. Kondisi dengan muka air tanah menghasilkan perpindahan lateral, gaya geser, dan momen lentur yang lebih besar dibandingkan kondisi DRY akibat penurunan tegangan efektif dan kekakuan tanah selama proses likuefaksi. Perpindahan lateral maksimum sebesar 505,99 mm terjadi pada kombinasi GWL -3 m dengan kedalaman tiang 17 m. Gaya geser maksimum sebesar 169,69 kN dan momen lentur maksimum sebesar 301,28 kNm diperoleh pada kombinasi GWL -3 m dengan kedalaman tiang 23 m. Sebaliknya, gaya aksial maksimum sebesar 1001,60 kN terjadi pada kondisi DRY dengan kedalaman tiang 23 m, sedangkan kondisi dengan muka air tanah menghasilkan gaya aksial yang lebih kecil akibat berkurangnya tahanan selimut selama likuefaksi. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan kedalaman tiang mampu mengurangi perpindahan lateral, tetapi cenderung meningkatkan gaya geser dan momen lentur akibat terbentuknya konsentrasi gaya dalam pada zona transisi antara lapisan tanah yang mengalami likuefaksi dan lapisan tanah yang tetap stabil. Evaluasi menggunakan *Normalized Score* menunjukkan bahwa kondisi paling kritis diperoleh pada kombinasi dengan skor agregat tertinggi, sehingga penilaian kinerja fondasi pada tanah terlikuefaksi perlu mempertimbangkan beberapa parameter respons secara bersamaan.

Kata kunci: likuefaksi, *bored pile*, *groundwater level*, kedalaman tiang, *finite element method*.

ABSTRACT

Liquefaction is a phenomenon in which soil loses its strength and stiffness due to the generation of excess pore water pressure during earthquake loading, significantly affecting pile foundation performance. Pile depth and groundwater level are two key parameters governing the behavior of pile foundations under liquefied soil conditions. This study aims to investigate the influence of groundwater level, evaluate the effect of pile depth, and assess the combined influence of these parameters on the response of bored pile foundations through numerical modeling.

A finite element analysis was performed using PLAXIS 2D with the PM4Sand constitutive model for liquefiable sand layers and the HS Small model for clay layers. Four pile depths (17 m, 19 m, 21 m, and 23 m) and four groundwater conditions (DRY, GWL 0 m, GWL -3 m, and GWL -6 m) were analyzed. The evaluated responses included excess pore water pressure ratio (r_u), lateral displacement, vertical displacement, shear force, bending moment, and axial force. The influence of liquefaction on pile response was quantified using the Liquefaction Amplification Factor (LAF), while the most critical condition was identified using the Normalized Score method.

The results indicate that groundwater level significantly affects bored pile behavior under liquefaction. Saturated conditions produced greater lateral displacement, shear force, and bending moment than the DRY condition due to the reduction in effective stress and soil stiffness during liquefaction. The maximum lateral displacement of 505.99 mm occurred under the GWL -3 m condition with a 17 m pile depth. The maximum shear force (169.69 kN) and bending moment (301.28 kNm) were obtained for the GWL -3 m condition with a 23 m pile depth. In contrast, the maximum axial force (1001.60 kN) occurred under the DRY condition with a 23 m pile depth, while groundwater conditions resulted in lower axial forces because liquefaction reduced shaft resistance. Increasing pile depth effectively reduced lateral displacement but tended to increase shear force and bending moment due to the concentration of internal forces at the interface between liquefied and non-liquefied soil layers. Furthermore, the Normalized Score evaluation demonstrated that the critical foundation condition should be assessed using multiple response parameters simultaneously rather than relying on a single response indicator.

Keywords: *liquefaction, bored pile, groundwater level, pile depth, finite element method.*