

PENGARUH INDUKSI PANAS TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS TANAH LUNAK PADA ZONA RADIAL

Maraden Panjaitan¹, Lawalenna Samang², Achmad Bakri Muhiddin³, Tri Harianto⁴

¹Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 081346618727, email: maradenpanjaitan27@gmail.com

^{2,3,4}Dosen Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.

Jalan Perintis Kemerdekaan KM-10, Telp 081524159466,

email: samang.l@yahoo.com bakrie@hotmail.com triharianto@hotmail.com

Abstrak

Problem utama pembangunan infrastruktur pada tanah lempung lunak (soft soil) adalah daya dukung tanah dasarnya yang relatif. Metoda perbaikan yang tersedia adalah preloading dengan cara Prefabricated vertical drain, electro-osmosis, vacuum consolidation, lightweight fill, stone column, jet grouting, lime columns, fracture grouting, ground freezing, vitrification, electrokinetic treatment dan electroheating. Dalam metode penelitian ini dilakukan preloading dengan kombinasi heating. Lokasi Pengambilan sampel tanah lunak di Takalar-Sulawesi Selatan. Tujuan dari penelitian ini mendapatkan nilai hubungan kuat tekan bebas (unconfined compression test) dan korelasinya dengan temperatur dan beban pada tanah lunak. Selanjutnya mendapatkan nilai pengaruh kuat tekan bebas pada zona radial akibat diinduksi panas. Pada pengujian ini membuat variasi suhu mulai dari 100⁰ C, 200⁰ C, 300⁰ C, sampai dengan 400⁰ C dan dan beban 0,20 kg/cm. Sampel yang diuji UCT pada zona radial yang sudah dimodelkan dengan radius 10, 20 cm, 30 cm, 40 cm. Metode unconfined compression test (UCT) dengan temperatur 400⁰ menunjukkan hasil kuat tekan bebas pada radial Ro/center sebesar 0,467 kg/cm² dan pada R1 sebesar 0,250 kg/cm², R2 sebesar 0,155 kg/cm². Pada suhu 200⁰ C menunjukkan Ro/center sebesar 0,247 kg/cm² dan pada R1 sebesar 0,154 kg/cm², R2 sebesar 0,107 kg/cm². Hasil grafik tersebut kecenderungan pada titik tertentu akan sama pada temperatur dan radia yang berbeda. Pengujian pemodelan ini menghasilkan kuat tekan bebas yang dapat dipakai menjadi parameter model pondasi pada tanah lunak dan terapannya bisa dipakai pada pondasi.

Kata kunci: Tanah lunak, Zona radial, Induksi, Kuat tekan, Temperatur

Abstract

The main problem of infrastructure development in soft soil is the relative carrying capacity of the basic soil. The available repair methods are preloading by Prefabricated vertical drain, electro-osmosis, vacuum consolidation, lightweight fill, stone column, jet grouting, lime columns, fracture grouting, ground freezing, vitrification, electrokinetic treatment and electroheating. In this research method, preloading was done in combination with heating. Soft soil sampling location in Takalar-South Sulawesi. The purpose of this study was to obtain the value of free compressive strength (unconfined compression test) and its correlation with temperature and load on soft soil. Then get the value of free compressive strength in the radial zone due to heat induction. In this test variations in temperature ranging from 100⁰ C, 200⁰ C, 300⁰ C, up to 400⁰ C and and loads 0.20 kg / cm. Samples were tested for UCT in the radial zone that had been modeled with a radius of 10, 20 cm, 30 cm, 40 cm. The unconfined compression test (UCT) method with a temperature of 400⁰ shows the results of free compressive strength on the radial Ro / center is 0.467 kg / cm² and at R1 of 0.250 kg / cm², R2 of 0.155 kg / cm². At a temperature of 200⁰ C indicates a Ro / center is 0.247 kg / cm² and at R1 of 0.154 kg / cm², R2 is 0.107 kg / cm². The results of the graph tend to be the same at different temperatures and radia. This modeling test produces free compressive strength which can be used as a parameter for the foundation model on soft and applied soils that can be used on the foundation.

Keywords: Soft soil, Radial zone, Induction, Compressive strength, Temperature

PENDAHULUAN

Menanggulangi problema pembangunan infrastruktur pada tanah lempung lunak, terlebih tanah lunak menempati area sebesar 20 juta hektar atau sekitar sepuluh persen dari daratan Indonesia. Metoda perbaikan yang tersedia adalah preloading dengan cara Prefabricated vertical drain, electro-osmosis, vacuum consolidation, lightweight fill, stone column, jet grouting, lime

columns, fracture grouting, ground freezing, vitrification, electrokinetic treatment dan metode penelitian ini dengan cara induksi panas dengan kombinasi beban .

Pemanasan induksi (Induction heating) pada prinsipnya dapat dijelaskan dengan prinsip kerja transformator. Besarnya arus pada kumparan sekunder (I_2) ditentukan dari besarnya arus pada kumparan primer (I_1) dan perbandingan lilitan antara kumparan primer dan sekunder (N_1/N_2). Pada masa lalu, pemanas induksi menggunakan teknologi yang sederhana. Pada umumnya produk tersebut berdimensi yang besar dan mahal. Dengan berkembangnya teknologi elektronika daya, pemanas induksi dapat dibuat dengan dimensi yang kecil, compact, dan lebih murah^[4]. Prinsip pemanasan induksi secara sederhana yaitu ketika sebuah kumparan yang dialiri arus bolak-balik berada disekitar bahan konduktif, maka keduanya akan dihubungkan oleh medan magnet bolak-balik. Medan magnet ini akan menginduksikan arus listrik bolak-balik yang disebut arus *eddy* yang mengalir pada permukaan bahan konduktif dan kemudian akan memanaskan bahan konduktif tersebut^[7].

Konstruksi yang didirikan di atas tanah lunak seringkali mengalami penurunan karena pengaruh dari beban berat beban konstruksi itu sendiri. Metode konstruksi untuk mengatasi masalah pembangunan di atas tanah lunak yaitu dengan menggunakan pondasi cerucuk sebagai material loka yang melimpah. Pondasi Cerucuk adalah pondasi yang didesain untuk membangun diatas kondisi tanah yang kurang daya dukung dan kurang stabil dimana elevasi muka air tanah yang cukup tinggi. Pondasi Cerucuk dari kayu diameter 8 -15 sentimeter, dipasang dengan vertikal dan miring. Pondasi ini sebenarnya memiliki konsep yang sama dengan pondasi pancang, dimana pilar-pilar harus ditancapkan ke dalam tanah untuk memberikan daya dukung tanah dan sebelum dilakukan pemasangan pondasi biasanya dilakukan pengukuran tekanan air tanah menggunakan alat Piezometer. ^[8].

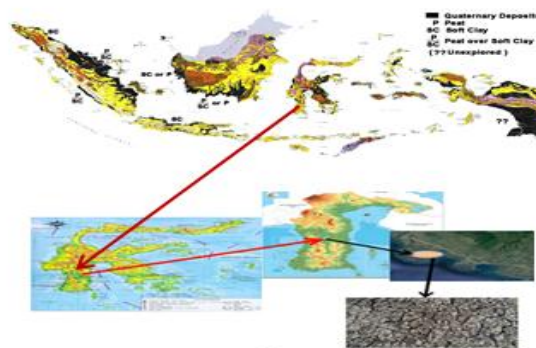
Pembebanan dapat mempengaruhi penurunan konsolidasi pada tanah lunak. Karakteristik penurunan akibat preloading, selanjutnya akan dilakukan beban statis dan induksi panas dari tiang tembaga yang di induksi thermal dengan bantuan tenaga listrik. Metode unconfined compression test untuk menganalisis kuat tekan bebas dimana sudut geser dalam (ϕ) = 0 dan tidak ada tegangan sel ($\sigma_3=0$), jadi yang ada hanya beban vertikal (σ_1) menyebabkan tanah menjadi retak dibagi satuan luas yang dikoreksi (A) Compression Strength (q_u) ^[5].

Tujuan dari penelitian ini karena lemahnya daya dukung tanah lunak, maka dengan pengaruh heating induction memberi nilai tambah daya dukung. Kombinasi heating induction dan preloading beban statis salah satu solusi perbaikan mengatasi tanah lunak, mengacu pada luasnya tanah lunak di Indonesia yang berpotensi dipakai sarana dan prasarana infrastuktur^[12].

PROGRAM PENGUJIAN

Lokasi sampel tanah lunak

Lokasi objek sampel penelitian terletak di kabupaten Takalar provinsi Sulawesi selatan dengan koordinat $-5^{\circ}26'54.79''S$ $119^{\circ}82'85.71''E$



Gambar 1. Lokasi objek sampel penelitian

Pengujian dilakukan di laboratorium riset geoteknik dan lingkungan universitas Hasanuddin Makassar.

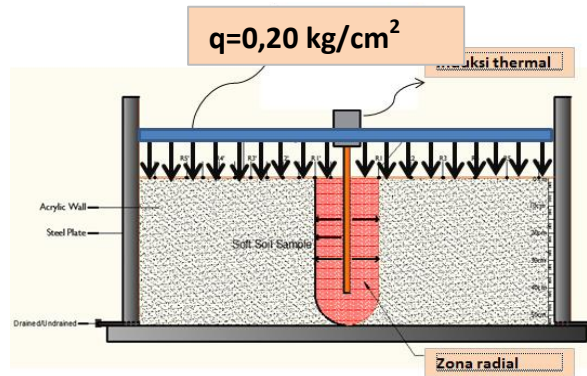
Rekonstitusi dan pembebanan

Penyiapan sampel rekonstitusi dan preloading dilakukan sebelum tahapan induksi thermal dengan beban $0,20 \text{ kg/cm}^2$. Proses rekonstitusi. Pengambilan sampel pada kedalaman 1 meter setara beban kompresi dengan $0,16 \text{ kg/cm}^2$ hingga mencapai t_{90} atau konsolidasi mendekati 90%.

Model uji induksi panas pada tanah lunak

Hukum konduksi panas disebut juga Hukum Fourier, menyatakan bahwa tingkat (rate) perpindahan panas melalui sebuah material adalah berbanding lurus dengan gradien negatif pada suhu dan luas, pada sudut siku pada gradien tersebut, melalui dimana panas mengalir. Pemodelan tanah lunak pada bak uji dimensi $50 \times 70 \times 150 \text{ cm}$ kondisi undrained pasca rekonstitusi. Batang logam induksi thermal panjang 40 cm dengan regulator suhu sampai 400° C . Pengambilan sampel unconfined compression strength (UCS) tanah lunak dilakukan pada zona radial $R(\text{cm})$.

a. Model pembebanan

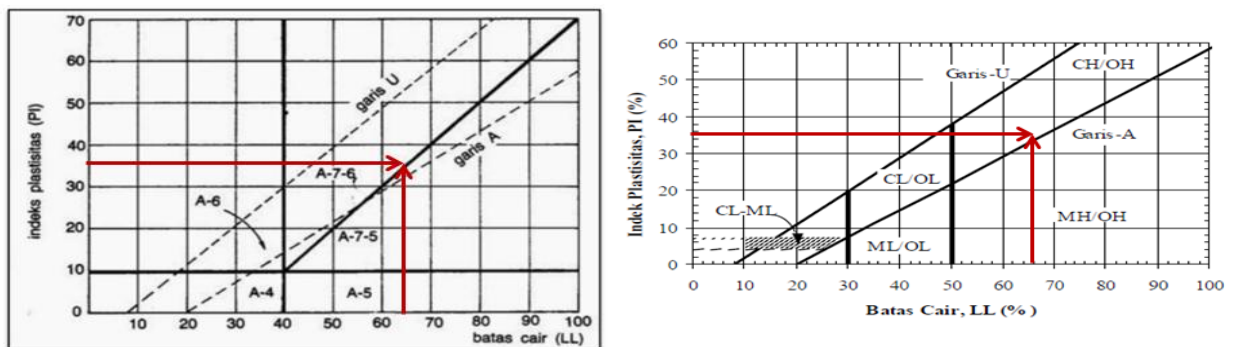


Gambar 2. Model pembebanan dengan induksi thermal dan zona radial tanah lunak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik tanah lunak dan klasifikasinya

Hasil penelitian didapatkan bahwa jenis tanah adalah lanau dengan sifat properties fisis dan mekanis dengan klasifikasi tanah berdasarkan Unified Soil Classification System (USCS) adalah CH dan berdasarkan American Association of state Highway and Transportation Officials (AASHTO) adalah A-7-5 sebagaimana pada gambar 3.



Gambar 3. Klasifikasi tanah metode USCS dan AASTHO

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh data karakteristik fisik, sifat index tanah ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji index propertis tanah

Jenis parameter	Nilai	Standarisasi pengujian
1. Volumetrik Parameter		ASTM D 854-02
- Specific Gravity	2,71	
- Kadar air, w(%)	73,55	
- Berat isi, γ (kg/cm ³)	1,66	
2. Gradasi Tanah		ASTM D 422
- Lempung, (%)	50,42	
- Lanau, (%)	41,37	
- Pasir, (%)	8,21	
- Gravel, (%)	0,00	
2. Atterberg Limit		ASTM D 4318
- Liquid Limit, LL(%)	69,90	
- Plastic Limit, PL(%)	33,30	
- Plasticity Index, PI(%)	36,60	

Unconfined compression strength test

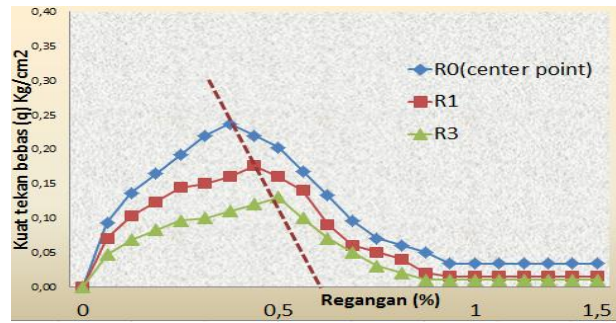
Setiap material apabila dikenai beban maka akan mengalami perubahan bentuk (deformasi). Gaya atau tekanan per satuan luas disebut stress, (σ). Selain stress, perubahan bentuk dalam hal ini perubahan dalam panjang, (Δl) dibanding dengan panjang semula, (l) disebut strain, (ϵ). Untuk tingkat tegangan yang lemah plot antara stress vs strain akan membentuk suatu garis lurus seperti yang terjadi pada material logam yang merupakan jenis material linear elastis.

Nilai daya dukung (q_u) pada pengujian kuat tekan bebas tersebut didapat dari grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Nilai q_u tersebut didapat dengan cara dilihat hasil nilai optimum dari grafik hubungan antara regangan dan tegangan, lalu garis yang paling optimum tersebut ditarik lurus arah horizontal menuju ke sumbu y yaitu tegangan maka didapat nilai q_u pada pengujian kuat tekan bebas.

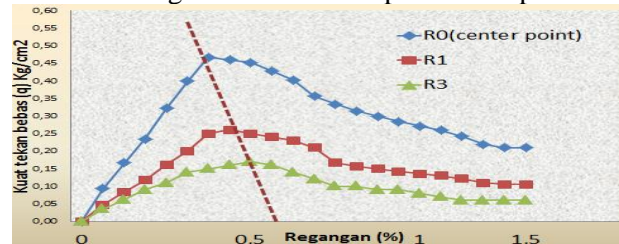


Gambar 4. Model uji UCT hasil temperatur 200⁰C

Mendapatkan nilai kuat geser dan daya dukung dari inklusi induksi thermal sangat ditentukan oleh kadar air pada smear zone yang diamati pada arah radial.



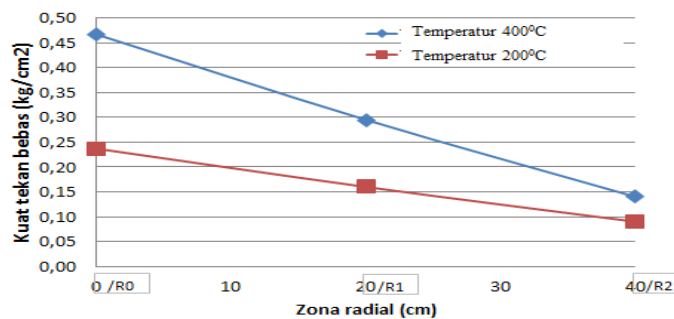
Gambar 5. Grafik Hubungan UCT dan temperatur temperatur 200 arah radial



Gambar 6. Grafik Hubungan UCT dan temperatur temperatur 400 arah radial

Nilai optimum kuat tekan bebas pengaruh temperatur arah radial

Konduksi panas di tanah menyebabkan perpindahan kelembaban, peningkatan suhu, dan kemudian perubahan kondisi air, yang juga mempengaruhi induksi panas secara terbalik. Pengujian adalah proses termal-hidro yang digabungkan dalam tanah. Perilaku tanah dibawah beban umumnya bersifat non-linier. Perilaku ini dapat dimodelkan dengan berbagai persamaan, yaitu model Mohr coulomb, Hardening soil model, Soft soil model, dan Soft soil creep model.



Gambar 7. Kuat tekan bebas optimum temperatur 200⁰ C dan 400⁰ C arah radial

Nilai kuat tekan bebas optimum dan rasio kekuatan menunjukkan kecenderungan menurun seperti gambar 5 menunjukkan nilai titik temu pada jarak radial tertentu sesuai dengan variasi temperatur.

Tabel 2. Hasil kuat tekan bebas optimum dan rasio pada suhu 200⁰C dan 400⁰ C

Jarak radial R(cm)	Nilai kuat tekan bebas (kg/cm ²)		Rasio Kekuatan	
	200 ⁰ C	400 ⁰ C	qul.	Q ₀ .
5	0,247	0,467	2,6	4,9
20	0,154	0,250	1,6	2,6
40	0,107	0,155	1,1	1,6

KESIMPULAN

Percobaan unconfined compression test dengan kombinasi induksi thermal dan beban ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian tergolong dalam tanah jenis lempung atau kategori CH, dimana perubahan kadar air sangat menentukan kuat tekan
2. Kuat tekan bebas optimum menunjukkan kecenderungan nilai titik temu pada jarak radial menurun sesuai dengan variasi temperatur.
3. Kuat tekan bebas mencapai sebesar $0,467 \text{ kg/cm}^2$ pada suhu 400 derajat celsius dari yang semula temperatur 100 derajat C hanya mencapai kuat tekan bebas $0,11 \text{ kg/cm}^2$
4. Rasio kekuatan kuat tekan bebas pada temperatur 200°C paling tinggi 2,6 dan temperatur 400°C paling tinggi 4,9
5. Dalam penelitian ini berlaku Poisson Ratio, dimana tanah mengalami regangan pada arah lateral (pertambahan luas) dan regangan pada arah aksial.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuel-Naga, H.M., Bergado, D.T., Bouazza, A., Pender, M.J., 2017. Thermal conductivity of soft Bangkok clay from laboratory and field measurements. *Eng. Geol.* 105, 211–219.
- Bai, Bing, Chen, X., 2011. Test apparatus for preloading thermal consolidation of saturated soils and its application. *Chin. J. Geotech. Eng.* 33 (6), 896–900 (in Chinese).
- Bai, Bing, Su, Zhongqin, 2012. Thermal responses of saturated silty clay during repeated heating-cooling processes. *Transp. Porous Media* 93 (1), 1–11.
- Baldi, G., Hueckel, T., Pellegrini, R., 1988. Thermal volume change of mineral water systems in low porosity clay soils. *Can. Geotech. J.* 25 (4), 807–825.
- Campanella, R.G., Mitchell, J.K., 1968. Influence of temperature variations on soil behavior. *J. Soil Mech. Found. Div.* 94 (3), 709–734.
- Cekerevac, C., Laloui, L., Vulliet, L., 2005. A novel triaxial apparatus for thermo-mechanical testing of soils. *Geotech. Test. J.* 28 (2), 161–170
- Cui, Y.J., Lu, Y.F., Delage, P., 2005. Field simulation of in situ water content and temperature changes due to ground-atmospheric interactions. *Geotechnique* 55 (7), 557–567.
- Delage, P., Sultan, N., Cui, Y.J., 2000. On the thermal consolidation of Boom clay. *Can. Geotech. J.* 37 (4), 343–354.
- Francois, B., Laloui, L., Laurent, C., 2009. Thermo-hydro-mechanical simulation of ATLAS in situ large scale test in Boom clay. *Comput. Geotech.* 36, 626–640.
- Ghabezloo, S., Sulem, J., 2010. Temperature induced pore fluid pressurization in geomaterials. *Ital. Geotech. J.* 1, 29–43.
- Graham, J., Tanaka, N., Crilly, T., Alfaro, M., 2011. Modified Cam-clay modelling of temperature effects in clays. *Can. Geotech. J.* 38 (3), 608–621.
- Hasriana, Lawalenna Samang, Tri Haryanto, M. Natsir Djide, 2018 Bearing capacity improvement of soft soil subgrade layer with Bio Stabilized Bacillus Subtilis, Hasanuddin University, Department of Civil Engineering, Makassar, Indonesia