

11517

by Author Jts

Submission date: 21-Mar-2025 03:48PM (UTC+0700)

Submission ID: 2620891856

File name: 11517-Article_Text-43152-1-2-20250321_1.docx (169.7K)

Word count: 2952

Character count: 18521

Kajian Perilaku Penurunan Bangunan Tinggi: Studi Kasus dan Analisis

Hanny Juliany Dani ^{[1]*},

^{[1]*} Program Sarjana Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 40164, Indonesia

^[2]
Email: hanny.jd@eng.maranatha.edu*

*) Correspondent Author

15

Received: XX MONTH 20XX; Revised: XX MONTH 20XX; Accepted: XX MONTH 20XX (FILLED BY EDITOR)

How to cited this article:

First author, Second Author, (2022). Judul Artikel. Jurnal Teknik Sipil, 1X(X), XX-XX.

<https://doi.org/10.28932/jts.vXXiXX.XXXX>

ABSTRAK

Masalah utama dalam konstruksi bangunan gedung tinggi adalah penurunan. Perilaku penurunan sangat tergantung dari lapisan tanah yang ada di bawahnya. Penelitian ini menganalisis kurva penurunan-beban dan kurva penurunan-waktu pada berbagai bangunan tinggi yang ada di berbagai lokasi. Data geoteknik dan desain fondasi dikumpulkan dari Surabaya dan Jakarta. Analisis teoritis menggunakan persamaan Poulos and Davis (1980), sedangkan simulasi FEM dilakukan dengan MIDAS GTS. Validasi dilakukan melalui perbandingan hasil prediksi dengan data hasil pengukuran di lapangan. Lokasi kasus di Surabaya, penurunan aktual (3,5 cm) lebih kecil dari prediksi teoritis (13 cm) dan FEM (15 cm) diduga akibat efek heave tanah ekspansif sedangkan kasus di Jakarta, FEM akurat memprediksi penurunan (deviasi $\leq 10\%$). Pemilihan fondasi merupakan salah satu faktor yang penting. Untuk tanah yang memiliki kekakuan tinggi, penggunaan fondasi rakit untuk bangunan tinggi dapat direkomendasikan. Pada tanah *overconsolidated clay*, penurunan yang paling besar terjadi adalah penurunan sampai dengan akhir masa konstruksi (*initial settlement*). Penurunan yang terjadi bisa mencapai sekitar 40 – 70% dari penurunan total, bahkan ada yang mencapai 90%.

Kata kunci: Bangunan Tinggi, *Normally Consolidated Clay*, *Overconsolidated Clay*, Penurunan

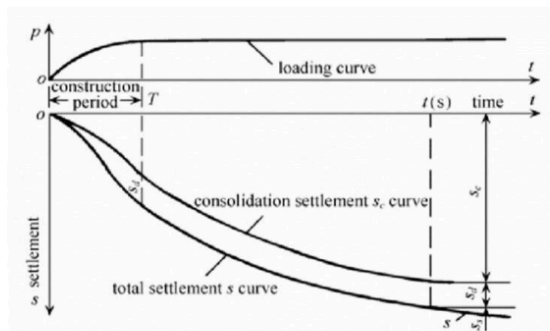
ABSTRACT. Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis.

The main problem in the construction of high-rise buildings is the settlement. The behavior of the subsidence is highly dependent on the soil layer that exists underneath. This study analyzed the load-drop curve and the time-drop curve in various high-rise buildings in various locations. Geotechnical data and foundation design were collected from Surabaya and Jakarta. The theoretical analysis used the equation of Poulos and Davis (1980), while the FEM simulation was carried out with MIDAS GTS. Validation is carried out by comparing prediction results with measurement data in the field. In the case location in Surabaya, the actual decrease (3.5 cm) was smaller than the theoretical prediction (13 cm) and FEM (15 cm) was suspected to be due to the expansive soil heave effect while in the case of Jakarta, FEM accurately predicted the decrease (deviation $\leq 10\%$). The choice of foundation is one of the important factors. For high-density soils, the use of raft foundations for high-rise buildings can be recommended. In *overconsolidated clay soil*, the largest decline occurred was the decline until the end of the construction period (*initial settlement*). The decline that occurs can reach around 40-70% of the total decline, some even reach 90%.

Keywords: Tall Building, *Normally Consolidated Clay*, *Overconsolidated Clay*, Settlement

1. PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi bangunan tinggi (≥ 100 m) meningkat pesat secara global, termasuk di Indonesia. Menurut data *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH), pada 2020 terdapat 198 bangunan *super-tall* (≥ 300 m), meningkat dari 15 pada 1995 (11). Fenomena ini memicu tantangan geoteknik, terutama terkait penurunan (*settlement*) dan perbedaan penurunan (*differential settlement*). Penurunan total pada bangunan tinggi umumnya terdiri dari tiga komponen: penurunan segera (*immediate*), konsolidasi primer, dan sekunder (19). Secara fundamental, penurunan total fondasi pada tanah jenuh terdiri dari tiga komponen utama, yaitu penurunan segera (*initial settlement*), penurunan konsolidasi primer (S_c), dan penurunan konsolidasi sekunder (S_s). Penurunan segera terjadi karena deformasi elastis tanah yang diakibatkan oleh penerapan beban, sedangkan penurunan konsolidasi primer terjadi akibat aliran air pori dari zona tertekan yang menyebabkan pengurangan volume tanah. Penurunan konsolidasi sekunder, meskipun seringkali lebih kecil nilainya, merupakan fenomena *creep* yang terjadi setelah tekanan pori mencapai kondisi stabil, seperti pada gambar 1. Persoalan ini semakin kompleks pada tanah lunak seperti Chicago Clay atau tanah ekspansif di Surabaya, di mana interaksi fondasi-tanah-struktur memengaruhi kinerja jangka panjang.



Gambar 1. Kuva Komponen Penurunan Total (Chen, 2011)

Studi ini bertujuan menganalisis kurva penurunan-beban pada berbagai jenis fondasi (rakit, tiang, dan tiang-rakit) di lapisan tanah berbeda, serta membandingkan hasil prediksi teoritis dengan data lapangan. Kajian melibatkan tujuh studi kasus global, termasuk Monadnock Block di Chicago, BfG-Trianon di Frankfurt, dan Equity Tower di Jakarta. Pemahaman mendalam tentang mekanisme penurunan dan validasi model numerik menjadi kunci untuk optimasi desain fondasi.

Studi ini bertujuan menganalisis kurva penurunan-beban pada berbagai jenis fondasi (rakit, tiang, dan tiang-rakit) di lapisan tanah berbeda, serta membandingkan hasil prediksi teoritis dengan data lapangan. Kajian melibatkan tujuh studi kasus global, termasuk Monadnock Block di Chicago, BfG-Trianon di Frankfurt, dan Equity Tower di Jakarta. Pemahaman mendalam tentang mekanisme penurunan dan validasi model numerik menjadi kunci untuk optimasi desain fondasi.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui studi literatur dan analisis sekunder data lapangan. Data diambil dari publikasi ilmiah, laporan proyek, dan hasil pengamatan in-situ seperti extensometer dan pressuremeter. Metode analisis meliputi:

2.1 Analisis Elastis dan Empiris

Persamaan elastis dan semi-empiris digunakan untuk menghitung penurunan fondasi (Poulos, 2004). Misalnya, penurunan fondasi lingkaran, persamaan ini memperhitungkan kekakuan fondasi, kedalaman fondasi, peningkatan modulus elastisitas tanah dengan kedalaman, dan lokasi lapisan kaku pada kedalaman terbatas :

$$\rho = \frac{q d I_g I_f I_E}{E_o} \cdot (1 - \nu^2) \quad (1)$$

Dimana :

- q = besarnya beban yang bekerja
- d = diameter telapak atau rakit
- I_g = faktor pengaruh perpindahan (*displacement influence factor*)
- I_f = faktor koreksi fleksibilitas fondasi (*foundation flexibility correction factor*)
- I_E = faktor koreksi kedalaman fondasi (*foundation embedment factor correction factor*)
- ν = *Poisson's ratio* tanah
- E_o = Modulus Elastisitas tanah

Penurunan pada fondasi kelompok tiang dapat dihitung dengan memperhitungkan interaksi antar tiang dengan menggunakan persamaan :

$$S_i = x_i \sum (P_j \cdot \alpha_{ij}) + x_i \cdot P_i \quad (2)$$

dimana :

- S_i = penurunan tiang ke-i akibat pengaruh tiang-tiang yang lain (mm)
- x_i = besarnya penurunan satu tiang pada beban satu satuan (mm/ton)

- P_i = beban pada tiang ke-i (ton)
 P_j = beban pada tiang ke-j (ton)
 α_{ij} = faktor interaksi untuk jarak antara tiang ke-i dan tiang ke-j

Untuk kelompok tiang yang memiliki ukuran dan geometri yang berbeda dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$S_i = \sum(x_{ij} \cdot P_j \cdot \alpha_{ij}) + x_{ii} \cdot P_i \quad (3)$$

- x_{ij} = besarnya penurunan tiang ke-j pada beban satu satuan (mm/ton)
 P_i = beban pada tiang ke-i (ton)
 P_j = beban pada tiang ke-j (ton)
 α_{ij} = faktor interaksi untuk jarak antara tiang ke-i dan tiang ke-j,
 Serta untuk parameter geometris dari tiang ke-j

Faktor interaksi untuk tiang gesekan dan tiang tahanan ujung berbeda. Poulos menurunkan kurva-kurva faktor interaksi pada nilai angka Poisson sama dengan 0.5.

Proses desain sistem fondasi tiang rakit meliputi :

- Tahap desain awal, untuk memastikan daya dukung fondasi rakit memiliki faktor keamanan yang mencukupi terhadap daya dukung ultimit, namun penurunan yang terjadi melebihi yang disyaratkan sehingga memerlukan penggunaan tiang rakit.
- Tahap kedua, mengestimasi jumlah tiang yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan desain
- Tahap desain rinci untuk menentukan jumlah optimum, lokasi dan konfigurasi fondasi tiang, dan menghitung penurunan yang terjadi, momen lentur dan gaya geser yang terjadi pada fondasi.

Dalam desain awal perlu dipertimbangkan kehandalan sistem fondasi rakit itu sendiri tanpa adanya fondasi tiang, memperkirakan besarnya daya dukung ultimit, penurunan atau perbedaan penurunan yang mungkin terjadi. Jika penggunaan fondasi rakit sudah dapat memenuhi kebutuhan, namun penurunan yang terjadi masih cukup besar, maka dapat diindikasikan perlu penggunaan fondasi tiang untuk mengurangi potensi penurunan.

Ada beberapa metode analisis yang telah dikembangkan untuk dapat menganalisa sistem fondasi tiang rakit. Poulos dkk (1997) telah meresume dan membaginya dalam 3 (tiga) bagian, yaitu :

- Metode perhitungan sederhana
- Metode pendekatan "strip on springs" oleh Poulos, 1991. Pendekatan "plate on springs" oleh Clancy & Randolph, 1993; Polous, 1994; Viggiani, 1998; Anagnastopoulos dan Georgiadis, 1998.

3. Metode penggunaan komputer dengan lebih teliti. Misalkan menggunakan metode elemen hingga atau beda hingga dengan menggunakan program komputer 2D maupun 3D.

2.2 Pemodelan Numerik

Software finite element (Plaxis 3D, MIDAS GTS) digunakan untuk mensimulasikan interaksi tanah-fondasi. Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan data monitoring, seperti pada proyek Shanghai World Financial Center (Wang et al., 2015)

2.3 Studi Kasus Komparatif

Data dari tujuh bangunan tinggi dianalisis untuk mengidentifikasi pola penurunan berdasarkan jenis tanah, beban, dan konfigurasi fondasi. Parameter seperti modulus tanah (E), koefisien konsolidasi (Cc), dan *undrained shear strength* (cu) diuji konsistensinya.

Besar penurunan yang diperoleh dari perhitungan analitis maupun dari pemodelan numerik dibandingkan dengan data penurunan hasil pengukuran di lapangan. Pengamatan dilakukan selama proses konstruksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Mekanisme Penurunan pada Jenis Tanah Berbeda

Perhitungan penurunan fondasi terutama untuk penurunan jangka panjang sangat kompleks yang dikaitkan dengan berbagai faktor, seperti : (i) parameter kompresibilitas yang diperoleh di laboratorium berasal dari sampel dengan ukuran relatif kecil, sehingga lebih homogen dibandingkan dengan kenyataannya di lapangan yang heterogen; (ii) keterbatasan dan adanya asumsi-asumsi yang berlaku dalam analisis konsolidasi konvensional. Karena itulah pengukuran penurunan langsung di lapangan penting dilakukan, untuk lebih mengetahui berapa besar penurunan yang terjadi dan juga memperkirakan besarnya penurunan final.

Pada tanah kohesif seperti Chicago Clay (lempung terkonsolidasi normal), penurunan didominasi oleh konsolidasi primer akibat air pori yang terdrainase. Studi (Peck, 1955) pada 7 bangunan tinggi yang ada di Chicago yang menggunakan fondasi rakit, menunjukkan bahwa penurunan total mencapai 91 cm, dengan 60% terjadi selama fase konstruksi. Mekanisme ini disebabkan oleh kompresibilitas tinggi tanah lunak (*soft clay*) yang memiliki nilai *compression index* (Cc) 0,42–0,62. Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan penurunan yang terjadi lebih besar sekitar 15% dibandingkan dari hasil perhitungan. Sebaliknya, bangunan tinggi dengan menggunakan fondasi rakit yang berada di atas lapisan Frankfurt Clay, (Franke et al., 2000) melaporkan penurunan yang terjadi sampai dengan akhir masa konstruksi mencapai 90%. Frankfurt Clay merupakan lapisan

lempung dengan konsistensi teguh sampai semi padat dan limestone. Pada tanah non-kohefif seperti *bouldery clay* di Singapura, penurunan bersifat segera (*immediate*) karena partikel pasir dan kerikil yang padat merespons beban secara elastis. (Wong et al., 1996) melaporkan bahwa Savu Tower II hanya mengalami penurunan 14 mm meskipun beban mencapai 540 kPa, berkat nilai modulus tanah (E) yang tinggi (53–92 MPa).

Perbedaan signifikan terlihat pada bangunan tinggi di Surabaya. Lapisan tanah lempung menunjukkan perilaku unik, tekanan pengembangan (*swelling pressure*) hingga 300 kPa mampu mengurangi penurunan aktual. Fenomena ini diduga terjadi karena *heave* (pengangkatan tanah) akibat penurunan kadar air selama konstruksi mengimbangi kompresi vertikal. Rahardjo et al. (2018) menemukan bahwa penurunan teoritis 15 cm pada bangunan tinggi di Surabaya hanya terealisasi 3,5 cm di lapangan. Sementara itu, pada Frankfurt Clay (lempung terkonsolidasi berlebih), penurunan awal mencapai 70% dari total, seperti yang diamati pada BfG-Trianon Frankfurt. Karakteristik ini konsisten dengan parameter tegangan pori Skempton (A) yang negatif (-0,2 hingga -0,5), menunjukkan perilaku tanah yang kaku di bawah beban statis. Tabel 1 menyajikan besar penurunan yang terjadi di berbagai lokasi dengan karakteristik tanah yang berbeda.

Tabel 2 menyajikan data mekanisme penurunan yang terjadi.

Tabel 1. Mekanisme Penurunan Berdasarkan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Karakteristik Utama	Contoh Proyek	Penurunan Total	Dominasi Komponen Penurunan
Lempung NC (Chicago)	$C_c = 0,42 - 0,62$ $w = 36\%$	Monadnock Block	91 cm	Konsolidasi Primer (85%)
Bouldery Clay (Singapura)	$E = 53 - 92 \text{ Mpa}$ $N_{SPT} > 375$	Savu Tower II	14 mm	Segera (Elastis)
Lempung OC (Frankfurt)	$c_u = 100 - 260 \text{ kPa}$ $A = -0,5$	BfG-Trianon Frankfurt	13 cm	Segera (60-70%)
Tanah Ekspansif (Surabaya)	$PI = 45 - 85$ $swelling \text{ pressure} = 300 \text{ kPa}$	Apartemen 51 lantai	3,5 cm	Heave-kompensasi

3.2 Peranan Fondasi dalam Penurunan

Fondasi tiang-rakit (*piled raft*) telah menjadi solusi dominan untuk bangunan tinggi di tanah lunak atau heterogen. Sistem ini menggabungkan keunggulan fondasi rakit dalam mendistribusikan beban secara merata dan fondasi tiang dalam mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam. Pada bangunan apartemen di Surabaya, kombinasi 806 tiang pancang dan 1.131 tiang bor

dengan rakit tebal 3,5 m menghasilkan penurunan maksimal hanya 17 mm meskipun beban bangunan mencapai 41,4 ton/m² (Rahardjo et al., 2018).

Tabel 2. Mekanisme Penurunan Berdasarkan Konsisi Tanah

Lokasi	Kondisi Tanah	Fondasi yang digunakan	Mekanisme Penurunan
London	London Clay, nilai c_u mulai dari 100kN/m ² pada kedalaman 3m sampai 260 kN/m ² pada kedalaman 25 m Merupakan lapisan overconsolidated clay.	Rakit bertiang	Pada akhir konstruksi penurunan yang terjadi sudah mencapai 60 – 70% dari penurunan final
Jerman	Frankfurt Clay, terdiri dari lapisan lempung kaku (stiff clay) sampai semi padat	Rakit	Pada akhir konstruksi penurunan yang terjadi sudah mencapai 60 – 70% dari penurunan final
Singapore	Bouldery Clay, terdiri dari batuan pasir yang tergabung dalam silty dan sandy clay dengan konsistensi <i>very stiff</i> sampai <i>hard</i> . Kekuatan dan karakteristik deformasinya mendekati batuan lemah (weak rock) atau <i>heavily overconsolidated clay</i> . Nilai c_u diestimasi sebesar 1000 kPa	Rakit	Penurunan baru terjadi setelah bangunan memasuki 10 lantai Penurunan maksimum yang terjadi setelah struktur atas selesai dibangun sebesar 14 mm

Kinerja dari fondasi rakit untuk bangunan tingkat tinggi yang berada di atas lapisan *bouldery clay* di Singapura menunjukkan hasil yang memuaskan, penurunan dan *differential settlement* memenuhi persyaratan.

Berdasarkan fakta ini, penggunaan fondasi rakit untuk bangunan tingkat tinggi yang berada pada lapisan tanah *bouldery clay* atau jenis tanah lain yang mempunyai kekakuan yang sama dapat direkomendasikan. Perbandingan besar penurunan berdasarkan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komparasi Kinerja Fondasi

Proyek & Lokasi	Jenis Fondasi	Beban (kPa)	Penurunan Maksimum
Apartemen Surabaya	Tiang-rakit	414	17 mm
Shanghai SWFC (Tiongkok)	Tiang-rakit	600	130 mm
DZ-Bank (Frankfurt)	Tiang-rakit	435	20 cm
Savu Tower (Singapura)	Rakit	540	14 mm

3.4 Validasi Model Numerik dengan Data Lapangan

Validasi model FEM dan teoritis terhadap data lapangan menunjukkan variasi akurasi tergantung pada kompleksitas tanah, seperti diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Validasi Model Numerik pada Berbagai Kondisi Tanah

Proyek	Metode Analisis	Prediksi	Aktual	Deviasi
Apartemen (Surabaya)	FEM (MIDAS GTS)	15 cm	3.5 cm	77%
Shanghai SWFC	FEM (PLAXIS 3D)	113 mm	130 mm	15%
BfG-Trianon (Frankfurt)	Elastis (Poulos & Davis)	13 cm	13 cm	0%
Savu Tower II (Singapura)	Elastis (Half-space)	20 mm	21 mm	5%

Keterbatasan model dalam prediksi perilaku tanah terlihat pada proyek di Surabaya, di mana deviasi mencapai 77% karena model FEM (MIDAS GTS) tidak mempertimbangkan faktor swelling pressure sebesar 300 kPa yang mempengaruhi respons tanah ekspansif. Sementara itu, di proyek Shanghai SWFC, metode FEM (PLAXIS 3D) menunjukkan deviasi 15% akibat adanya nonlinieritas tanah aluvial dan efek creep, yang menyebabkan deformasi lebih besar dari perkiraan. Sebaliknya, pada proyek BfG-Trianon di Frankfurt, metode elastisitas Poulos & Davis memberikan hasil yang sangat akurat dengan deviasi 0% karena tanahnya lebih homogen, yakni lempung overconsolidated (OC), yang memiliki karakteristik lebih stabil dan lebih mudah diprediksi dengan pendekatan elastis linier.

Untuk meningkatkan akurasi model, diperlukan rekomendasi kalibrasi yang lebih sesuai dengan karakteristik tanah di lokasi proyek. Selain itu, parameter swelling pressure juga perlu diperhitungkan dalam simulasi untuk memastikan bahwa model dapat merepresentasikan kondisi aktual dengan lebih baik. Dengan kalibrasi yang tepat, penyimpangan antara hasil prediksi dan data lapangan dapat dikurangi secara signifikan, sehingga model lebih andal dalam mendukung desain fondasi dan evaluasi stabilitas tanah di berbagai kondisi geoteknik.

4. KESIMPULAN

Kajian ini mengungkap kompleksitas mekanisme penurunan pada bangunan tinggi, yang secara fundamental dipengaruhi oleh interaksi antara karakteristik tanah dan desain fondasi. Pada tanah kohesif seperti *Chicago Clay*, penurunan didominasi oleh konsolidasi primer dengan kontribusi hingga 85% dari total penurunan, seperti terlihat pada *Monadnock Block* yang mengalami penurunan 91 cm. Sebaliknya, tanah non-kohesif (*bouldery clay* di Singapura) menunjukkan respons elastis dengan penurunan segera hanya 14 mm pada *Savu Tower II*, berkat modulus elastisitas tinggi ($E = 53\text{--}92$ MPa) dan struktur tanah yang padat. Fenomena unik terjadi pada

tanah ekspansif di Surabaya, di mana tekanan pengembangan (*swelling pressure*) hingga 300 kPa mengurangi penurunan aktual dari prediksi 15 cm menjadi 3,5 cm, mengimbangi efek kompresi melalui mekanisme *heave*.

Fondasi tiang-rakit (*piled raft*) terbukti sebagai solusi optimal untuk mengatasi tantangan penurunan pada tanah lunak atau heterogen. Pada *Shanghai World Financial Center*, kombinasi 985 tiang pancang dan rakit mengurangi penurunan maksimum menjadi 130 mm meskipun beban mencapai 600 kPa. Di Jakarta, sistem serupa pada *Equity Tower* menghasilkan penurunan hanya 17 mm (Rahardjo, 2016). Namun, efektivitasnya bergantung pada kedalaman penetrasi tiang ke lapisan tanah keras, seperti yang ditunjukkan pada DZ-Bank Frankfurt, di mana tiang bor 30 m menembus *Frankfurt Clay* terkonsolidasi berlebih ($C_u=100-260$ kPa).

Penurunan aktual yang terjadi pada umumnya lebih kecil dari yang diprediksi atau dihitung. Validasi model numerik menghadapi tantangan signifikan akibat ketidaklinieran tanah dan variabel lingkungan yang dinamis. Pada *Shanghai SWFC*, simulasi *finite element* (PLAXIS 3D) kurang akurat 15%. Di Surabaya, ketidaksesuaian mencapai 77% diduga akibat *swelling pressure* tanah ekspansif yang tidak terdeteksi dalam model. Namun, pada tanah homogen seperti *bouldery clay*, akurasi model mencapai 90%, seperti terlihat pada *Raffles City Complex*.

Untuk lapisan tanah dengan kekakuan yang tinggi, penggunaan fondasi rakit untuk bangunan tinggi direkomendasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Teknologi dan Rekayasa Cerdas, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas dalam penyelesaian penelitian ini.

Secara khusus, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., selaku pembimbing utama, atas bimbingan, arahan, dan masukan berharga selama proses penulisan makalah ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Rinda Karlinasari dan Dr. Eddy Triyanto Sudjatmiko yang telah meluangkan waktu untuk memberikan diskusi dan tinjauan kritis terhadap tulisan ini.

Semoga hasil kajian ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu geoteknik, khususnya dalam bidang perancangan fondasi untuk bangunan tinggi.

PUSTAKA

- Chen, X. (2011). Settlement Calculation on High-Rise Buildings. In *Settlement Calculation on High-Rise Buildings*. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-15570-3>
- Franke, E., El-Mossallamy, Y., & Wittmann, P. (2000). 12. Calculation Methods for Raft Foundations in Germany. In *Design applications of raft foundations* (pp. 283–322). <https://doi.org/10.1680/daorf.27657.0012>
- Peck, R. B. (1955). Observed and Computed Settlements of Structure in Chicago. *University of Illinois Bulletin*, 52.
- Poulos, H. G. (2004). Success and Failure in Predicting Pile Performance. *5th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering*, 1–14.
- Rahardjo, P. P. (2016). *GEOTECHNICAL FAILURES IN CONSTRUCTION ON SOFT SOILS*.
- Wang, W. D., Wu, J. B., & Li, Q. (2015). Design and performance of the piled raft foundation for Shanghai World Financial Center. *15th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ARC 2015: New Innovations and Sustainability*, 162–165. <https://doi.org/10.3208/jgssp.CHN-44>
- Wong, I. ., Ooi, I. K., & Broms, B. B. (1996). Performance of Raft Foundation for High-Rise Buildings on The Bouldery Clay in Singapore. *Canadian Geotechnical Journal*.

ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	123dok.com Internet Source	2%
2	pdfcookie.com Internet Source	2%
3	ejurnal.itenas.ac.id Internet Source	2%
4	Submitted to The University of Wolverhampton Student Paper	1%
5	Nhan V. Nguyen, Le Ba Vinh, Thanh-Trung Vo. "Load-sharing mechanism of piled-raft foundation: a numerical study", European Journal of Environmental and Civil Engineering, 2021 Publication	1%
6	cot.unhas.ac.id Internet Source	1%
7	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	1%
8	link.springer.com Internet Source	<1%
9	www.researchgate.net Internet Source	<1%
10	repository.maranatha.edu Internet Source	<1%

11	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
12	www.neliti.com Internet Source	<1 %
13	"Proceedings of the 2nd International Symposium on Asia Urban GeoEngineering", Springer Science and Business Media LLC, 2018 Publication	<1 %
14	Baker, Jr., Clyde N.. "Uncertain Geotechnical Truth and Cost Effective High-Rise Foundation Design", Art of Foundation Engineering Practice, 2010. Publication	<1 %
15	ejournal.stiepena.ac.id Internet Source	<1 %
16	Aflizal Arafianto, Paulus Pramono Rahardjo, Aswin Lim. "Finite-Element Modeling of Cone Penetration in Soft Clay at South Bandung, West Java, Indonesia", International Journal of Geomechanics, 2021 Publication	<1 %
17	Andreas Preißner. "8 Wissenschaftliches Schreiben", Walter de Gruyter GmbH, 2012 Publication	<1 %
18	www.giikorea.co.kr Internet Source	<1 %
19	www.rijal09.com Internet Source	<1 %
20	Dinesh Kumar Malviya, Adnan Ansari, Manojit Samanta. "Settlement and load sharing	<1 %

behavior of piled raft foundation: a review", Innovative Infrastructure Solutions, 2023

Publication

21	acikbilim.yok.gov.tr Internet Source	<1 %
22	media.neliti.com Internet Source	<1 %
23	core.ac.uk Internet Source	<1 %
24	www.scribd.com Internet Source	<1 %
25	Xiangfu Chen. "Settlement Calculation on High-Rise Buildings", Springer Science and Business Media LLC, 2011 Publication	<1 %
26	idoc.tips Internet Source	<1 %
27	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
28	sirherdiansyah.wordpress.com Internet Source	<1 %
29	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
30	eir.nuos.edu.ua Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

FINAL GRADE

GENERAL COMMENTS

/0

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10