

1. Submitted to the Jurnal Teknik Sipil ( 21 Maret 2025)
2. First Revision: Accepted with revisions required (24 Maret 2025)
3. Revision submitted (4 April 2025)
4. Paper accepted for publication (7 April 2025)
5. Paper published (10 April 2025)



---

**[jts] Submission Acknowledgement**

---

**From** OJS Support <ojs.support@maranatha.edu>  
**Date** Fri 3/21/2025 6:21 AM  
**To** Hanny Juliany Dani <hanny.jd@eng.maranatha.edu>

Hanny Juliany Dani:

Thank you for submitting the manuscript, "Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis." to Jurnal Teknik Sipil. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts/authorDashboard/submission/11517>  
Username: hannyjd

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Roi Milyardi

---

[Jurnal Teknik Sipil](#)

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164

Telp./Fax. : 022-2012186 ext.1211, 1212/ 022-2017622

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Email : [jurnal\\_ts@eng.maranatha.edu](mailto:jurnal_ts@eng.maranatha.edu)




---

**[jts] Editor Decision**

---

**From** OJS Support <ojs.support@maranatha.edu>  
**Date** Tue 3/25/2025 4:55 AM  
**To** Hanny Juliany Dani <hanny.jd@eng.maranatha.edu>

 1 attachment (507 KB)  
A-11517-Anonymous File-43163-1-4-20250321.pdf;

Hanny Juliany Dani:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Teknik Sipil, "Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis."

Our decision is: **Revisions Required**

Catatan Editor:

1. Harap merevisi artikel mengakomodir masukan dari reviewer (hasil review dan file review terlampir).
2. Harap dikirimkan pada lembar terpisah berupa Tabel Revisi yang menjawab/klarifikasi point-point review dari reviewer dari hasil review maupun catatan pada file review. Contoh Format Tabel Revisi dapat diunduh pada link: <https://bit.ly/REV-TABLE-JTS>.
3. Artikel juga perlu direvisi untuk mengikuti template artikel yang dapat diunduh pada laman: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts/about/submissions> (Format penulisan, Tabel (bukan dalam format gambar), Gambar, metode sitasi dengan mendeley harap mengikuti template yang diberikan).
4. Revisi artikel dapat dikirimkan Kembali melalui system OJS pada Tab " Review" > "Add Revision" pada metadata artikel yang sama (bukan add new artikel).

Revisi artikel diharapkan paling lambat dikirimkan kembali pada **08 April 2025**.

Apabila melebihi batas waktu tersebut, maka kami menganggap Anda tidak melanjutkan proses penerbitan artikel pada jurnal kami dan submission Anda akan kami decline.

Salam,  
Roi M.

-----  
Reviewer A:  
Recommendation: Revisions Required  
-----

1. Article type (Tipe Artikel)

Engineering Papers (theoretical/experimental research)

Explanation: (Ulasan:)

Penulis meneliti tentang perilaku penurunan pada Gedung Tinggi

2. Topics (Topik) Is the topic relevant to the journal area of interest? Is it contemporary and interesting for researchers? (Apakah topik relevan dengan area bidang penelitian dari Jurnal? Apakah topik kontemporer dan menarik?)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Topik penelitian sangat relevan dengan bidang Teknik Sipil

3. Abstract + Keywords (Abstrak + Kata kunci) Have all required components included in the abstract? Are the keywords appropriately chosen? (Apakah seluruh komponen yang disyaratkan pada abstrak dan kata kunci terpenuhi? Apakah kata kunci secara tepat dipilih?)

Weak (Cukup)

Explanation: (Ulasan:)

Abstrak harus diperbaiki untuk memperjelas tujuan dan originality dari studi.

4. Goal (Tujuan artikel) Has the research goal clearly stated in the Introduction? Is the goal formulation clear and unambiguous? (Apakah tujuan dari artikel dinyatakan secara eksplisit pada bagian Pendahuluan? apakah formulasi penentuan tujuan jelas dan tidak ambigu?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Tujuan akan menganalisis kurva penurunan-beban dan penurunan-waktu pada pondasi rakit, tiang, tiang-rakit pada lapisan tanah berbeda

5. Structure (Struktur artikel) Is the paper's structure coherent? Is it in coherence with the goal of the paper? (Apakah struktur artikel cukup jelas? Apakah sesuai dengan tujuan dari artikel?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Struktur sudah baik

6. Tools and Methods (Instrumen dan Metodologi) Are methods the author uses adequate and well used? (Apakah metode yang digunakan oleh Penulis cukup dan digunakan dengan baik?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Metode penelitian yang dipilih sudah baik, hanya saja peneliti perlu lebih menjelaskan dengan terperinci tentang data yang akan di analisis terkait 7 lokasi. Penjabaran bangunan dan lokasi yang akan dianalisis dimana saja.

7. Discussion and Conclusion (Diskusi dan Simpulan) Are the discussion and conclusion correlated to the presented results? Have you consider them as coherent? (Apakah diskusi dan simpulan sesuai dengan hasil yang ditunjukkan sebelumnya? Apakah Anda mempertimbangkannya sesuai?)

Weak (Cukup)

Explanation: (Ulasan:)

Tidak terdapat analisis data tentang Bangunan tinggi di Jakarta tetapi terdapat kesimpulan tentang bangunan tinggi di Jakarta

8. Literature (Studi Pustaka) Are all relevant accompanying data, citation, or references given by the author? (The authors suggest using the valid sources that published in the past 10 years) (Apakah Penulis menggunakan literatur yang relevan? Persyaratan dari jurnal maximum menggunakan literatur 10 tahun terakhir)

Weak (Cukup)

Explanation: (Ulasan:)

Terdapat beberapa literatur lebih dari 10 tahun.  
Perbanyak daftar pustaka dengan penelitian dalam 10 tahun terakhir.

9. Length (Panjang Artikel) Do you feel the subject of the paper is sufficiently significant to justify its length? Do you suggest shortening the paper without losing its value? (Requirement: 10-20 pages) (Apakah panjang artikel cukup signifikan sesuai topik? Apakah Anda menyarankan peringkasan artikel tanpa menghilangkan nilainya? Persyaratan panjang artikel dari jurnal 10-20 halaman.)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai (10 halaman)

10. Figures and Tables (Gambar dan Tabel) Is there any figure and table that is not well described in the context of the paper? Are legend and notations clear? (Apakah penulis menggunakan Gambar dan Tabel dengan tepat? Apakah keterangan dan notasi Gambar dan Tabel cukup jelas?)

Weak (Cukup)

Explanation: (Ulasan:)

- Perjelas notasi pada Gambar 1.
- Terdapat beberapa tabel (Tabel 2 dan 4) dengan judul dan badan tabel terletak pada halaman yang berbeda.

11. Writing style (Gaya penulisan)

Very Good (Sangat Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Bahasa asing telah ditulis miring, Penggunaan huruf kecil dan besar sudah sesuai.

12. Overall Paper Rating (Penilaian Makalah Secara Keseluruhan)

40-60 Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

- Tidak terdapat data kurva penurunan-waktu dan penurunan-beban yang akan dianalisis
- Bila tidak akan mengucapkan terimakasih tidak perlu judul Ucapan Terima Kasih

13. Further comments (Ulasan dan masukan lainnya)

Tidak terdapat data kurva penurunan-waktu dan penurunan-beban yang akan di analisis, sebaiknya ditambahkan.

Bila tidak akan mengucapkan terimakasih tidak perlu judul Ucapan Terima Kasih

-----

---

[Jurnal Teknik Sipil](#)

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164

Telp./Fax. : 022-2012186 ext.1211, 1212/ 022-2017622

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Email : [jurnal\\_ts@eng.maranatha.edu](mailto:jurnal_ts@eng.maranatha.edu)

## Kajian Perilaku Penurunan Bangunan Tinggi: Studi Kasus dan Analisis

### 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

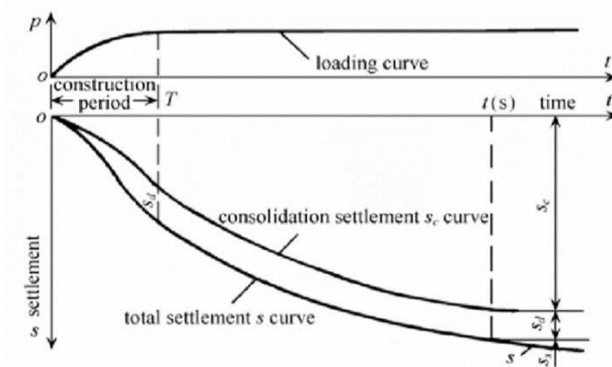
Perkembangan konstruksi bangunan tinggi ( $\geq 100$  m) meningkat pesat secara global, termasuk di Indonesia. Menurut data *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CTBUH), pada 2020 terdapat 198 bangunan *super-tall* ( $\geq 300$  m), meningkat dari 15 pada 1995 (11). Fenomena ini memicu tantangan 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).

Commented [AD1]: Sebutkan lokasi penelitian

Commented [AD2]: Hasil penelitian berupa kesimpulan biasanya pada bagian akhir.

Commented [AD3]: kekakuan

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.

Commented [AD4]: Belum ada perbandingan terhadap FEM seperti pada abstrak



## 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 :

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

Dimana :

- q = besarnya beban yang bekerja
- d = diameter telapak atau rakit
- I<sub>g</sub> = faktor pengaruh perpindahan (*displacement influence factor*)
- I<sub>f</sub> = faktor koreksi fleksibilitas fondasi (*foundation flexibility correction factor*)
- I<sub>E</sub> = faktor koreksi kedalaman fondasi (*foundation embedment factor correction factor*)
- ν = *Poisson's ratio* tanah
- E<sub>o</sub> = Modulus Elastisitas tanah

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

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

dimana :

- S<sub>i</sub> = penurunan tiang ke-i akibat pengaruh tiang-tiang yang lain (mm)
- x<sub>i</sub> = besarnya penurunan satu tiang pada beban satu satuan (mm/ton)
- P<sub>i</sub> = beban pada tiang ke-i (ton)
- P<sub>j</sub> = beban pada tiang ke-j (ton)
- α<sub>ij</sub> = 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 :

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

$x_{ij}$	= 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)
$\alpha_{ij}$	= 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.
- Metode penggunaan komputer dengan lebih teliti. Misalkan menggunakan metode elemen hingga atau beda hingga dengan menggunakan program computer 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-kohesif 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).

**Commented [AD5]:** Jelaskan 7 bangunan apa saja atau dimana saja yang akan diteliti untuk memudahkan penelusuran hasil

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 berlebihan), 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)	$E = 53 - 92$ Mpa $N_{SPT} > 375$	Savu Tower II	14 mm	Segera (Elastis)
Lempung OC (Frankfurt)	$c_u = 100 - 260$ kPa $A = -0,5$	BfG-Trianon Frankfurt	13 cm	Segera (60-70%)
Tanah Ekspansif (Surabaya)	$PI = 45 - 85$ <i>swelling pressure</i> = 300 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/m<sup>2</sup> (Rahardjo et al., 2018).

**Tabel 2. Mekanisme Penurunan Berdasarkan Kondisi Tanah**

Lokasi	Kondisi Tanah	Fondasi yang digunakan	Mekanisme Penurunan
--------	---------------	------------------------	---------------------

Commented [AD6]: Kondisi

London	London Clay, nilai $c_u$ mulai dari 100kN/m <sup>2</sup> pada kedalaman 3m sampai 260 kN/m <sup>2</sup> 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

**Commented [AD7]:** Judul Tabel dan isi Tabel jangan terpisah halaman

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

**Commented [AD8]:** Pindahkan judul Tabel ke halaman selanjutnya

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).

**Commented [AD9]:** Ada di tujuan, tak ada di pembahasan dan ada di kesimpulan

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

## 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*.





---

**[jts] Editor Decision**

---

**From** OJS Support <ojs.support@maranatha.edu>  
**Date** Mon 3/24/2025 11:11 AM  
**To** Hanny Juliany Dani <hanny.jd@eng.maranatha.edu>

Hanny Juliany Dani:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Teknik Sipil, "Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis."

Our decision is: **Revisions Required**

Catatan Editor:

1. Harap merevisi artikel mengakomodir masukan dari reviewer (hasil review dan file review terlampir).
2. Harap dikirimkan pada lembar terpisah berupa Tabel Revisi yang menjawab/klarifikasi point-point review dari reviewer dari hasil review maupun catatan pada file review. Contoh Format Tabel Revisi dapat diunduh pada link: <https://bit.ly/REV-TABLE-JTS>.
3. Artikel juga perlu direvisi untuk mengikuti template artikel yang dapat diunduh pada laman: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts/about/submissions> (Format penulisan, Tabel (bukan dalam format gambar), Gambar, metode sitasi dengan mendeley harap mengikuti template yang diberikan).
4. Revisi artikel dapat dikirimkan Kembali melalui system OJS pada Tab " Review" > "Add Revision" pada metadata artikel yang sama (bukan add new artikel).

Revisi artikel diharapkan paling lambat dikirimkan kembali pada **21 Agustus 2025**.

Apabila melebihi batas waktu tersebut, maka kami menganggap Anda tidak melanjutkan proses penerbitan artikel pada jurnal kami dan submission Anda akan kami decline.

Salam,  
Roi M.

-----  
Reviewer B:  
Recommendation: Accept Submission  
-----

1. Article type (Tipe Artikel)

Engineering Studies (application of existing theory/experimental results)

Explanation: (Ulasan:)

## Numerical study

2. Topics (Topik) Is the topic relevant to the journal area of interest? Is it contemporary and interesting for researchers? (Apakah topik relevan dengan area bidang penelitian dari Jurnal? Apakah topik kontemporer dan menarik?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Topiknya baik dan berguna

3. Abstract + Keywords (Abstrak + Kata kunci) Have all required components included in the abstract? Are the keywords appropriately chosen? (Apakah seluruh komponen yang disyaratkan pada abstrak dan kata kunci terpenuhi? Apakah kata kunci secara tepat dipilih?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Abstract cukup menjelaskan keseluruhan studi

4. Goal (Tujuan artikel) Has the research goal clearly stated in the Introduction? Is the goal formulation clear and unambiguous? (Apakah tujuan dari artikel dinyatakan secara eksplisit pada bagian Pendahuluan? apakah formulasi penentuan tujuan jelas dan tidak ambigu?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Tujuannya sudah dijelaskan dengan baik

5. Structure (Struktur artikel) Is the paper's structure coherent? Is it in coherence with the goal of the paper? (Apakah struktur artikel cukup jelas? Apakah sesuai dengan tujuan dari artikel?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

baik

6. Tools and Methods (Instrumen dan Metodologi) Are methods the author uses adequate and well used? (Apakah metode yang digunakan oleh Penulis cukup dan digunakan dengan baik?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Baik

7. Discussion and Conclusion (Diskusi dan Simpulan) Are the discussion and conclusion correlated to the presented results? Have you consider them as coherent? (Apakah diskusi dan simpulan

sesuai dengan hasil yang ditunjukkan sebelumnya? Apakah Anda mempertimbangkannya sesuai?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Baik

8. Literature (Studi Pustaka) Are all relevant accompanying data, citation, or references given by the author? (The authors suggest using the valid sources that published in the past 10 years) (Apakah Penulis menggunakan literatur yang relevan? Persyaratan dari jurnal maximum menggunakan literatur 10 tahun terakhir)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Baik

9.Length (Panjang Artikel) Do you feel the subject of the paper is sufficiently significant to justify its length? Do you suggest shorteningthe paper without losing its value? (Requirement: 10-20 pages) (Apakah panjang artikel cukup signifikan sesuai topik? Apakah Anda menyarankan peringkasan artikel tanpa menghilangkan nilainya? Persyaratan panjang artikel dari jurnal 10-20 halaman.)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Baik

10.Figures and Tables (Gambar dan Tabel) Is there any figure and table that is not well described in the context of the paper? Are legend and notations clear? (Apakah penulis menggunakan Gambar dan Tabel dengan tepat? Apakah keterangan dan notasi Gambar dan Tabel cukup jelas?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Baik

11.Writing style (Gaya penulisan)

Very Good (Sangat Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Sangat Baik

12.Overall Paper Rating (Penilaian Makalah Secara Keseluruhan)

60-80 Very Good (Sangat Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Sangat Baik

13. Further comments (Ulasan dan masukan lainnya)

Paper sudah dipresentasikan dengan sangat baik. Penjelasan mengenai tujuan, metode, diskusi hasil sangat baik. Paper sudah bisa diterima

Reviewer C:

Recommendation: Accept Submission

1. Article type (Tipe Artikel)

Engineering Papers (theoretical/experimental research)

Explanation: (Ulasan:)

Manuskrip sesuai dengan tipe engineering papers

2. Topics (Topik) Is the topic relevant to the journal area of interest? Is it contemporary and interesting for researchers? (Apakah topik relevan dengan area bidang penelitian dari Jurnal? Apakah topik kontemporer dan menarik?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Topik yang ditawarkan sesuai dengan jurnal Teknik Sipil

3. Abstract + Keywords (Abstrak + Kata kunci) Have all required components included in the abstract? Are the keywords appropriately chosen? (Apakah seluruh komponen yang disyaratkan pada abstrak dan kata kunci terpenuhi? Apakah kata kunci secara tepat dipilih?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Abstrak dan kata kunci sudah sesuai dengan persyaratan yang diminta oleh jurnal.

4. Goal (Tujuan artikel) Has the research goal clearly stated in the Introduction? Is the goal formulation clear and unambiguous? (Apakah tujuan dari artikel dinyatakan secara eksplisit pada bagian Pendahuluan? apakah formulasi penentuan tujuan jelas dan tidak ambigu?)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Pendahuluan sudah sesuai. Tujuan penelitian jelas yaitu 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.

5. Structure (Struktur artikel) Is the paper's structure coherent? Is it in coherence with the goal of the paper? (Apakah struktur artikel cukup jelas? Apakah sesuai dengan tujuan dari artikel?)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

6. Tools and Methods (Instrumen dan Metodologi) Are methods the author uses adequate and well used? (Apakah metode yang digunakan oleh Penulis cukup dan digunakan dengan baik?)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

7. Discussion and Conclusion (Diskusi dan Simpulan) Are the discussion and conclusion correlated to the presented results? Have you consider them as coherent? (Apakah diskusi dan simpulan sesuai dengan hasil yang ditunjukkan sebelumnya? Apakah Anda mempertimbangkannya sesuai?)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

8. Literature (Studi Pustaka) Are all relevant accompanying data, citation, or references given by the author? (The authors suggest using the valid sources that published in the past 10 years) (Apakah Penulis menggunakan literatur yang relevan? Persyaratan dari jurnal maximum menggunakan literatur 10 tahun terakhir)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

9. Length (Panjang Artikel) Do you feel the subject of the paper is sufficiently significant to justify its length? Do you suggest shortening the paper without losing its value? (Requirement: 10-20 pages) (Apakah panjang artikel cukup signifikan sesuai topik? Apakah Anda menyarankan peringkasan artikel tanpa menghilangkan nilainya? Persyaratan panjang artikel dari jurnal 10-20 halaman.)

Very Good (Baik Sekali)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

10. Figures and Tables (Gambar dan Tabel) Is there any figure and table that is not well described in the context of the paper? Are legend and notations clear? (Apakah penulis menggunakan Gambar dan Tabel dengan tepat? Apakah keterangan dan notasi Gambar dan Tabel cukup jelas?)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Sudah sesuai

11. Writing style (Gaya penulisan)

Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Mudah dipahami dan sesuai dengan kaidah yang berlaku

12. Overall Paper Rating (Penilaian Makalah Secara Keseluruhan)

40-60 Good (Baik)

Explanation: (Ulasan:)

Dapat diterima

13. Further comments (Ulasan dan masukan lainnya)

Topik yang ditawarkan sangat terkait dengan bidang ilmu Teknik Sipil

---

[Jurnal Teknik Sipil](#)

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164

Telp./Fax. : 022-2012186 ext.1211, 1212/ 022-2017622

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Email : [jurnal\\_ts@eng.maranatha.edu](mailto:jurnal_ts@eng.maranatha.edu)



---

**[jts] Editor Decision**

---

**From** OJS Support <ojs.support@maranatha.edu>  
**Date** Mon 4/7/2025 5:53 AM  
**To** Hanny Juliany Dani <hanny.jd@eng.maranatha.edu>

Hanny Juliany Dani:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Teknik Sipil, "Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis."

Our decision is to: Accept Submission

Bapak/Ibu wajib mengisi Authorship Statement dengan format terbaru kami yang dapat diunduh pada laman <https://bit.ly/JTS-AD-Nov22>. Authorship Statement yang telah diisi dapat dikirimkan via email ke **jurnal\_ts@eng.maranatha.edu**

Authorship Statement diharapkan dikirimkan Kembali paling lambat pada tanggal **08 April 2025** untuk dapat diproses lebih lanjut.

Salam,  
Roi M.

---

**[Jurnal Teknik Sipil](#)**

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164

Telp./Fax. : 022-2012186 ext.1211, 1212/ 022-2017622

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Email : [jurnal\\_ts@eng.maranatha.edu](mailto:jurnal_ts@eng.maranatha.edu)





---

**[jts] Submission Acknowledgement**

---

**From** OJS Support <ojs.support@maranatha.edu>  
**Date** Fri 3/21/2025 6:21 AM  
**To** Hanny Juliany Dani <hanny.jd@eng.maranatha.edu>

Hanny Juliany Dani:

Thank you for submitting the manuscript, "Behavior Studies of Settlement in Tall Building: Case Studies and Analysis." to Jurnal Teknik Sipil. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL: <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts/authorDashboard/submission/11517>  
Username: hannyjd

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Roi Milyardi

---

[Jurnal Teknik Sipil](#)

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164

Telp./Fax. : 022-2012186 ext.1211, 1212/ 022-2017622

Website : <https://journal.maranatha.edu/index.php/jts>

Email : [jurnal\\_ts@eng.maranatha.edu](mailto:jurnal_ts@eng.maranatha.edu)