

Analisa Perencanaan Fondasi Tiang Pancang pada Bangunan Tinggi di Tanah Lempung Proyek Toserba Yoga Kota Baru Parahyangan

Olivia Aziza Balqis¹, Erna Septiandini², Irika Widiasanti³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

e-mail: Oliviaazizabalqis_1506520029@mhs.unj.ac.id¹,
eseptiandini@unj.ac.id², Irika@unj.ac.id³

Abstrak

Tanah lempung sering kali menjadi tantangan dalam perencanaan dan konstruksi bangunan tinggi. Artikel ini menyajikan hasil analisis kinerja struktural sebuah bangunan tinggi yang terletak di daerah dengan tanah lempung yang signifikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi respons struktural bangunan terhadap beban vertikal dan lateral yang berhubungan dengan kondisi tanah lempung. Metodologi penelitian melibatkan survei geoteknikal yang mendalam untuk karakterisasi tanah lempung di lokasi proyek. Data geoteknikal ini digunakan sebagai dasar untuk menganalisis pembebanan struktural pada bangunan. Analisis struktural dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulasi struktural terkini yang memperhitungkan efek-efek nonlinier. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah lempung memiliki pengaruh signifikan terhadap respons struktural bangunan. Pada beban vertikal, penurunan dan deformasi tanah lempung mengakibatkan pergeseran pada struktur. Pada beban lateral, kemampuan tanah lempung untuk mentransfer gaya geser menjadi faktor penting dalam mencegah pergerakan yang berlebihan. Studi ini juga mencakup analisis alternatif untuk perbaikan struktural, seperti penggunaan pondasi dalam yang lebih dalam atau teknik perkuatan tanah. Hasil dari analisis ini memberikan wawasan yang berharga bagi insinyur struktural dalam merancang bangunan tinggi pada tanah lempung.

Kata Kunci : *Tiang Pancang, Geoteknikal, Nonliner, Deformasi, Tanah Lempung*

Abstract

Clay soils often pose a challenge in the planning and construction of tall buildings. This article presents the results of a structural performance analysis of a tall building located in an area with significant clay soils. The objective of this study was to evaluate the structural response of the building to vertical and lateral loads associated with clay soil conditions. The research methodology involved an in-depth geotechnical survey to characterize the clay soils at the project site. This geotechnical data was used as the basis for analyzing the structural

loading of the building. The structural analysis was carried out using the latest structural simulation software that takes into account nonlinear effects. The analysis results show that the clay soil has a significant influence on the structural response of the building. Under vertical loads, settlement and deformation of clay soils result in displacement of the structure. Under lateral loads, the ability of clay soils to transfer shear forces is an important factor in preventing excessive movement. The study also includes an analysis of alternatives for structural repairs, such as the use of deeper foundations or soil reinforcement techniques. The results of this analysis provide valuable insights for structural engineers in designing tall buildings on clay soil.

Keywords : *Pile Foundation, Geotechnical, Nonlinear, Deformation, Clay Soil*

PENDAHULUAN

Bangunan-bangunan tinggi telah menjadi ciri khas dalam perkembangan perkotaan modern di seluruh dunia. Mereka menyediakan solusi bagi peningkatan kepadatan penduduk dan kebutuhan ruang, tetapi pada saat yang sama, mereka juga menghadapi tantangan unik dalam hal kestabilan struktural. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kestabilan struktur bangunan tinggi adalah karakteristik tanah di mana bangunan tersebut didirikan. Tanah lempung, dengan sifat-sifat konsolidasi dan deformasi yang khas, merupakan salah satu jenis tanah yang sering ditemui di berbagai lokasi.

Tanah lempung memiliki karakteristik yang unik, termasuk kemampuannya untuk mengalami perubahan volume yang signifikan seiring waktu akibat beban dan faktor-faktor lingkungan. Bangunan tinggi yang berdiri di atas tanah lempung dapat mengalami permasalahan yang berkaitan dengan penurunan tanah (settlement), keretakan struktur, dan bahkan potensi kegagalan struktural jika tidak direncanakan dan dikelola dengan baik.

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah menganalisis perilaku tanah lempung di bawah beban bangunan tinggi dengan menggunakan metode pemodelan numerik. Penyelidikan tanah dilakukan pada proyek Toserba Yogya yang berlokasi di Kota Baru Parahyangan guna memberikan informasi tentang kondisi tanah di lokasi tersebut kepada pihak-pihak yang berkepentingan dan konsultan agar analisa yang dilakukan dapat dilakukan secara menyeluruh, akurat dan ekonomis.

Pengetahuan yang dihasilkan dari penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih baik bagi para insinyur struktural, perencana kota, dan pemilik bangunan tentang bagaimana mengatasi tantangan kestabilan yang berkaitan dengan tanah lempung. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan pedoman dan praktik terbaik dalam perencanaan dan desain bangunan tinggi di lingkungan dengan tanah lempung.

Dalam artikel ini, akan mempresentasikan metodologi penelitian, hasil analisis, serta implikasi temuan terhadap perancangan dan konstruksi bangunan tinggi pada tanah lempung.

METODE

Dalam laporan ini, pekerjaan yang telah dilakukan adalah pekerjaan geoteknik lapangan dan laboratorium yaitu:

Uji Geoteknik Lapangan

Pekerjaan geoteknik lapangan meliputi :

- Drilling / Bor Dalam
- SPT (Standard Penetration Test)
- UDS (Undisturbed Sample)
- CPT (Sondir Mekanis)

Tabel Standar pengujian geoteknik lapangan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Standar pengujian geoteknik lapangan

Jenis Pekerjaan	Standar	Tujuan
Drilling (Bor Dalam)	ASTM D-1452-80	Mengetahui jenis dan struktur tanah secara visual
Pengujian SPT	ASTM D-1586-67	Mengetahui kekuatan tanah dengan menghitung jumlah tumbukan dari standar hammer
Pengambilan contoh tanah tidak terganggu (UDS)	ASTM D-1587-83	Keperluan pengujian di laboratorium
CPT (Sondir Mekanis)	ASTM D-3441-79	Mengetahui tingkat perlawanan tanah terhadap tekanan konus dan lekatan total

Uji Laboratorium

Pekerjaan laboratorium meliputi :

- Natural Moisture Content
- Bulk Density
- Specific Gravity
- Grain Size Analysis
- Atterberg Limits
- Triaxial UU Test
- One Dimensional Consolidation Test

Tabel Standar pengujian laboratorium dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Standar Pengujian Laboratorium

Jenis Pekerjaan	Standar	Tujuan
Natural Water Content	ASTM D-2216-90	Mengetahui kondisi kelembaban contoh tanah asli
Bulk Density	ASTM C-29	Mengetahui berat satuan per

Specific Gravity	ASTM D-854-91	Mengetahui berat jenis contoh tanah (Gs)
Grain Size Analysis	ASTM D-422-63 (90) ASTM D-1140-54 (90)	Mengetahui distribusi ukuran dan susunan butir tanah
Atterberg Limits (LL & PL & SL)	ASTM D-4318-84	Menentukan batas plastis, batas cair, dan batas susut, dipakai untuk klasifikasi tanah berbutir halus
Triaxial UU Test	ASTM D-2850-87	Mendapatkan sudut perlawanan geser dalam dan kohesi tanah
One Dimensional Consolidation Test	ASTM D-2435-91	Mengetahui sifat dan perilaku pemampatan tanah di bawah tahanan kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pekerjaan yang telah dilakukan di lapangan dan laboratorium dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Lingkup Pekerjaan

Jenis Pekerjaan	Jumlah
Pekerjaan Geoteknik Lapangan :	
• Drilling (bor dalam) – 1 titik	30 m
• SPT interval 2.0 m	15 buah
• Undisturbed Sampel	2 buah
• CPT (sondir mekanis)	5 titik
Pekerjaan Laboratorium :	
• Natural Moisture Content	2 Uji
• Bulk Density	2 Uji
• Specific Gravity	2 Uji
• Grain Size Analysis	2 Uji
• Triaxial UU Test	2 Uji
• One Dimensional Consolidation	2 Uji

Karakteristik Tanah

Uji laboratorium dilakukan terhadap contoh tanah tidak terganggu (UDS). Tabel 4 memperlihatkan jenis pengujian yang telah dilakukan pada contoh tanah tidak terganggu. Sedangkan resume hasil uji di laboratorium terdapat pada lampiran.

Tabel 4. Jenis Pengujian yang Dilakukan pada Setiap Sampel

Bor no.	Kedalaman	Jenis Pengujian				Consolidation
		Index Properties	Atterberg Limits	Grain Size	Triaxial UU	
BH – 01	2.50 – 3.00	√	√	√	√	√
	4.50 – 5.00	√	√	√	√	√

Drilling (Bor Dalam)

Pemboran dilakukan pada 1 (satu) lokasi uji dengan uji SPT sebanyak 15 (lima belas) buah. Pemboran dilakukan dengan cara kering (coring) untuk mendapatkan inti pemboran dan mengurangi gangguan pada tanah. Pada saat pemboran juga dilakukan uji SPT dan pengambilan sampel. Gambaran umum profil tanah dan SPT terdapat pada Tabel 3.

Standar Penetration Test (SPT)

Pelaksanaan SPT pertama kali dimulai pada kedalaman -1.00 m. Pendataan nilai SPT ke-2 dan selanjutnya dilakukan setiap interval 2.0 m.

Data – data 1 (satu) Unit SPT

- Tabung SPT mempunyai ukuran OD 2 inch, ID 1 3/8 inch, panjang 24 inch split spoon sampler type.
- Hammer yang dipakai untuk melakukan penumpukan berat 140 lbs (63.5 kg), tinggi jatuh bebas hammer adalah 30 inch (75 cm), sesuai standard ASTM D 1586.
- Sebelum SPT dimulai, casing diturunkan sampai dasar lubang pengambilan undisturbed sample. Lubang kemudian dibersihkan dari sisa pengeboran dan tanah yang ada di dasar lubang.
- Perhitungan dilakukan sebagai berikut:
 - Tabung SPT diposisikan ke dalam dasar lubang bor.
 - Untuk setiap interval 15 cm dilakukan perhitungan jumlah pukulan untuk memasukan tabung ke dalam tanah sampai dicapai (3 x 15) cm. Nilai SPT berupa jumlah pukulan yang diperlukan untuk penurunan 30 cm terakhir.

Tabel 5. Deskripsi Tanah Hasil Bor Dalam

Bore Hole	Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	NSPT (blows/30 cm)
BH – 01	0.00 – 1.00	Clayey silt, homogeneous, reddish brown, low plasticity, moist	-
	1.00 – 5.70	Silty clay, homogeneous, brown, medium consistency, medium plasticity, moist	4
	5.70 – 12.00	Clayey silt, with some sand, light brown, stiff consistency, low plasticity, moist	10 – 16
	12.00 –	Silty sand, homogeneous, dark grey, medium	10

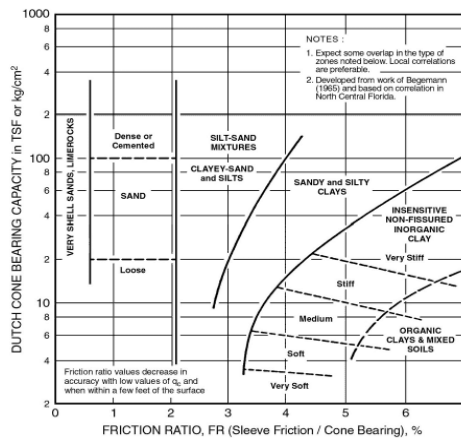
14.00	dense density, moist	
14.00 – 21.00	Clayey silt, homogeneous, dark grey, stiff consistency, low plasticity, moist	10 – 16
21.00 – 23.00	Silty sand, homogeneous, dark grey, dense density, moist	37
23.00 – 24.00	Clayey silt, with some sand, dark grey, very stiff consistency, low plasticity, moist	26
24.00 – 26.00	Clayey silt, homogeneous, dark grey, stiff consistency, low plasticity, moist	14
26.00 – 27.80	Clayey silt, with some sand, dark brown, very stiff consistency, low plasticity, moist	21
27.80 – 28.50	Clayey silt, with some sand, dark brown, weak to moderate cementation, moist	-
28.50 -30.00	Clayey silt, with some sand, dark brown, hard consistency, low plasticity, moist	43

Dutch Cone Penetration Test

Dutch Cone Penetration Test atau sondir mekanis dilakukan pada 5 (lima) titik pengujian dengan menggunakan alat dengan kapasitas maksimum 2.5 ton. Penetrasi maksimum pada masing-masing titik sondir tercantum pada Tabel 4

Tabel 6. Resume Hasil Sondir

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Qc (kg/cm ²)
S – 01	11.60	250
S – 02	7.40	175
S – 03	11.60	180
S – 04	21.40	250
S – 05	12.00	250



Gambar 1. Klasifikasi tanah berdasarkan Schmertmann,1978

Perkiraan profil tanah berdasarkan klasifikasi oleh Schmertmann,1978 (Gambar 1) berdasarkan hasil uji sondir terdapat pada Tabel 5.

Titik Sondir	Kedalaman (m)	Perkiraan Jenis Tanah menurut Schmertmann (1978)	Tahanan Ujung Sondir, qc (kg/cm²)
S-01	0.00 – 2.40	Lempung kelanauan, lunak – sedang	9 – 19
	2.40 – 6.00	Lempung kelanauan, sedang – sangat teguh	18 – 45
	6.00 – 9.20	Lanau kelempungan, sangat teguh – keras	40 – 165
	9.20 – 10.60	Pasir, sedang	45 – 95
	10.60 – 11.60	Pasir kelanauan, sedang – sangat padat	75 - 250
S-02	0.00 – 5.20	Lempung kelanauan, lunak – teguh	5 – 30
	5.20 – 7.00	Lempung kelanauan, teguh – keras	25 – 78
	7.00 – 7.40	Pasir kelanauan, sedang – padat	100 - 175
S-03	0.00 – 1.20	Lempung, lunak – sedang	5 – 12
	1.20 – 6.20	Lempung, sedang – sangat teguh Lempung kelanauan, teguh – keras	15 – 45
	6.20 – 11.20		35 – 110
	11.20 – 11.60	Pasir kelanauan, padat	125 - 180
S-04	0.00 – 6.40	Lempung, lunak – teguh	4 – 30
	6.40 – 8.40	Lempung kelanauan, sedang – sangat teguh	11 – 55
	8.40 – 15.00	Lempung kelanauan, sangat teguh	35 – 105

	15.00 – 17.20	– keras Lempung, sedang – teguh	18 – 30
	17.20 – 21.40	Lempung kelanauan, teguh – sangat teguh	25 – 50
	21.40	Tanah keras	250
	0.00 – 5.60	Lempung, lunak – teguh	5 – 30
	5.60 – 6.60	Lempung kelanauan, sangat teguh	32 – 45
	6.60 – 6.80		
S-05	6.80 – 9.00	Pasir, padat Lempung, teguh – sangat teguh	180 25 – 60
	9.00 – 11.40	Lanau kelempungan, sangat teguh – keras	35 – 105
	11.40 – 12.00	Pasir, sedang – sangat padat	95 - 250

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada area proyek Toserba Yogya di Kota Baru Parahyangan diketahui bahwa lapisan permukaan hingga kedalaman 12 meter didominasi oleh lempung kelanauan hingga lanau kelempungan dengan konsistensi sedang hingga teguh. Lapisan dibawahnya merupakan lapisan pasir kelanauan dengan kepadatan sedang hingga kedalaman 14 meter. Lapisan berikutnya adalah lanau kempungan dengan konsistensi teguh hingga kedalaman 21 meter. Pada kedalaman 21 – 23 meter ditemukan lapisan pasir kelanauan padat. Lapisan berikutnya hingga akhir pengujian adalah lapisan lanau kelempungan dengan sedikit pasir dengan konsistensi padat hingga keras.

DAFTAR PUSTAKA

- Hilmi, M. Erizal. dan Febrita, J.(2021.) “Analisis Kinerja Struktur pada Bangunan Bertingkat dengan Metode Analisis Respon Spektrum Berdasarkan SNI 1726:2019 . JURNAL TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN| EISSN:25491407,Vol.06 143.
- Rahardjo, Paulus. 2022. Laporan Faktual Pengujian Lapangan Toserba Yogya – Kota Baru Parahyangan. Bandung