

Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data NSPT yang Diverifikasi dengan Data SLT pada Proyek Gedung SIG 2 Bogor

Wisia Joko Priyadi^{1*}, Redho Muktadir², Feril Hariati³, Fadhila Muhammad Libasut Taqwa⁴, Jantiara Eka Nandiasa⁵

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Email: ¹ wisia.joko@gmail.com; ² redhomuktadir@uika-bogor.ac.id;

³ feril.hariati@uika-bogor.ac.id; ⁴ fadhila.muhammad@uika-bogor.ac.id; ⁵ jantiaraekan@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan struktur pondasi pada pembangunan Gedung SIG-2 di Kota Bogor menghasilkan desain pondasi tiang pancang berbentuk lingkaran dengan diameter 0,60 meter dan dipancang pada kedalaman 15 meter. Analisa daya dukung rencana dilakukan berdasarkan data dari 2 (dua) titik uji NSPT dilanjutkan dengan membandingkan daya dukung aktual berdasarkan data Uji Beban Statis (SLT) dilakukan untuk memverifikasi daya dukung fondasi rencana dengan daya dukung aktual pada saat konstruksi, serta menilai besar penurunan yang terjadi. Analisis perhitungan daya dukung dilakukan berdasarkan data N_{SPT} dengan menggunakan metode Meyerhoff, sedangkan analisis perhitungan daya dukung aktual berdasarkan data *SLT* (*Static Loading Test*) dilakukan dengan mempergunakan metode Davisson, metode Chin, dan metode Mazurkeiwich. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada 2 (dua) titik pengujian, besar daya dukung rencana rata-rata tiang pancang adalah sebesar 185,99 ton, dan penurunan rata-rata yang terjadi adalah sebesar 47,3 milimeter. Besar penurunan yang diijinkan adalah 60 milimeter. Penurunan yang terjadi pada saat pengujian berturut-turut adalah 14,8 mm dan 15,8 mm. Hasil analisis daya dukung berdasarkan data Uji Pembebanan Statis (*SLT*) dengan beban rencana 200 ton dengan menggunakan metode Davisson, metode Mazurkeiwich, dan metode Chin masing-masing sebesar 179 ton, 185 ton, dan 234,9 ton. Berdasarkan data pembebanan struktur atas yang didapatkan dari laporan perencanaan struktur diperoleh Kesimpulan bahwa daya dukung kelompok tiang pancang masih aman dan mampu menahan beban yang direncanakan pada tiap kolom struktur Gedung, dengan asumsi daya dukung tiang pancang Tunggal sebesar 179 ton, sebanyak 61 tiang mendapatkan kapasitas daya dukung ijin seluruh tiang sebesar 10.809,81 ton dan beban rencana Gedung sebesar 9.066,23 ton.

Kata Kunci: Analisis kapasitas dukung, verifikasi, NSPT, *SLT* (*Static Loading Test*)

ABSTRACT

The foundation structure design for the construction of the SIG-2 Building uses a circular pile foundation with a diameter of 0.60 meters and a depth of 15 meters. Verification of the planned bearing capacity was carried out based on data from 2 (two) NSPT test points and continued by comparing the actual carrying capacity based on Static Loading Test (SLT) data. This research aims to compare the planned bearing capacity with the actual bearing capacity during construction, and settlement occurred. Analysis of bearing capacity calculations was carried out based on NSPT data using the Meyerhoff method, while analysis of actual bearing capacity calculations based on SLT data used the Davisson method, Chin method, and Mazurkeiwich method. Based on research conducted at 2 (two) test points, the average bearing capacity of the pile is 185.99 tons, and the average settlement (S_{av}) is 47.3 millimeters. The allowable settlement is 60 millimeters. The settlement on tested piles is 14,8 mm and 15,8 mm respectively. The results of the bearing capacity analysis based on actual Static Loading Test (SLT) data with a planned load of 200 tons using the Davisson method, Mazurkeiwich method, and Chin method are 179 tons, 185 tons, and 234,9 tons, respectively. Based on the upper structure loading data obtained from the structural planning report, it is concluded that the bearing capacity of the pile group is still safe and able to withstand the planned load on each column of the building structure, assuming the bearing capacity of a single pile of 179 tons, a total of 61 piles with the allowable bearing capacity of all piles of 10,809.81 tons and the building plan load of 9,066.23 tons.

Key words: Support capacity analysis, verification, NSPT, *SLT* (*Static Loading Test*).

Submitted:	Reviewed:	Revised:	Published:
25 April 2024	15 Mei 2024	18 Juli 2024	01 August 2024

PENDAHULUAN

Design perencanaan konstruksi fondasi gedung bertingkat yang tepat dan efisien disesuaikan

dengan kondisi lingkungan dan geografi setempat, diperlukan sebelum pelaksanaan konstruksi gedung bertingkat dilakukan, oleh sebab itu sangat

diperlukan penyelidikan tanah untuk dapat memperoleh data karakteristik dan komposisi tanah yang akurat. Hasil yang didapatkan dari penyelidikan tanah dapat digunakan sebagai dasar analisa dalam penentuan jenis fondasi yang digunakan oleh perencanaan konstruksi.

Dalam pelaksanaan konstruksi struktur fondasi Gedung sangat diperlukan data hasil analisis daya dukung aktual untuk dapat memverifikasi kapasitas daya dukung aktual terhadap beban rencana Gedung sebagai bahan evaluasi fondasi dalam pelaksanaan konstruksi

Perencanaan fondasi dianggap benar jika beban yang ditransmisikan oleh fondasi ke tanah tidak melebihi kekuatan tanah yang berkesinambungan. Jika kekuatan tanah melebihi kekuatannya, maka penurunan tanah yang berlebihan atau runtuhnya tanah akan terjadi (Das, 2007; Terzaghi et al., 2009)

Pada perencanaan proyek pembangunan Gedung SIG -2 menggunakan jenis fondasi tiang pancang bulat (*Spun Pile*) diameter 60 cm pada kedalaman 15 meter dengan menggunakan sistem pemancangan *jack in pile*. Tiang pancang merupakan struktur yang berinteraksi langsung dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan kepada struktur atas. Oleh karena itu, fondasi dalam (*deep foundation*) yang adalah struktur utama dalam pembangunan bangunan tinggi akan bertumpu sepenuhnya kepada fondasi tersebut (Mishra et al., 2019).

Guna mengetahui nilai daya dukung fondasi tiang pancang yang sebenarnya, maka dilakukan uji beban tiang pancang (*loading-test*), yaitu pengujian terhadap fondasi tiang pancang yang bertujuan untuk mengetahui kapasitas daya dukung aktual fondasi tersebut di lapangan. (Lim, 2014; Momeni et al., 2013; Taqwa et al., 2023). Pengujian kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang dapat digunakan 2 metode, yaitu metode statis atau *Static Loading Test* dan metode dinamis atau *Pile Dynamic Loading Test* (PDA). Pengujian *Static Loading Test* (SLT) digunakan untuk menghitung nilai daya dukung aktual pada fondasi dalam, (*pile foundation*), atau fondasi bor (*bored piles*). Pengujian SLT memiliki acuan pada: ASTM D1143 *Standard Test Method for Piles under Static Axial Compressive Load*. (Silitonga & Iskandar, 2017; Taqwa et al., 2024).

Tafsiran dari hasil uji beban statik yang adalah sebuah bagian penting untuk mengetahui pengaruh tiang pada selimut dan ujungnya serta besarnya daya dukung tanah sebagai pendukung pondasi, dimana suatu pondasi dapat didefinisikan sebagai bangunan bawah tanah yang meneruskan beban

yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban yang bekerja pada bangunan ke tanah. (Fadilah & Tunafiah, 2018)

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas maka rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah nilai daya dukung rencana tiang pancang tunggal yang diperoleh dari hasil *Standart Penetration Test* (SPT) yang menentukan nilai daya dukung rencana, kemudian dikorelasikan dengan nilai daya dukung aktual tiang berdasarkan hasil pengujian *Static Loading Test* (SLT). (Muliati et al., 2022; Nurmaidah, 2017; Rahman et al., 2020)

Penelitian mengenai perilaku daya dukung fondasi dalam berdasarkan hasil pengujian pembebanan statis (SLT) telah dilakukan, dimana dapat disimpulkan bahwa daya dukung aktual berdasarkan pengujian di lapangan berkesesuaian dengan hasil perhitungan daya dukung rencana. (Ginting et al., 2019; Harasid et al., 2018; Prama et al., 2015; Putra & Hidayat, 2014)

METODE PENELITIAN

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di proyek pembangunan Gedung SIG 2 Jl. Rasamala no. 20 Taman Yasmin Kota Bogor, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 1 Lokasi Pembangunan Gedung SIG 2 Bogor.

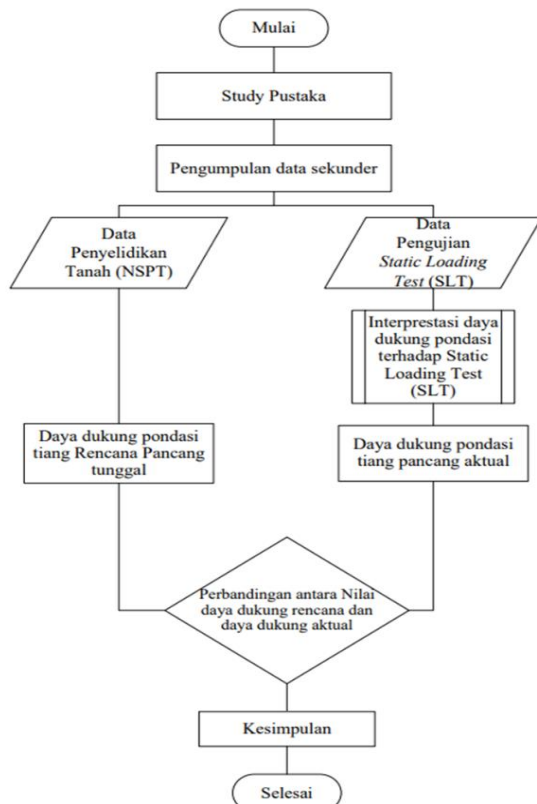
Data bangunan adalah sebagai berikut:

Fungsi bangunan	: Perkantoran
Jumlah lantai	: 11 lapis
Tinggi bangunan	: Lt. G – Lt. 1 : 3,00 m
	: Lt. 2 – Lt. 11 : 4,00 m
Jenis struktur	: Struktur beton bertulang
Jenis fondasi	: Fondasi Tiang Pancang Beton Bulat diameter 60 cm

Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sekunder yang berupa data hasil penyelidikan tanah dan static loading Test yang didapatkan dari dokumen proyek Gedung SIG-2.

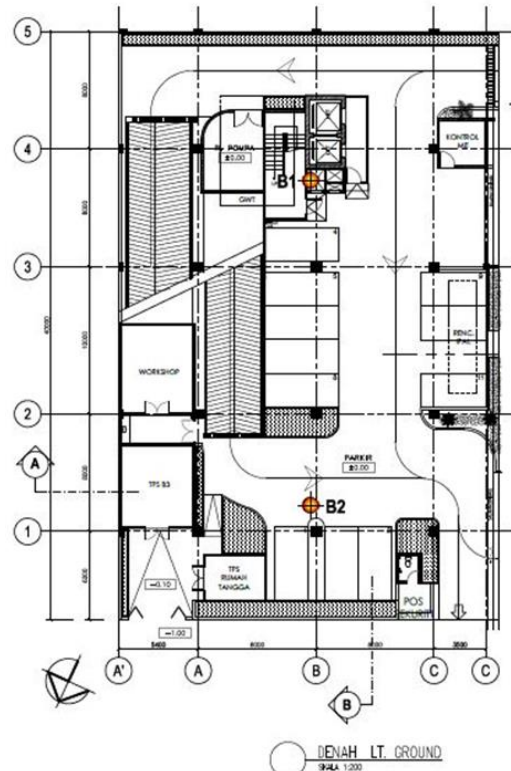
Data hasil uji tanah *SPT* kemudian dilakukan analisa guna mendapatkan hasil nilai daya dukung rencana tiang pancang, dan data hasil uji beban tiang pancang *SLT*, dilakukan interpretasi daya dukung aktual dengan menggunakan metode *Davison*, metode *Mazurkiewicz* dan metode *Chin*. Kemudian dilakukan perbandingan antara daya dukung interpretasi terhadap daya dukung rencana untuk memperoleh nilai persentase daya dukung aktual terhadap daya dukung rencana tiang pancang, sehingga dapat diambil kesimpulan mengenai performa fondasi tiang pancang. Hasil analisis dan uji daya dukung data kemudian dibandingkan dan disimpulkan. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

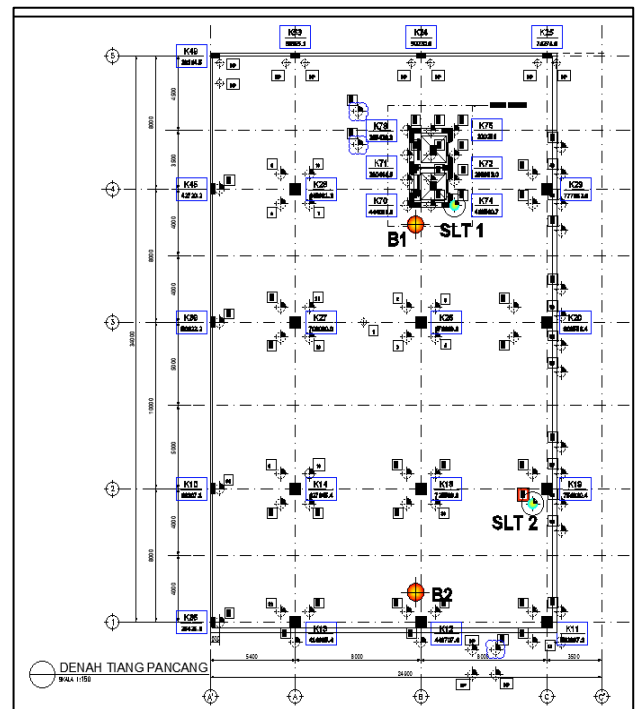
HASIL DAN PEMBAHASAN Hasil Penyelidikan Tanah

Pengujian *SPT* dilaksanakan sebanyak 2 (dua) titik, yang diperlihatkan pada **Gambar 3**.



(sumber: data proyek)
Gambar 3 Titik pengujian *SPT*

Nilai *SPT* pada setiap lapisan tanah diperlihatkan pada **Tabel 1** di bawah ini.



(sumber: data proyek)
Gambar 4 Titik pengujian *SLT*

Tabel 1 Stratifikasi tanah dasar

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Nspt
0,0 – 10,0	Lanau liat lunak	1 – 10
10,0 – 12,0	Lanau Kelempungan kaku	23 – 29
12,0 – 16,0	Lanau Kelempungan kaku hingga keras	37 - >60
16,0 – 18,0	Pasir halus padat	5 - 11
18,0 – 24,0	Lanau keras	11 - 34
24,0 – 28,0	Pasir lanau padat sangat padat	19 - >60
28,0 – 30,0	Lanau Kelempungan sangat keras membatu	58 – >60

(sumber: PT. Sarana Data Persada, 2017)

Berdasarkan dari hasil uji SPT di atas, kedalaman ditetapkan rencana fondasi 15 meter dari permukaan tanah. daya dukung fondasi rencana diameter 60 cm yang dianalisis dengan metode Meyerhoff pada titik B1 adalah sebesar 162,46 ton, sedangkan pada titik B2 adalah sebesar 209,53 ton, sehingga nilai daya dukung rata-rata rencana sebesar 185,99 ton.

Data Pengujian Static Loading Test

Pengujian Beban Statis (*Static Loading Test*) pada lokasi Gedung SIG 2 di Bogor, dilaksanakan dengan metode Injeksi kapasitas 420 ton. Prosedur uji beban ststis yang dilakukan sesuai dengan ASTM D1143-81. Beban rencana 100% ditetapkan sebesar 200 ton, dan beban maksimum 200% sebesar 400 ton. Pengujian SLT dilaksanakan pada 2 (dua) titik Tiang Pancang diameter 60 cm Wika pracetak beton dengan mutu beton f'c 60 Mpa, ditetapkan beban kerja 200 ton diperlihatkan pada **Gambar 4** di bawah ini. Besar pembebanan dan hasil pengujian *Static Loading Test* diperlihatkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** di bawah ini.

Tabel 2 Uji pembebanan siklus tiang pancang tunggal

Siklus	Beban		Penurunan (mm)		
	(%)	(Ton)	TP-26	TP-42	Δ1
1	0	0	0,0	0,0	0,0
	25	50	0,8	1,8	0,07149
	50	100	2,0	4,2	0,14298
	25	50	1,6	3,0	0,07149
2	0	0	0,8	1,2	0,00000
	50	100	2,0	4,2	0,14298
	75	150	3,2	6,8	0,21446
	100	200	4,8	8,8	0,28595
	75	150	4,6	8,6	0,21446
3	50	100	3,8	7,3	0,14298
	0	0	2,0	1,2	0,00000
	50	100	3,2	6,8	0,14298
	100	200	5,6	9,4	0,28595
	125	250	7,4	11,5	0,35744
4	150	300	10,2	14,4	0,42893
	125	250	9,8		0,35744
	100	200	9,2		0,28595
	50	100	7,0		0,14298
	0	0	3,8		0,00000
	50	100	5,8		0,14298
	100	200	8,6		0,28595
	150	300	11,5		0,42893

Siklus	Beban		Penurunan (mm)		
	(%)	(Ton)	TP-26	TP-42	Δ1
1	175	350	13,9		0,50042
	200	400	18,4		0,57191
2	175	350	17,6		0,50042
	150	300	16,4		0,42893
3	100	200	15,2		0,28595
	50	100	13,0		0,14298
4	0	0	10,8		0,00000

(sumber: PT. Teno Tract Indonesia Raya, 2019)

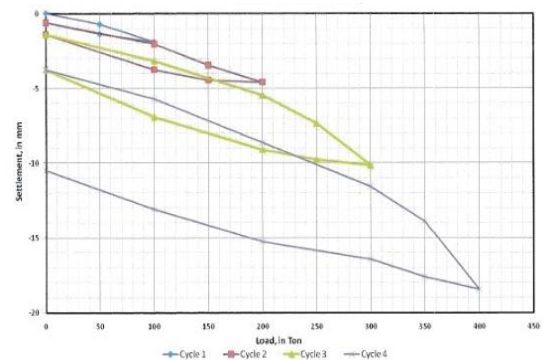
Pada pengujian SLT TP-42 berhenti pada beban 150% atau 300 ton pada siklus 3 dikarenakan tiang pancang mengalami keretakan pada grouting ujung tiang pancang. Sehingga data tidak lengkap dan tidak dapat diinterpretasikan.

Tabel 3 Rekapitulasi hasil pengujian loading Test

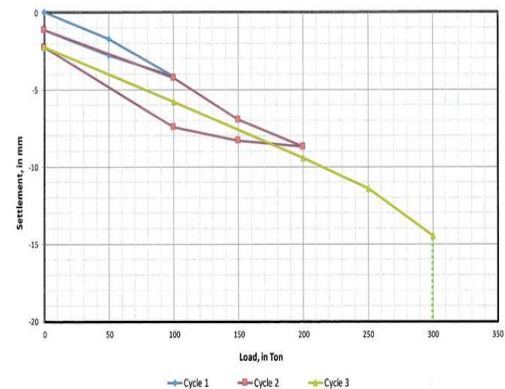
(%)	Load		Settlement (mm)	
	%	ton	TP 26	TP 42
0,0%	0	0	0	0
25,0%	25,00	50,00	0,80	1,80
50,0%	50,00	100,00	2,00	4,20
75,0%	75,00	150,50	3,20	7,00
100,0%	100,00	200,00	4,80	8,80
125,0%	125,00	250,50	7,40	11,50
150,0%	150,00	300,00	10,30	14,50
175,0%	175,00	350,00	13,90	-
200,0%	200,00	400,00	18,40	-

(sumber: PT. Teno Tract Indonesia Raya, 2019)

Penurunan yang terjadi akibat uji pembebanan pada fondasi, diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 Kurva penurunan uji loading test TP-26



Gambar 6 Kurva penurunan uji loading test TP-42

Pengujian *loading test* pada TP-42 tiang pancang mengalami keretakan pada grouting ujung tiang

pancang, sehingga data tidak lengkap dan tidak dapat diinterpretasikan.

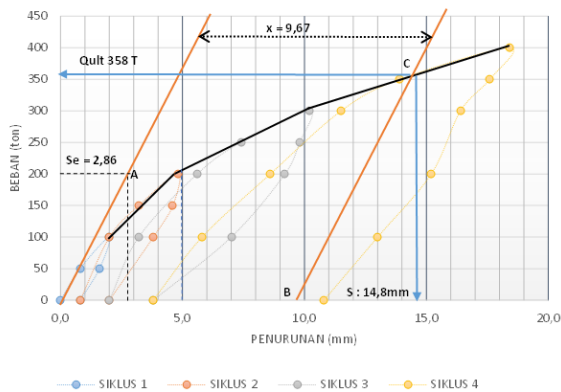
Hasil Interpretasi Loading Test

Hasil dari Analisis dan interpretasi data uji beban statis yang diperoleh dengan 3 metode, diuraikan pada tabel-tabel di bawah ini.

Metoda Davisson

Interpretasi dengan metode Davisson diperlihatkan pada tabel dan gambar di bawah ini:

- Beban rencana (Q_{va}) : 200 ton
- Panjang tiang (L) : 1.500 cm
- Diameter tiang (D) : 60 cm
 - A = 2826 cm²
- Modulus elastisitas tiang : 4.700 x √60
 - E = 36.406,0435 Mpa
 - E = 371,2397 ton/Cm²
- S_e = (200 x 1500)/(2.826 x 317,2397)
 - S_e = 0,28595 Cm
 - S_e = 2,86 Mm
- X = 0,15'' + (60 / 2,54)/120 = 0,381 inch
 - X = 9,67 mm



Gambar 7 Kurva Beban vs Penurunan dengan Metode Davisson TP-26

Berdasarkan **Gambar 7**, nilai daya dukung (Q_{ult}) tiang pancang adalah sebesar 358 ton, sehingga

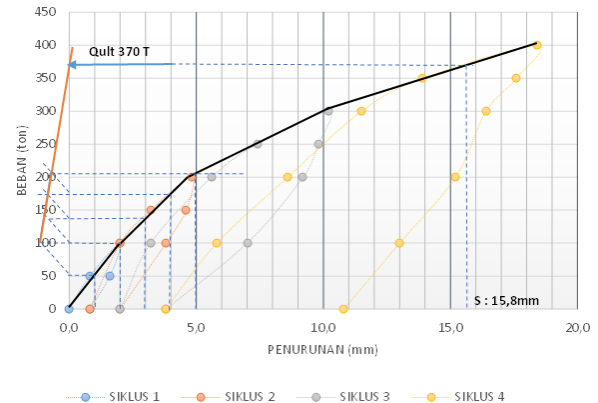
Tabel 5. Pembebanan dan penurunan metode Chin

SIKLUS	BEBAN	PENURUNAN		y	X ²	X.Y	C1.x + C2	
	(Ton)	Inch	Mm	Δ/Q	Mm	Mm ²		
	(%)	(Ton)	(x)					
	0	0	0,0	0,0	0,0			
1	25	50	0,031	0,80	0,02	0,64	0,01	0,017
	50	100	0,079	2,00	0,02	4,00	0,04	0,019
2	75	150	0,126	3,20	0,02	10,24	0,07	0,021
	100	200	0,189	4,80	0,02	23,04	0,12	0,024
3	125	250	0,291	7,40	0,03	54,76	0,22	0,029
	150	300	0,402	10,20	0,03	104,04	0,35	0,033
4	175	350	0,547	13,90	0,04	193,21	0,55	0,039
	200	400	0,724	18,40	0,05	338,56	0,85	0,047
	Σ =		10,8	60,70	0,23	728,49	2,20	
				Σx	Σy	Σx ²	Σxy	

dengan angka keamanan 2 diperoleh daya dukung ijin (Q_{all}) sebesar 179 ton.

Metode Mazurkiewicz

Interpretasi dengan metode Mazurkiewicz diperlihatkan pada **Gambar 7** di bawah ini:



Gambar 7 Kurva Beban vs Penurunan dengan Metode Mazurkiewicz TP-26

Berdasarkan gambar di atas, nilai daya dukung (Q_{ult}) tiang pancang adalah 370 ton, sehingga dengan angka keamanan 2 diperoleh daya dukung ijin (Q_{all}) sebesar 185 ton

Metode Chin

Berdasarkan data pembebanan dan penurunan di setiap siklus dapat ditentukan nilai;

- KF = 1,25
- D = 600
- n = 8,00
- Σx = 60,70
- Σy = 0,23
- Σx² = 728,49
- (Σx)² = 3.684,49
- Σxy = 2,20

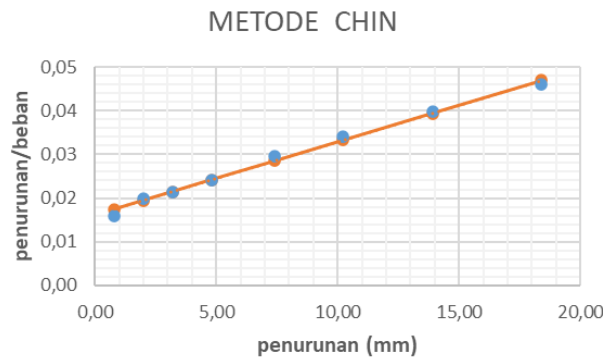
Maka didapatkan nilai;

$$C1 = \left(\frac{(n \cdot \sum xy) - (\sum x \cdot \sum y)}{(n \cdot \sum x^2) - (\sum x)^2} \right)$$

$$C1 = \left(\frac{(8 \times 2,2) - (60,7 \times 0,23)}{(8 \times 728,49) - 3.684,49} \right) = 0,00168$$

$$C2 = \left(\frac{(\sum x^2 \cdot \sum y) - (\sum x \cdot \sum xy)}{(n \cdot \sum x^2) - (\sum x)^2} \right)$$

$$C2 = \left(\frac{(728,49 \times 0,23) - (60,7 \times 2,20)}{(8 \times 728,49) - 3.684,49} \right) = 0,00168$$



Gambar 8 Kurva Beban vs Penurunan dengan Metode Chin pada TP-26

Berdasarkan **Gambar 8**, dapat diperlihatkan bahwa:

$$Q_v = 1/C_1 = 1/0,00168$$

$$Q_v = 594,74 \text{ ton}$$

$$(Q_v\text{-ult}) = Q_v / KF$$

$$(Q_v\text{-ult}) = 594,74 / 1,25 = 475,70 \text{ ton}$$

$$Q_{ult} = Q_v\text{-ult} D / (D + (Q_v\text{-ult} C_2))$$

$$Q_{ult} = (475,70 \times 600) / (600 + (475,70 \times 0,00168))$$

$$Q_{ult} = 469,80 \text{ ton,}$$

$$Q_{all} = Q_{ult} / 2 = 234,90 \text{ ton}$$

Dengan demikian, nilai daya dukung ijin (Q_{all}) adalah sebesar 234,90 ton.

Hasil Verifikasi daya dukung rencana tiang tunggal terhadap daya dukung actual tiang tunggal.

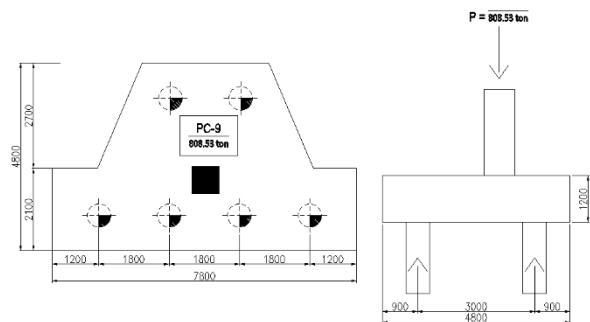
Berdasarkan analisis kapasitas dukung tiang pancang dia. 60 cm pada kedalaman 15 meter dengan metode Mayerhoff yang telah dilakukan, diperoleh pada titik B₁ sebesar 162,464 ton dengan penurunan sebesar 42,5 milimeter, sedangkan pada titik B₂ nilai daya dukung ijin adalah sebesar 209,532 ton dengan penurunan sebesar 52,2 milimeter. Dengan demikian, nilai daya dukung rata-rata B1 dan B2 adalah 185,998 ton dengan penurunan rata-rata sebesar 47,33 milimeter. Hasil analisis daya dukung berdasarkan data Uji Pembebanan Statis (SLT) dengan beban rencana 200 ton dengan menggunakan metode Davisson, metode Mazurkiewich, dan metode Chin masing-masing sebesar 179 ton, 185 ton, dan 234,9 ton, sehingga nilai daya dukung actual rata-rata sebesar 199,63 ton. Perbandingan antara nilai kapasitas dukung rencana rata-rata dan kapasitas dukung actual rata-rata adalah 107,33% dari daya dukung rencana.

Tabel 6. Perbandingan daya dukung rencana tiang Tunggal terhadap daya dukung actual tiang Tunggal

Keterangan	Daya dukung rencana		Daya dukung actual		
	B1	B2	Davisson	Mazurkiewich	Chin
Qall (ton)	162,464	209,532	179	185	441,94
Qall rata-rata (ton)	185,998		199,63		
Penurunan (mm)	4,25	5,22	14,8	15,8	484,76
Penurunan rata ² (mm)	4,73		16,37		
Persentase daya dukung actual			96,24%	99,46%	126,29%
Persentase daya dukung actual rata ²			107,33%		

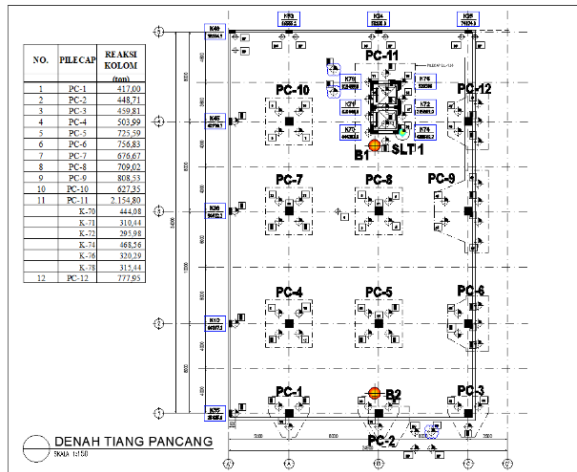
Hasil Verifikasi daya dukung kelompok tiang terhadap beban rencana Gedung.

Analisis daya dukung actual diperlukan untuk dapat mengetahui kemampuan fondasi tiang pancang yang sudah terlaksana dalam konstruksi, sehingga dapat dilakukan evaluasi sebelum pelaksanaan konstruksi struktur atas Gedung. Beban rencana Gedung yang didapatkan dari laporan perhitungan struktur atas diperlihatkan seperti pada **Tabel 7** dan Gambar-gambar di bawah ini.



(sumber: Anugerah Hatatah Indah, 2019)

Gambar 9 Pile Cap PC-9



(sumber: Anugerah Hatatah Indah, 2019)
Gambar 10 Denah Pondasi

Tabel 7. Beban Aksial Rencana Gedung

No Pilecap	Reaksi Kolom (ton)	Berat Pilecap (ton)	Total (ton)
PC-1	417,00	24,95	441,94
PC-2	448,71	24,95	473,66
PC-3	459,81	24,95	484,76
PC-4	503,99	50,52	554,50
PC-5	725,59	50,52	776,11
PC-6	756,83	44,84	801,67
PC-7	676,67	50,52	727,18
PC-8	709,02	81,27	759,54
PC-9	808,53	50,52	889,80
PC-10	627,35	81,27	677,86
PC-11	2.154,80	50,52	2.275,49
PC-12	777,95	120,69	822,79
JUMLAH	9.066,23	44,84	9.564,61

Beban fondasi yang bekerja pada PC-9 yaitu sebesar 808,53 ton ditumpu pada 6 tiang pancang seperti pada **Gambar 9**. Analisis daya dukung tiang pancang kelompok terhadap beban aksial pada salah satu fondasi PC-9 adalah sebagai berikut;

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Analisa daya dukung aksial kelompok tiang pancang terhadap beban aksial

Daya dukung tiang Tunggal : 176 ton				Eg = 0,99
Pilecap	Jumlah tiang	Qg = Eg . N . Qall	Reaksi Beban	
		(ton)	(ton)	
PC-1	3,00	531,63	441,94	< Qall → Aman
PC-2	3,00	531,63	473,66	< Qall → Aman
PC-3	3,00	531,63	484,76	< Qall → Aman
PC-4	4,00	708,84	554,50	< Qall → Aman
PC-5	5,00	886,05	776,11	< Qall → Aman
PC-6	5,00	886,05	801,67	< Qall → Aman
PC-7	5,00	886,05	727,18	< Qall → Aman
PC-8	5,00	886,05	759,54	< Qall → Aman
PC-9	6,00	1.063,26	889,80	< Qall → Aman
PC-10	4,00	708,84	677,86	< Qall → Aman
PC-11	13,00	2.303,73	2.275,49	< Qall → Aman
PC-12	5,00	886,05	822,79	< Qall → Aman
TOTAL	61,00	10.809,81	9.685,30	111,61%

Reaksi kolom = 808,53 ton
 Berat Pilecap = Volume beton x berat jenis beton
 = (28,22 M² x 1,20 M³) 2,40 t/m³
 = 81,27 ton

Beban aksial = Reaksi kolom + berat pilecap
 = 889,80 ton

Khusus untuk formasi kelompok tiang yang membentuk panjang, maka efisiensi kelompok tiang metode menurut Converse-Labarre Formula yang digunakan dalam Analisis adalah:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad \dots 1)$$

Dimana,

- g : Efisiensi kelompok tiang
- m : Jumlah baris tiang
- n : Jumlah tiang dalam satu baris
- θ : $\tan^{-1} \frac{d}{s}$ dalam derajat
- s : Jarak ke pusat tiang
- d : Diameter tiang

Daya dukung aksial tiang pancang kelompok dengan menggunakan nilai daya dukung actual terkecil dari hasil analisis data SLT sebesar 179 ton pada PC-9 adalah,

$$Q_g = n \cdot Q_{all} \cdot E_g$$

$$E_g = \tan^{-1} d/s \frac{((n-1)m) + ((m-1)n)}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$E_g = \tan^{-1} 0,6/1,2 \frac{((6-1)2) + ((2-1)6)}{90 \cdot 2 \cdot 6}$$

$$E_g = 0,99$$

$$Q_g = 6 \times 179 \times 0,99 \text{ ton}$$

$$Q_g = 1.063,26 \text{ ton} > 889,8 \text{ ton} \rightarrow \text{Aman}$$

Rekapitulasi hasil perbandingan analisis daya dukung actual terhadap beban aksial pada setiap kelompok tiang pancang adalah seperti pada **Tabel 8** di bawah ini;

KESIMPULAN

Dari analisis yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa daya dukung berdasarkan data Uji Pembebanan Statis (SLT) dengan beban rencana 200 ton dengan menggunakan metode Davisson, metode Mazurkeiwich, dan metode Chin masing-masing sebesar 179 ton, 185 ton, dan 234,9 ton, sehingga perbandingan antara nilai kapasitas dukung rencana rata-rata dan kapasitas dukung aktual rata-rata adalah 107,33% dari daya dukung rencana.

Dengan demikian, rekomendasi yang dapat disampaikan adalah dalam menentukan jumlah tiang berdasarkan beban rencana gedung dapat diambil dari nilai analisis yang paling kecil yaitu sebesar 179 ton agar struktur pondasi bangunan lebih aman. Jumlah tiang actual adalah 61 tiang dan menghasilkan nilai daya dukung sebesar 10.809,81 ton, sedangkan beban rencana Gedung sebesar 9.066,23 ton, persentase yang didapatkan sebesar 111,61%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fondasi tiang pancang masih aman dan mampu menopang beban rencana Gedung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugerah Hatatah Indah. (2019). *Denah Tiang Pancang Perluasan Kantor SIG Bogor* (p. 101).
- Das, B. M. (2007). *Principles of Foundation Engineering* (7th, SI ed.). Cengage Learning.
- Fadilah, U. N., & Tunafiah, H. (2018). Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data N-SPT Menurut Rumus Reese & Wright dan Penurunan. *IKRA-ITH Teknologi Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(3), 7–13. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/article/view/326>
- Ginting, S. V. N. B., Irwan, I., & Nurmaidah, N. (2019). Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Overpass Sei Semayang Sta. 0+350 pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Binjai. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 3(1), 40. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v3i1.2460>
- Harasid, H., Roesyanto, R., Iskandar, R., & Silalahi, S. A. (2018). An Analysis of the Static Load Test on Single Square Pile of 40x40 cm², Using Finite Element Method in Rusunawa Project, Jatinegara, Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 126(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012044>
- Lim, A. (2014). Evaluasi Formula Penentuan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Data CPT Berdasarkan Metode Langsung (Direct Method). *Research Report - Engineering Science*, 2. <https://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasaa/article/view/1095>
- Mishra, A., Sawant, V. A., & Deshmukh, V. B. (2019). Prediction of Pile Capacity of Socketed Piles Using Different Approaches. *Geotechnical and Geological Engineering*, 37(6), 5219–5230. <https://doi.org/10.1007/s10706-019-00976-0>
- Momeni, E., Maizir, H., Gofar, N., & Nazir, R. (2013). Comparative Study on Prediction of Axial Bearing Capacity of Driven Piles in Granular Materials. *Jurnal Teknologi (Sciences and Engineering)*, 61(3), 15–20. <https://doi.org/10.11113/jt.v61.1777>
- Muliati, T., Rahardjo, P. P., Anggoro, B. W., & Setiawan, R. (2022). The analysis of pile-pile cap behavior under static loading test using distributed fiber optic sensor. *Indonesian Geotechnical Journal*, 1(1), 41–57. <https://doi.org/10.56144/IGJ.V1I1.7>
- Nurmaidah, N. (2017). Studi Analisis Perilaku Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Model Tanah Mohr Coulomb Pada Proyek Paragon Square Tangerang, Banten. *Educational Building: Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan Dan Sipil*, 3(1), 33–39. <https://doi.org/https://doi.org/10.24114/eb.v3i1.7441>
- Prama, H., Purwana, Y. M., Djarwanti, N., Muslih, Y., Djarwanti, N., Purwana, Y. M., & Djarwanti, N. (2015). Perbandingan Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pondasi Minipile Menggunakan Rumus Dinamik, Hasil Uji SPT dengan Hasil Uji PDA. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 3(2), 570. <https://doi.org/10.20961/mateksi.V3I2.37215>
- PT. Sarana Data Persada. (2017). *Laporan Pengujian Tanah Project Pembangunan Gedung SIG-2 Bogor*.
- PT. Teno Tract Indonesia Raya. (2019). *Static Load Test Report Project Pembangunan Gedung SIG-2 Bogor* (Vol. 1).
- Putra, H., & Hidayat, C. (2014). Perbandingan Nilai Daya Dukung Ultimit Tiang Tunggal Berdasarkan Hasil Pengujian Beban Dinamik dan Statik. *Jurnal Jalan-Jembatan*, 31(3), 162–173.

- Rahman, A. A., Hariati, F., Chayati, N., & Taqwa, F. M. L. (2020). Korelasi Hasil Analisis Daya Dukung Ultimit Tiang Bor dengan Hasil Pengujian PDA (Studi kasus: Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi IIIA Simpang Yasmin - Simpang Salabenda). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 4(2), 43. <https://doi.org/10.32832/komposit.v4i2.3468>
- Silitonga, A. P., & Iskandar, R. (2017). Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Metode Analitis dan Loading Test terhadap Metode Elemen Hingga Menggunakan Model Mohr-Coulomb dan Soft Soil pada Bore-Hole I (Studi Kasus Pembangunan Rusunawa Jatinegara Barat Jakarta Timur). *Jurnal Teknik Sipil USU*, 6(1). <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/view/19433>
- Taqwa, F. M. L., Mardiaman, M., Hariati, F., & Muktadir, R. (2024). Rasio Daya Dukung Aksial Bored Pile Berdasarkan Hasil Uji SLT dan PDA (Studi Kasus: Tamansari Apartemen Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan). *Prosiding TAU SNARSTEK: Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi*, 3(1), 165–174. <https://doi.org/10.47970/snarstek.V2I1.567>
- Taqwa, F. M. L., Muktadir, R., Hariati, F., Lutfi, M., & Apriliyandi, A. (2023). Studi Perbandingan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Persegi Berdasarkan Hasil Uji Pembebanan Statik (SLT) dan Uji PDA pada Pembangunan Apartemen Loftville City Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 7(2), 129–138. <https://doi.org/10.32832/komposit.v7i2.9176>
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (2009). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.