

# ANALISIS PERBANDINGAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG TUNGGAL METODE EMPIRIS DAN PROGRAM PLAXIS 2D V8.6

## COMPARATIVE ANALYSIS OF SINGLE PILE FOUNDATION DESCENT

### EMPIRICAL METHOD AND PLAXIS 2D V8.6 PROGRAM

Reny Pradista<sup>1</sup>, Laily Endah Fatmawati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

<sup>1</sup>[renyprdst@gmail.com](mailto:renyprdst@gmail.com)\* <sup>2</sup>[lailyendah@untag-sby.ac.id](mailto:lailyendah@untag-sby.ac.id)

#### Abstract

*The main purpose of the foundation is to be able to accept the load from above and to fulfill this goal the foundation must fulfill the criteria of decline or decrease that should [1]. To be able to calculate the prediction of decline, this study uses the empirical method of Vesic 1970 and program assistance (software). Also calculated for the value of the foundation permit reduction. The data used are secondary data in the form of pile data, PDA (Pile Driving Analyzer) test result data, SPT (Standard Penetration Test) soil investigation data. The axial load used is the allowable load from the planner data based on the soil investigation point point 2 of 796.6 kN. From the results of the analysis, it was found that the value that exceeded the results of the PDA (Pile Driving Analyzer) test was the calculation result from the 1970 Vesic method of 8.5mm, while the result of the decrease from the PDA (Pile Driving Analyzer) test was 4-5 mm.*

**Keywords:** Settlement, Plaxis 2D V8.6, Empiric, PDA

#### Abstrak

Tujuan utama pondasi ialah mampu menerima beban dari atas dan untuk memenuhi tujuan tersebut pondasi harus memenuhi kriteria penurunan atau penurunan yang seharusnya [1]. Untuk dapat memperhitungkan prediksi penurunan, pada penelitian ini menggunakan metode empiris Vesic 1970 maupun bantuan program (software). Dihitung juga untuk nilai penurunan ijin pondasi. Data yang digunakan ialah data sekunder berupa data tiang pancang, data hasil uji PDA (*Pile Driving Analyzer*), data penyelidikan tanah SPT (*Standard Penetration Test*). Beban aksial yang digunakan ialah beban yang diijinkan dari data perencana berdasarkan titik penyelidikan tanah titik 2 sebesar 796,6 kN. Dari hasil analisis, didapatkan hasil bahwa nilai yang melebihi hasil uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) ialah hasil perhitungan dari metode Vesic 1970 sebesar 8,5mm, sedangkan hasil penurunan dari uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) sebesar 4-5 mm.

**Kata kunci:** Penurunan, Plaxis 2D V8.6, Empiris, PDA.

#### Pendahuluan

Umumnya penurunan pondasi disebabkan oleh kegagalan kapasitas dukung (bearing capacity failure) tanah. Hal ini terjadi ketika seluruh permukaan tanah di bawah dan sekitar mengalami penurunan secara bersamaan dan penurunan tidak berlebihan [2]. Analisis penurunan diperlukan untuk mengklasifikasikan tiang pada keadaan tiang yang tertanam.

Pondasi ialah bagian paling dasar pada bangunan untuk mentransfer beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya [3]. Tujuan utama pondasi ialah mampu menerima beban dari atas dan untuk memenuhi tujuan tersebut pondasi harus memenuhi kriteria penurunan atau penurunan yang seharusnya [1]. Untuk dapat memperhitungkan prediksi penurunan, saat perencanaan atau pra-konstruksi,

dapat digunakan metode empiris maupun bantuan program (*software*). Sedangkan pada tahap konstruksi dimana tiang telah tertanam dalam tanah, untuk mendeteksi penurunan yang terjadi dapat dilakukan pengujian PDA (*Pile Driving Analyzer*). Dimana pada pengujian tiang PDA terdapat 2 *output* nilai penurunan yakni penurunan permanen (DFN) dan penurunan maksimum (DMX)[4]. Dalam penelitian ini perhitungan menggunakan metode empiris Vesic (1970) dan bantuan program Plaxis 2D V8.6 atau bentuk bantuan program dari metode elemen hingga. Hasil perhitungan tersebut kemudian akan dibandingkan dengan hasil penurunan permanen (DFN) dari uji PDA. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan RS. Siti Khodijah Muhammadiyah Cabang Sepanjang tahap 3.

Dalam kasus ini, tidak terdapat atau tersaji perhitungan atau prediksi penurunan dalam laporan penyelidikan tanah. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai penurunan yang terjadi pada pondasi tiang pancang tunggal menggunakan metode empiris (Vesic 1970), bantuan program Plaxis 2D V8.6 yang digunakan sebagai pemodelan dalam melihat interpretasi penurunan dengan sistem metode elemen hingga dan penurunan permanen hasil uji PDA. Perbandingan tersebut kemudian akan dikontrol menggunakan penurunan ijin dari pondasi tiang pancang.

Perhitungan penurunan tiang pancang metode empiris Vesic 1970 dirumuskan sebagai berikut [5] :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p E_p} \quad (1)$$

$$Q = \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF} \quad (2)$$

Keterangan:

S	= Penurunan tiang (m)
D	= Diameter tiang (m)
L	= Panjang tiang (m)
$A_p$	= Luas ujung tiang
$E_p$	= Modulus elastisitas material tiang
Q	= Beban aksial yang dihasilkan dari tahanan ujung dan tahanan kulit (ton)
$Q_b$	= Tahanan ujung ultimit (ton)
$Q_s$	= Tahanan gesek ultimit (ton)
SF	= <i>Safety faktor</i> (Faktor Aman)

Untuk beban aksial didapat dari kapasitas dukung ijin dari hasil perhitungan perencana yakni kapasitas dukung ultimit yang paling kritis. Diketahui kapasitas dukung yang paling kritis berada pada perhitungan kapasitas dukung berdasarkan penyelidikan tanah di titik 2[6].

Sedangkan dalam perhitungan penurunan pondasi menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis 2D V8.6 menggunakan simulasi geometri axi-simetri[7]. Pemodelan tanah menggunakan *Mohr-Columb* yang mengasumsikan tanah bersifat plastis sempurna, dengan menetapkan model perilaku tanah berdasarkan beberapa parameter untuk pemodelan lapisan tanah, diantaranya[8]:

Berat isi tanah normal / tanah di atas muka air tanah ( $\gamma_{unsat}$ )

Berat isi jenuh ( $\gamma_{sat}$ )

Modulus Young (E)

Tabel 1. Nilai Elastisitas Tanah Berdasarkan Jenis Tanah [9]

Tanah	Es	
	Ksf	Mpa
Lempung		
Sangat Lunak	50-250	2-15
Lunak	100-500	5-25
Sedang	300-1000	15-50
Keras	1000-2000	50-100
Berpasir	500-5000	25-250
Pasir		
Berlanau	150-450	7-21
Lepas	200-500	10-24
Padat	1000-1700	48-81
Pasir dan kerikil		
Lepas	1000-3000	48-144
Padat	2000-4000	96-192
Serpih	3000-300000	144-14400
Lanau	40-400	2-20

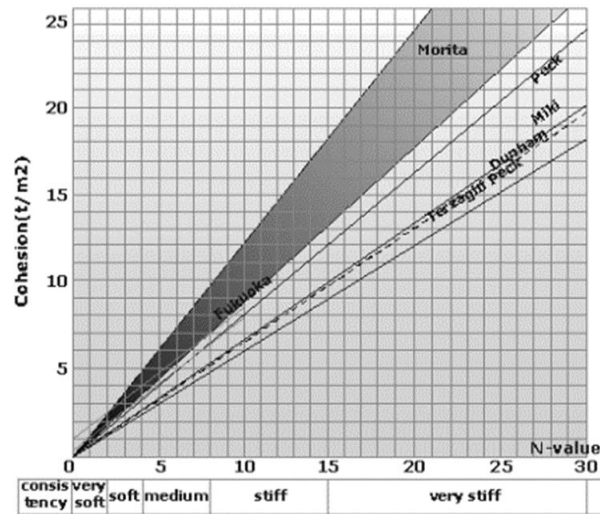
Rasio poisson ( $\nu$ )

Tabel 2. Nilai Banding Poisson [10]

Jenis Tanah	$\mu$
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
Lempung berpasir	0,2 – 0,3
Lanau	0,3 – 0,35
Pasir (padat)	0,2 – 0,4
Kasar (angka pori = 0,4-0,7)	0,15
Berbutir halus (angka pori = 0,4-0,7)	0,25
Batuan ( <i>rock</i> )	0,1 – 0,4
Tanah lus	0,1 – 0,3
Es	0,36
Beton	0,15

(agak bergantung  
pada jenis batuan)

Kohesi (C)



Gambar 1. Korelasi Kohesi Dengan N-SPT [11]

Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )

Sudut Dilatasi ( $\psi$ )

Permeabilitas Tanah (K)

Tabel 3. Permeabilitas Berdasarkan Klasifikasi Tanah [12]

<i>Soil Type</i>	<i>Description</i>	<i>USC Symbol</i>	<i>Permeability, m/s</i>
<i>Gravels</i>	<i>Well graded</i>	GW	$10^{-3}$ to $10^{-1}$
	<i>Poorly graded</i>	GP	$10^{-2}$ to $10^{-1}$
	<i>Silty</i>	GM	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
	<i>Clayey</i>	GC	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
<i>Sand</i>	<i>Well graded</i>	SW	$10^{-5}$ to $10^{-3}$
	<i>Poorly graded</i>	SP	$10^{-4}$ to $10^{-2}$
	<i>Silty</i>	SM	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
	<i>Clayey</i>	SC	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
<i>Inorganic silts</i>	<i>Low Plasticity</i>	ML	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
	<i>High Plasticity</i>	MH	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
<i>Inorganic Clays</i>	<i>Low Plasticity</i>	CL	$10^{-9}$ to $10^{-7}$
	<i>High Plasticity</i>	CH	$10^{-10}$ to $10^{-8}$
<i>Peat</i>	<i>With Silts/Clays of Low Plasticity</i>	OL	$10^{-8}$ to $10^{-6}$
	<i>With Silts/Clays of Low Plasticity</i>	OH	$10^{-7}$ to $10^{-5}$
	<i>Highly Organic Soils</i>	Pt	$10^{-6}$ to $10^{-4}$

Faktor kekakuan ( $R_{inter}$ )

Tabel 3. Faktor Reduksi Terhadap Jenis Tanah dan Beton, Baja, Geogrid [13]

<i>Interaction</i>	$R_{inter}$
<i>Interaction sand/ steel</i>	0,6 – 0,7
<i>Interaction clay/ steel</i>	0,5
<i>Interaction sand/ concrete</i>	1,0 – 0,8
<i>Interaction clay/ concrete</i>	1,0 – 0,7
<i>Interaction soil/ geogrid (grouted body)</i>	1,0

Tiang digunakan material *plate* sehingga parameter yang dimasukkan yakni :

- Modulus elastisitas tiang (E)
- Inersia (I)
- Luas Area (A)
- Berat Tiang (W)

Kemudian dihitung pula penurunan maksimum tiang yang diijinkan yakni [14] :

$$S_{ijin} = 10\%D \quad (3)$$

Dengan D merupakan diameter tiang (mm)

### Metode Penelitian

Penelitian berdasarkan data penyelidikan tanah hasil dari kedua uji SPT (*Standard Penetration Test*). Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Gedung Medik Tahap 3 RS. Siti Kohidjah, Sepanjang. Dari data hasil uji SPT terdapat perhitungan rencana kapasitas dukung tiang pancang tunggal berdasarkan kedua uji. Pada lapangan digunakan dimensi tiang pancang *square* D-50 cm. Dari kapasitas dukung kemudian akan dilakukan perhitungan penurunan tiang tunggal menggunakan metode Vesic 1970, dan untuk parameter (Q) atau beban aksial, dimana nilai tahanan ujung dan tahanan gesek diambil sesuai nilai hasil perencanaan yang tersaji dalam laporan penyelidikan tanah dipilih berdasarkan nilai yang paling kritis [5].

Penurunan juga dihitung dengan bantuan software PLAXIS 2D 8.6. dengan langkah [15]; penginputan dan pemodelan sesuai dengan data yang diperoleh, kemudian kalkulasi permodelan dengan urutan, tanpa beban, menggunakan beban, dan yang terakhir dengan faktor keamanan. Selanjutnya yaitu mengeluarkan hasil/ output yakni perpindahan total. Setelah didapatkan penurunan dari hasil metode Vesic 1970 dan metode bantuan program PLAXIS 2D 8.6, maka dilakukan perhitungan penurunan ijin pondasi dengan persamaan 2.27.

Kemudian dilakukan perbandingan dengan nilai penurunan tiang tunggal yang didapatkan dari perhitungan metode empiris yakni Vesic 1970, dengan bantuan PLAXIS 2D 8.6 dan hasil uji PDA serta dikontrol dengan nilai hasil perhitungan penurunan izin pondasi tiang pancang tunggal. Analisis dari hasil perbandingan menggunakan metode deskriptif.

## Hasil dan Pembahasan

Penurunan hasil uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) didapatkan sebagai berikut :

Tabel 4. Penurunan Hasil uji PDA

Hasil Uji PDA		
Id Pile	DMX (mm)	DFN (mm)
64	10	5
145	11	4
163	10	5

Metode empiris (Vesic 1970)

Diketahui pada data perencanaan

$$Q_b = 36,91 \text{ ton}$$

$$Q_s = 202,07 \text{ ton}$$

Menggunakan persamaan (1) untuk mendapatkan nilai beban aksial :

$$Q = \frac{Q_b}{SF} + \frac{Q_s}{SF}$$

$$Q = \frac{36,91 \text{ ton}}{3} + \frac{202,07 \text{ ton}}{3} = 79,66 \text{ ton}$$

Untuk penurunan digunakan persamaan (2):

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p E_p}$$

$$S = \frac{0,5 \text{ m}}{100} + \frac{90,29 \text{ ton} \cdot 29,2 \text{ m}}{0,25 \text{ m}^2 \cdot (3009636,151 \text{ t/m}^2)}$$

$$S = 0,0085 \text{ m} = 8,5 \text{ mm}$$

Plaxis 2D V8.6

Tabel 5. Parameter Set Material Tanah Mohr-Coloumb

Parameter tanah	Kedalaman (m)							
	0-2	2-6	6-8	8-10	10-18	18-27	27-29	29-31
Jenis Tanah	Pasir, Sangat Lunak	Pasir, Sangat Lunak	Lempung Berlanau, Kaku	Lempung Berlanau, Kaku	Lempung Berlanau, Kaku	Lempung Berlanau, Kaku	Lempung Berlanau, Sangat Kaku	Lempung Berlanau, Kaku
Model material	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>	<i>Mohr-Columb</i>
Jenis Material	Terdrainase	Terdrainase	Tak terdrainase	Tak terdrainase	Tak terdrainase	Tak terdrainase	Tak terdrainase	Tak terdrainase
$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	14,11	14,82	11,91	12,17	12,76	12,76	12,76	12,76
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	18,86	19,24	19,24	17,17	17,49	17,49	17,49	17,49
Es (kN/m <sup>2</sup> )	20000	35000	75000	75000	75000	75000	100000	75000
$\nu$	0,25	0,25	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
$\phi$ (°)	36	34	9	18	4	0	0	0
$\psi$ (°)	6	4	-	-	-	-	-	-
Kx (m/hari)	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$
Ky (m/hari)	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-3}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$	$8,64 \times 10^{-6}$
$R_{inter}$	1	1	1	1	1	1	1	1

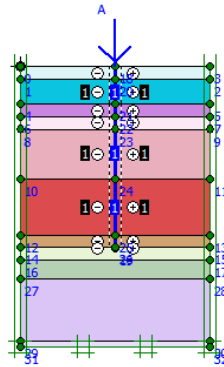
Untuk kedalaman 31-34m dan 34-45m nilainya sama seperti kedalaman 29-31m. Yang membedakan hanya pada parameter Es, yakni untuk kedalaman 31-34m senilai 10000, karena pada kedalaman tersebut merupakan lensa tanah (sangat kaku), dan 34-45 m Es senilai 75000 karena konsistensi tanah (kaku).

Tabel 6. Parameter Set Material Tiang Model

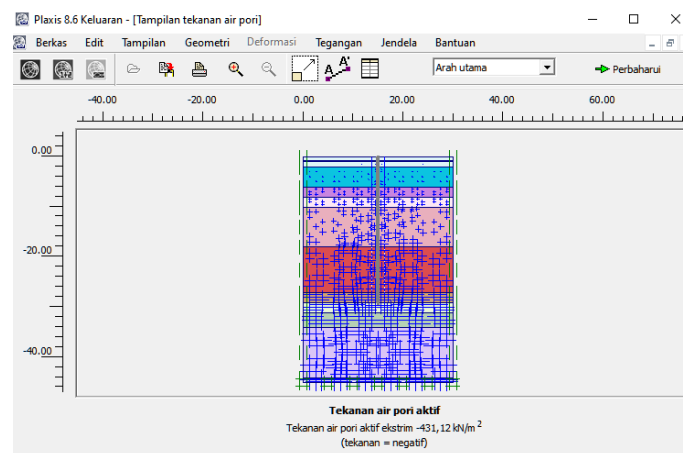
Parameter Tiang Pancang	Satuan
E	2940824,34 kN/m <sup>2</sup>
A	0,25 m <sup>2</sup>
EA	735206,09 kN/m
I	0,0052 m <sup>4</sup>
EI	15316,79 kNm <sup>2</sup> /m

w 6 kN

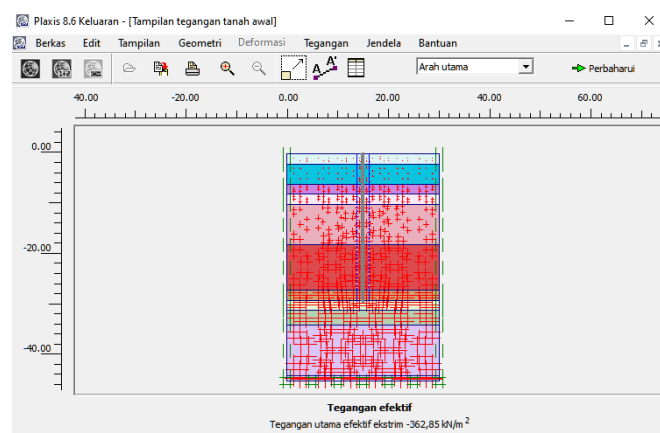
Dari kedua material tersebut, dimodelkan dalam Plaxis 2D V8.6 menggunakan geometri axi-simetri menjadi berikut :



Gambar 2. Pemodelan Plaxis 2D V8.6



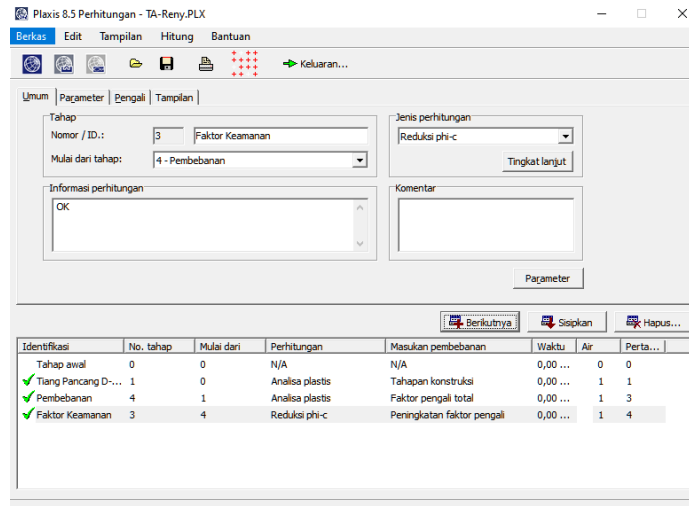
Gambar 3. Tekanan Air Pori Aktif



Gambar 4. Tegangan Efektif

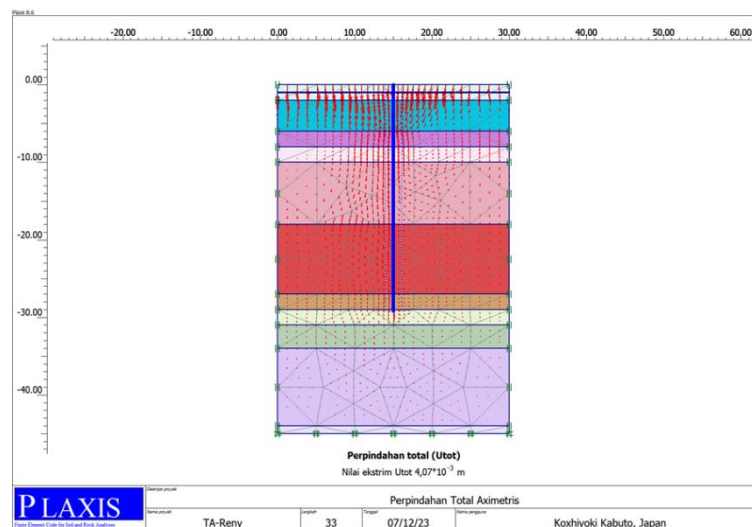


Kemudian dilakukan perhitungan penurunan pada plaxis 2D V8.6 dengan simulasi tanpa beban, dengan beban, dan terakhir dengan faktor keamanan.



Gambar 5. Perhitungan Tiang Pancang Tunggal Dengan Plaxis 2D V8.6

Dari perhitungan tersebut disimulasikan dengan beban sebesar 796,6 kN (didapat dari data perencanaan dari titik ke 2 penyelidikan tanah), sehingga didapat hasil pada gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Perpindahan Total Plaxis 2D V8.6

Dari gambar 6, didapatkan hasil perhitungan penurunan menggunakan bantuan program Plaxis 2D V8.6 sebesar **4,07 mm**

Penurunan ijin (Sijin) [14]

Diketahui diameter tiang pancang ialah 500mm

$$Sijin = 10\% D$$

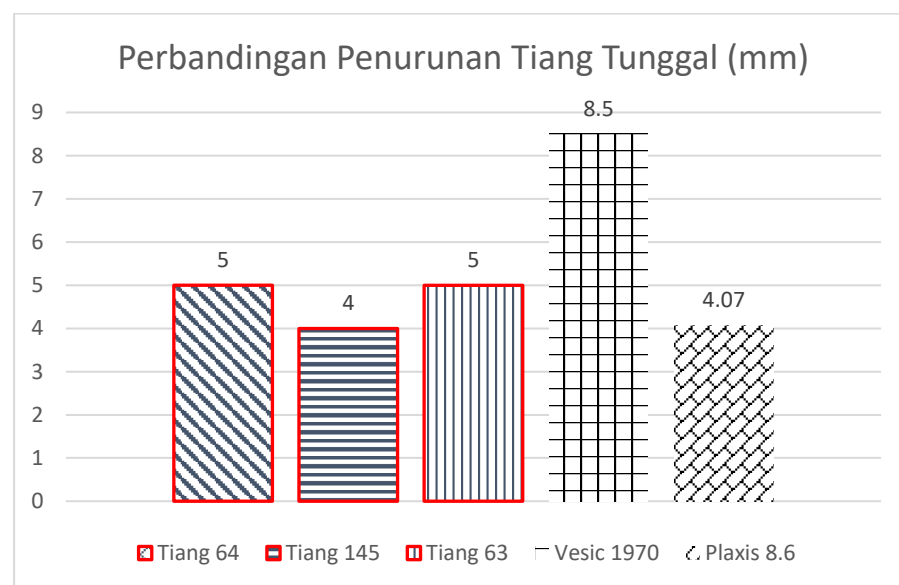
$$= 10\% (500 \text{ mm})$$

$$= \mathbf{50 \text{ mm}}$$

Tabel 7. Perbandingan Penurunan

Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Total Tiang Pancang Tunggal D-0,05m				
Id Tiang	PDA (mm)	Vesic 1970 (mm)	Plaxis 8.6 (mm)	S ijin (mm)
Tiang 64	5			
Tiang 145	4	8,5	4,07	50
Tiang 63	5			

Untuk memperjelas tabel 5 perbandingan penurunan, berikut merupakan diagram interpretasi perbandingannya.



Gambar 7 Interpretasi Perbandingan Penurunan

Berdasarkan gambar 7, nilai yang didapat dengan perhitungan empiris Vesic 1970 sangat tinggi dan jauh dari hasil uji PDA (*Pile Driving Analyzer*), sedangkan nilai penurunan yang dihasilkan oleh metode elemen hingga dengan bantuan program plaxis 2D V8.6 ialah nilai yang paling mendekati hasil uji PDA yang memiliki rentang nilai 4-5mm.

## Kesimpulan

Nilai penurunan pondasi tiang pancang tunggal yang dihasilkan pada proyek pembangunan Gedung Medik Tahap 3 Rs. Siti Khodijah Muhammadiyah Sepanjang menggunakan metode empiris yakni metode Vesic 1970 ialah 8,5 mm, sedangkan dengan menggunakan program bantu software Plaxis 2D 8.6 menghasilkan nilai penurunan total sebesar 4,03 mm.

Nilai ijin penurunan pondasi tiang pancang tunggal yang dihasilkan pada proyek pembangunan Gedung Medik Tahap 3 Rs. Siti Khodijah Muhammadiyah Sepanjang ialah sebesar 50 mm.

Perbandingan hasil perhitungan penurunan pondasi tiang pancang berdasarkan data uji SPT (Standard Penetration Test) menggunakan metode empiris Vesic 1970, bantuan program Plaxis 2D 8.6, dan hasil uji PDA, yakni yang melebihi hasil uji PDA ialah hasil perhitungan dari metode Vesic 1970 sebesar 8,5mm, sedangkan hasil penurunan dari uji PDA sebesar 4-5 mm..

## Daftar Rujukan

- [1] M. R. Hasrul, M. Kay, M. Asnur, F. A. Yusuf, and R. Ardiyanti, "Analisis Perbandingan Penurunan Pondasi Tiang Pancang," pp. 235–244, 2023.
- [2] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan Perancangan FONDASI I*, 3rd ed. Gajah Mada University Press, 2014.
- [3] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1996.
- [4] M. F. Sepriandi, *Evaluasi Pondasi Tiang Pancang Dengan Pile Driving Analyzer Dan Formula Meyerhoff Pada Struktur Tangki Timbun Di Kuala Tanjung*. 2021.
- [5] U. Jusi, S. Haniza, and M. B. Putra, "Analisa Perbandingan Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Data Uji Lapangan dan Data Laboratorium," vol. 2, no. 3, pp. 182–194, 2022.
- [6] R. Pradista and L. E. Fatmawati, "Analisis Perbandingan Kapasitas Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data SPT dan PDA," *Musamus J. Civ. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2023.
- [7] R. B. J. Brinkgreve *et al.*, *Plaxis 2016*. 2016.
- [8] A. P. Sari and A. M. Aini, "Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Meyerhof, Aoki & De Alencar Dan Program Plaxis 8 . 6 ( Studi Kasus Gedung Parkir RS Roemani Semarang )," Universitas Islam Sultan Agung, 2022.
- [9] J. E. Bowles, "Analisis Dan Desain Pondasi," 4th ed., Erlangga, 1993, pp. 1–461.
- [10] J. E. Bowles, *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1*, 3rd ed. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1986.
- [11] R. S. Warman, "Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi," pp. 1–94, 2019.
- [12] B. G. Look, *Handbook of Geotechnical Investigation and Design Table*. London, United Kingdom: Taylor and Francis Group, 2007.
- [13] M. A. Hicks, R. B. . Brinkgreve, and A. Rohe, "Numerical Methods in Geotechnical Engineering," 1st ed., CRC Press, 2014.
- [14] M. T. Wismantarharjo, S. Gandi, and F. Sarie, "Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Tiang Pancang Kelompok Proyek Pembangunan Gedung DPRD Kota Palangka Raya," *J. Tek.*, vol. 3, no. 2, pp. 198–207, 2020.
- [15] F. Y. Pratama *et al.*, "Penilaian daya dukung dan penurunan pondasi akibat perubahan desain pondasi pada proyek pembangunan gedung kantor otoritas jasa keuangan yogyakarta," 2022.