UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perilaku Fondasi Tiang akibat Likuefaksi: Variasi Groundwater Level dan Jarak Antartiang
Renhart Fongguart, Ir. Rozaqqa Noviandi, S.T., M.Agr., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Likuefaksi akibat aktivitas seismik dapat mereduksi kapasitas dukung tanah sehingga evaluasi pengaruh likuefaksi terhadap perilaku fondasi tiang menjadi aspek kritis dalam perencanaan infrastruktur geoteknik terutama di kawasan dengan muka air tanah dangkal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kedalaman muka air tanah dan jarak antartiang, serta kombinasi keduanya terhadap perilaku sistem fondasi tiang akibat likuefaksi. Penelitian dilakukan melalui pemodelan numerik berbasis *Finite Element Method* menggunakan perangkat lunak PLAXIS 2D dengan pendekatan *plane strain*. Lapisan pasir berpotensi likuefaksi dimodelkan dengan model konstitutif PM4Sand, sedangkan lapisan tanah non-likuefaksi dimodelkan dengan *Hardening Soil with Small-Strain Stiffness*. Beban gempa percepatan *time history* disesuaikan melalui *spectral matching* terhadap target desain SNI 1726:2019 pada lokasi penelitian Kairatu, Pulau Seram, Provinsi Maluku. Dua belas skenario simulasi disusun dari kombinasi empat variasi kedalaman muka air tanah (kering; 0 m; 3 m; dan 6 m) dengan tiga variasi jarak antartiang (1,5 m; 2,5 m; dan 3,2 m). Analisis data komparatif antarvariasi mencakup evaluasi rasio tekanan air pori berlebih, perpindahan lateral, perpindahan vertikal, gaya geser, momen lentur, dan gaya aksial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keberadaan muka air tanah meningkatkan perpindahan lateral, gaya geser, dan momen lentur dibandingkan kondisi tanpa muka air tanah dengan kondisi paling kritis ditemukan pada kombinasi kedalaman muka air tanah 3 m dengan jarak antartiang 2,5 m yang menghasilkan perpindahan lateral maksimum 340 mm, gaya geser 440 kN/m, dan momen lentur 280 kNm/m. Sebaliknya, keberadaan muka air tanah memperkecil perilaku vertikal akibat degradasi tahanan selimut dan gaya *uplift*. Berdasarkan distribusi gaya dalam sepanjang kedalaman, tiga zona kritis tiang teridentifikasi, yaitu zona kepala tiang, zona transisi kekakuan terlikuefaksi, dan zona ujung tiang. Interaksi kedalaman muka air tanah dan jarak antartiang tersebut menghasilkan pola perilaku yang kompleks dan tidak dapat dievaluasi secara independen sehingga perencanaan fondasi tiang di wilayah berpotensi likuefaksi harus mempertimbangkan kedua variabel tersebut secara terpadu.

Kata kunci: fondasi tiang; likuefaksi; kedalaman muka air tanah; jarak antartiang; *finite element method*

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Studi Numerik Perilaku Fondasi Tiang akibat Likuefaksi: Variasi Groundwater Level dan Jarak Antartiang
Renhart Fongguart, Ir. Rozaqqa Noviandi, S.T., M.Agr., Ph.D., IPM.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Seismically induced liquefaction can reduce soil bearing capacity, making the evaluation of its effect on pile foundation behavior critical for geotechnical infrastructure design, particularly in areas with shallow groundwater levels. This study analyzes the influence of groundwater level (GWL) depth and pile spacing variations, as well as their combined effect, on pile foundation system behavior under liquefaction. The study used numerical modeling based on the Finite Element Method in PLAXIS 2D with a plane strain approach. Liquefiable sand layers were modeled with the PM4Sand constitutive model, while non-liquefiable layers were modeled with Hardening Soil Small-Strain Stiffness. The acceleration time history seismic load was adjusted through spectral matching to the SNI 1726:2019 design target for the study site in Kairatu, Seram Island, Maluku Province. Twelve simulation scenarios were developed from combinations of four GWL depths (dry, 0 m, 3 m, and 6 m) with three pile spacings (1.5 m, 2.5 m, and 3.2 m). Comparative analysis covered excess pore pressure ratio, lateral and vertical displacement, shear force, bending moment, and axial force. Results show that groundwater presence increases lateral displacement, shear force, and bending moment compared to dry conditions, with the most critical condition occurring at 3 m GWL depth combined with 2.5 m spacing, producing a maximum lateral displacement of 340 mm, shear force of 440 kN/m, and bending moment of 280 kNm/m. Conversely, groundwater presence reduces vertical behavior due to skin friction degradation and uplift forces. Based on the distribution of internal forces along depth, three critical pile zones were identified: the pile head zone, the liquefied stiffness transition zone, and the pile tip zone. The interaction between GWL depth and pile spacing produces complex behavior patterns that cannot be evaluated independently, so pile foundation design in liquefaction-prone areas must consider both variables in an integrated manner.

Keywords: *pile foundation; liquefaction; groundwater level; pile spacing; finite element method*