

Rasio Daya Dukung Aksial Bored Pile Berdasarkan Hasil Uji SLT dan PDA (Studi Kasus: Tamansari Apartemen Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan)

Fadhila Muhammad Libasut Taqwa¹, Mardiaman², Feril Hariati³, Redho Mukhtadir⁴

Universitas Tama Jagakarsa^{1,2} Universitas Ibn Khaldun Bogor^{1,3,4}

fadhila.muhammad@uika-bogor.ac.id¹

Abstrak— Pondasi dalam merupakan struktur bawah suatu konstruksi yang berfungsi untuk meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah keras yang berada jauh dari permukaan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran respon daya dukung aksial tiang bor tunggal diameter 1000mm melalui pendekatan matematis berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan. Daya dukung aksial rencana diperkirakan melalui analisis hasil penyelidikan tanah (hasil uji N-SPT, hasil uji DCPT, dan hasil pemeriksaan laboratorium), daya dukung aksial aktual diperoleh melalui interpretasi hasil Uji Beban Statis (SLT) dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin, sedangkan hasil uji beban PDA (*Pile Driving Analyzer*) dianalisis menggunakan aplikasi CAP-WAP. Daya dukung aksial direncanakan sebesar 250ton, sedangkan daya dukung aksial rata-rata berdasarkan hasil interpretasi SLT pada tiga tiang pancang yang diuji dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 385; 448; dan 216ton. Nilai daya dukung aktual berdasarkan hasil pengujian PDA adalah sebesar 565ton. Hasil analisa tersebut diperbandingkan dengan nilai daya dukung rencana dan daya dukung uji SLT, sehingga diperoleh nilai *Bearing Capacity Ratio* (BCR). Berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP nilai BCR berturut-turut adalah sebesar 62.8% dan 67.8%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT sebesar 42.8%, 48,0%, dan 25,5%. Dengan demikian, tiang bor tersebut berada dalam kondisi kinerja yang buruk. Dengan membandingkan nilai BCR terhadap beban uji rencana, diperoleh nilai rasio daya dukung (BCR) berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP berturut-turut sebesar 226.0% dan 244.4%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 154.0%, 172.8%, dan 91.9%. Dengan demikian, interpretasi menggunakan metode Davisson dan Mazurkiewicz menunjukkan nilai BCR lebih dari 1,5 yang berarti pemilihan beban rencana pada saat SLT cenderung konservatif. Namun, mengingat nilai faktor keamanan yang memadai diperlukan, maka pondasi tersebut dianggap berfungsi dengan baik. Sedangkan berbeda dengan metode Chin yang nilai BCR-nya kurang dari 1, artinya pondasi menerima beban melebihi daya dukungnya. Hal ini perlu menjadi pertimbangan, apakah terdapat ketidaksesuaian metode yang diterapkan, kesalahan dalam proses penafsiran data, atau jika dan hanya jika analisis dengan metode Chin lebih akurat, maka perlu dilakukan perkuatan pada sistem pondasi.

Keywords — Daya dukung aksial fondasi, fondasi tiang bor, interpretasi uji beban statik (SLT), PDA (*Pile Driving Analyzer*), BCR (*Bearing Capacity Ratio*).

Abstract— Deep foundations are the bottom structure of a construction which functions to transmit construction loads to the hard soil layer which is far from the ground surface. This research aims to provide an overview of the axial bearing capacity response of a single drilled pile with a diameter of 1000mm using a mathematical approach based on the results of the tests carried out. The planned axial bearing capacity is estimated through analysis of soil investigation results (N-SPT test results, DCPT test results, and laboratory examination results), and the actual axial bearing capacity is obtained through interpretation of the Static Load Test (SLT) results using the Davisson, Mazurkiewicz, and Chin methods, while the PDA (*Pile Driving Analyzer*) load test results were analyzed using the CAP-WAP application. The planned axial bearing capacity is 250 tons, while the average axial bearing capacity based on the SLT interpretation results on three piles tested using the Davisson, Mazurkiewicz, and Chin methods respectively is 385; 448; and 216 tons. The actual carrying capacity value based on PDA test results is 565 tons. The results of the analysis are compared with the planned bearing capacity value and the SLT test bearing capacity, to obtain the *Bearing Capacity Ratio* (BCR) value. Based on the interpretation of the PDA and CAP-WAP tests, the BCR values are 62.8% and 67.8% respectively. The BCR values based on the interpretation of the SLT test results were 42.8%, 48.0%, and 25.5%. Thus, the drilled pile is in poor performance condition. By comparing the BCR value to the planned test load, the bearing capacity ratio (BCR) value based on the interpretation of the PDA and CAP-WAP tests was 226.0% and 244.4%, respectively. The BCR value based on the interpretation of the SLT test results using the Davisson, Mazurkiewicz, and Chin methods was 154.0%, 172.8%, and 91.9%, respectively. Thus, interpretation using the Davisson and Mazurkiewicz method shows a BCR value of more than 1.5, which means that the choice of design load during SLT tends to be conservative. However,

considering that adequate safety factor values are required, the foundation is considered to be well-functional. Meanwhile, it is different from the Chin method, where the BCR value is less than 1, meaning the foundation receives a load that exceeds its bearing capacity. This needs to be taken into consideration, whether there is a mismatch in the method applied, an error in the data interpretation process, or if and only if the analysis using the Chin method is more accurate, it is necessary to strengthen the foundation system.

Key words: *axial bearing capacity, single piles, interpretation of Static Loading Test (SLT), PDA (Pile Driving Analyzer) test, BCR (bearing Capacity Ratio).*

I. PENDAHULUAN

Pondasi dalam merupakan salah satu unsur yang sangat penting dalam pembangunan gedung bertingkat, karena pondasi akan memikul seluruh beban suatu bangunan yang besar. [1] Uji pembebanan dilakukan untuk memastikan bahwa daya dukung tiang sebenarnya memenuhi perhitungan daya dukung desain. Uji pembebanan merupakan pengujian terhadap pondasi tiang pancang yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung pondasi sebenarnya di lapangan. [2]

Uji Pembebanan Statis (*Static Loading Test [SLT]*) dimaksudkan untuk memperoleh nilai daya dukung aktual pada pondasi dalam, seperti pondasi tiang pancang atau tiang bor. Pengujian *SLT* mengacu pada Metode Uji Standar ASTM D1143 untuk Tiang dengan Beban Tekan Aksial Statis. [3]

Pengujian beban statis melibatkan penerapan beban statis dan mengukur pergerakan tiang. Pembebanan umumnya diterapkan secara bertahap dan penurunan tiang diamati dan diukur dengan menggunakan satu set *dial gauge* yang dipasang pada kepala tiang [4]. Definisi keruntuhan yang diterima secara umum adalah ketika tiang terus menerus berada dalam penurunan di bawah beban konstan.

Interpretasi hasil uji pembebanan statik merupakan bagian penting untuk mengetahui respon tiang pada penutup dan ujung serta daya dukung ultimit. Dalam berbagai metode penafsiran perlu mendapat perhatian dalam hal menentukan daya dukung ultimit yang diperoleh karena setiap metode memberikan hasil yang berbeda-beda. [5], [6]

Pengujian daya dukung tiang pancang juga dapat dilakukan dengan metode pengujian dinamik. Pengujian dinamik tiang (uji PDA) didasarkan pada analisis gelombang satu dimensi yang dihasilkan ketika tiang dipukul dengan palu yang sesuai [7], [8]. Dua jenis instrumen diperlukan untuk

pengujian tiang pancang secara dinamis. Satu set akselerometer dan satu set transduser regangan dipasang di atas tiang. [9]–[11]

Penelitian bertujuan untuk memberikan gambaran prediksi daya dukung aksial tiang pancang dalam pembangunan gedung apartemen di kota Tangsel, melalui pendekatan yang berbeda. Daya dukung aksial desain diperkirakan melalui hasil penyelidikan tanah (hasil uji N-SPT, DCPT (Dutch Cone Penetration Test), dan hasil pemeriksaan laboratorium), sedangkan daya dukung aksial sebenarnya diperoleh melalui interpretasi hasil uji beban statis, dan tes PDA. [12]

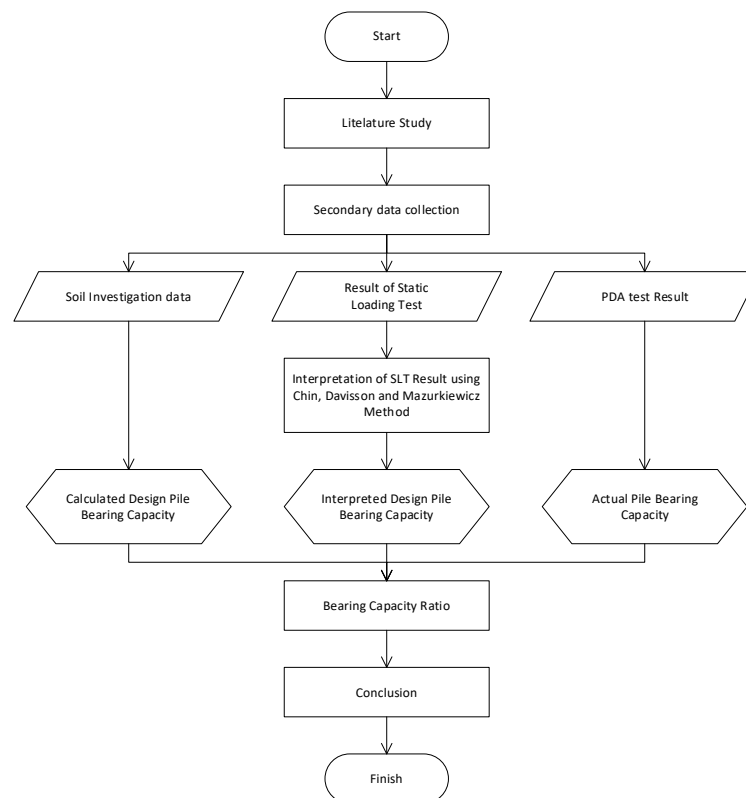
II. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu perhitungan daya dukung aksial desain berdasarkan hasil uji N-SPT, DCPT, dan hasil pemeriksaan laboratorium [13], [14] pembacaan hasil tes PDA, interpretasi hasil tes SLT, dan perhitungan nilai BCR.

Data hasil penyelidikan tanah selanjutnya dianalisis untuk memperoleh nilai daya dukung tiang rencana, dan berdasarkan data hasil uji SLT dilakukan interpretasi terhadap daya dukung aktual dengan menggunakan metode Chin, Davisson dan Mazurkiewicz. Hasil analisis dan interpretasi data kemudian dibahas dan diambil kesimpulan. [15]

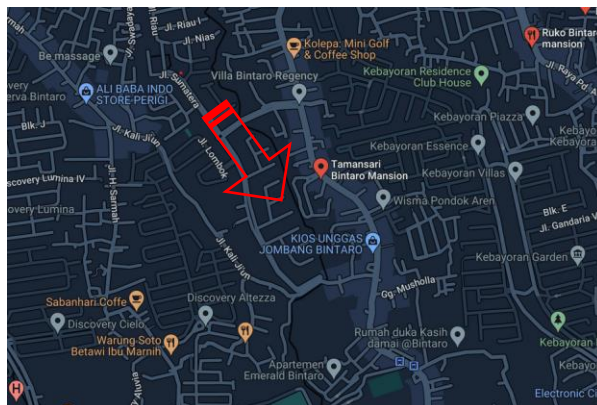
Selanjutnya dilakukan perbandingan daya dukung hasil interpretasi dengan daya dukung ujung sebenarnya berdasarkan pengujian PDA sehingga diperoleh nilai BCR (Bearing capacity Ratio). Nilai BCR dijadikan acuan dalam menentukan daya dukung. Metode yang digunakan untuk mendekati daya dukung adalah uji lapangan dengan uji PDA [16]. Menurut Prama [17] nilai BCR yang mendekati 100% merupakan persamaan dengan nilai Q_{ult} yang paling mendekati hasil uji beban. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



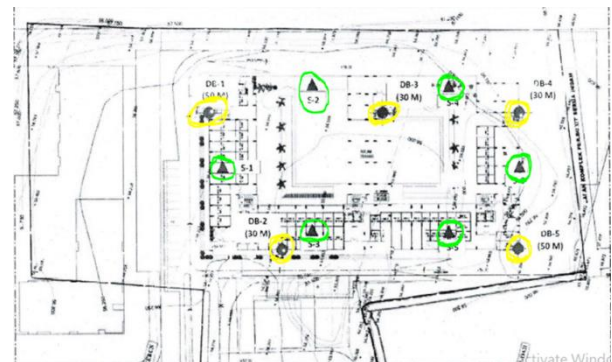
Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

B. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Tamansari Proyek pembangunan Bintaro Mansion berlokasi di Jalan Jombang Raya, Bintaro, Kota Tangerang Selatan, seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2 Lokasi Pembangunan Apartemen Tamansari Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan



(sumber: data proyek)

Gambar 3 Titik pengujian SPT dan DCPT (sondir)

Nilai stratifikasi dan SPT tiap lapisan tanah ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Stratifikasi dasar tanah

Kedalaman (m)	Jenis tanah	N _{SPT}
0,0 – 4,0	Tanah liat berlumpur yang kaku	10 – 24
4.0 – 7.0	Lumpur liat yang kaku	24 – 41
7.0 – 11.5	Lumpur Clayey kaku hingga keras	41->60
11.5 – 26.0	Lumpur Tanah liat keras yang membatu	>60 - 48
26.0 – 30.0	Lumpur tanah liat sangat keras membatu	48–22

(Sumber: data proyek)

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Hasil Investigasi Tanah

Pengujian SPT dan DCPT masing-masing dilakukan di 5 (lima) titik seperti terlihat pada Gambar 3.

Berdasarkan hasil uji SPT, diketahui kedalaman rencana pondasi adalah 18 meter dari permukaan tanah (CoL). Daya dukung ultimit (Q_{ult}) pada tiang bor $\varnothing 600$ dan $\varnothing 1000$ mm berturut-turut adalah sebsar 500 ton dan 900 ton.

B. Hasil Uji PDA (Pile Driving Analyzer).

PDA (Pile Driving Analyzer) dilakukan pada 7 (tujuh) titik tiang pancang. Distribusi titik tes SLT ditunjukkan pada **Gambar 4** di bawah ini.



(sumber: data proyek)

Gambar 4 Titik pengujian PDA dan SLT

Berdasarkan hasil pengujian PDA yang telah dilakukan, daya dukung tiang sebenarnya ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Hasil tes PDA pada Bored Pile $\varnothing 1000$

No. Piles	Bearing		CAPWAP	
	Caps PDA. (ton)	End Bearing (ton)	Friction (ton)	Jumlah (ton)
BP-57	544	82.0	466.7	548.7
BP-132	615	63.9	569.6	633.6
BP-181	572	65.1	531.4	596.5
BP-16	579	127.4	553.8	681.2
BP-201	515	100.0	498.0	598.0
Rata-rata	565.0	87.7	523.9	611.6

(sumber: analisa PDA, PT. PDTI)

Dari Tabel 2 di atas, diperlihatkann bahwa daya dukung izin maksimum (Q_{ult}) berdasarkan hasil PDA dan CAPWAP masing-masing adalah 565ton dan 611ton .

C. Data Uji Pembebanan Statis

Uji Beban Statis di Tamansari Bintaro Mansion dilakukan pada 6 tiang bor dengan diameter 1000 mm. Spesifikasi jenis pembebanan dan jumlah tiang uji ditunjukkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Spesifikasi uji pembebanan statis

No.	Jenis Pembebanan	Beban Diterapkan	Jumlah Tiang yang Diuji
1.	Uji pembebanan aksial tekan	250 ton	3 unit (BP-057, BP-132, BP-201)
2.	Uji pembebanan aksial tarik	100 ton	1 unit (BP-127)
3.	Uji pembebanan lateral	25 ton	2 unit (BP-036, BP-167)

Besaran pembebanan dan hasil *Loading Test* ditunjukkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4** berikut ini:

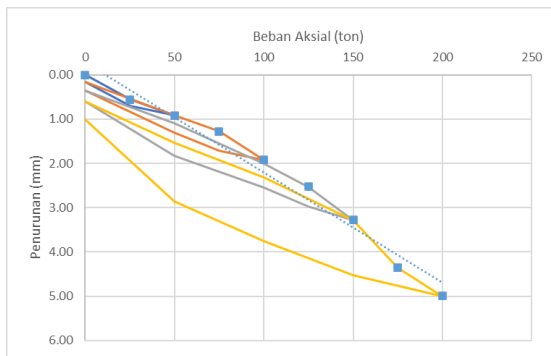
Tabel 4 Uji Beban Aksial Tekan dengan kapasitas 250 ton pada tiang bor $\varnothing 1000$ mm

Siklus	Beban (%)	Beban ton	Rata-rata Penurunan (mm)		
			BP-057	BP-132	BP-201
1	0,0%	-	-	-	-
	25,0%	62.50	0,46	0,42	0,45
	50,0%	125.00	0,89	0,67	0,87
	25,0%	62.50	0,66	0,49	0,61
2	0,0%	-	0,14	0,01	0,13
	50,0%	125.00	0,92	0,74	0,99
	75,0%	187,50	1,46	1,07	1,32
	100,0%	250,00	1,92	1,47	1,76
	75,0%	187,50	1,78	1,37	1,54
3	50,0%	125.00	1,56	1,01	1,18
	0,0%	-	0,67	-	0,13
	50,0%	125.00	1,25	0,81	1,00
	100,0%	250,00	1,99	1,56	1,77
	125,0%	312.50	2,54	1,84	2,15
	150,0%	375.00	3,28	2,35	2,69
	125,0%	312.50	3,13	2,27	2,47
4	100,0%	250,00	2,90	2,20	2,32
	50,0%	125.00	2,22	1,12	1,32
	0,0%	-	1,18	-	0,13
	50,0%	125.00	2,09	0,86	1,11
	100,0%	250,00	2,76	1,63	1,97
	150,0%	375.00	3,40	2,36	2,63
	175,0%	437,50	4,27	2,86	3,18
	200,0%	500,00	5,47	3,80	4,20
	150,0%	375.00	5,03	3,41	3,54
	100,0%	250,00	4,44	2,77	2,87
	50,0%	125.00	3,77	1,88	1,94
	0,0%	-	2,30	0,60	0,28

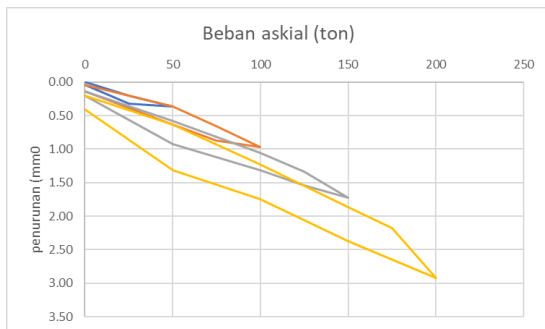
Tabel 5 Rekapitulasi hasil loading test

Beban (%)	Beban ton	Psi	Rata-rata Penurunan (mm)		
			TP-059	TP-362	TP-784
0,0%	0	0	0	0	0
25,0%	25.0	242.5	0,56	0,20	0,61
50,0%	50.0	485.0	0,95	0,36	1,32
75,0%	75.0	727.5	1,29	0,65	1,92
100,0%	100.0	970.0	1,94	0,97	2,88
125,0%	125.0	1212.5	2,53	1,34	3,75
150,0%	150.0	1455.0	3,29	1,72	4,61
175,0%	175.0	1697.5	4,41	2,18	5,53
200,0%	200.0	1940.0	5,27	2,92	6,72

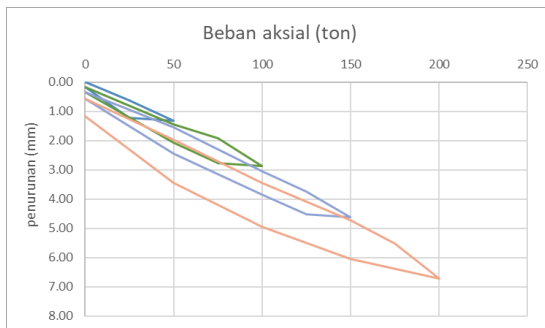
Penurunan yang terjadi pada uji pembebanan siklik pada pondasi ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 Beban vs penurunan pada BP-057



Gambar 6 Beban vs penurunan pada BP-132



Gambar 7 Beban vs penurunan pada BP-201

D. Hasil Interpretasi SLT

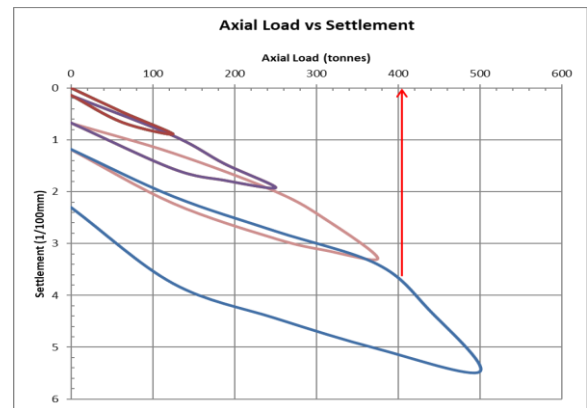
Analisis dan interpretasi data uji beban statis dengan masing-masing metode dijelaskan pada tabel di bawah ini.

a. metode Davisson

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

Tabel 6 Analisis data uji beban menggunakan metode Davisson pada BP-057

Q (ton)	Q (KN)	Penurunan		$D = \frac{Q_{va}L}{AE}$	D+x
		mm	inci		
0.0	0.0	0.00	0.000	0.0000	0.4781
62.5	556.3	0.46	0.018	0.2428	0.7209
125.0	1112.5	0.89	0.035	0.4856	0.9636
187.5	1668.8	1.46	0.057	0.7283	1.2064
250.0	2225.0	1.92	0.076	0.9711	1.4492
312.5	2781.3	2.54	0.100	1.2139	1.6920
375.0	3337.5	3.28	0.129	1.4567	1.9348
437.5	3893.8	4.27	0.168	1.6995	2.1776
500.0	4450.0	5.47	0.215	1.9423	2.4203

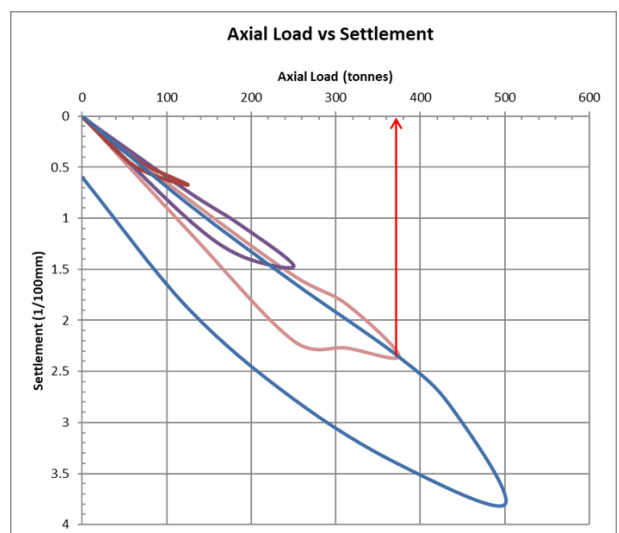


Gambar 8 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Davisson pada BP-057

Berdasarkan Gambar 8, nilai daya dukung (Q_{ult}) tiang pancang adalah 400ton.

Tabel 7 Analisis data uji beban menggunakan metode Davisson pada BP-132

Q (ton)	Q (KN)	Penurunan		$D = \frac{Q_{va}L}{AE}$	D+x
		mm	inci		
0.0	0.00	0.000	0.0000	0.4781	0.00
62.5	0.46	0.018	0.2428	0.7209	0.46
125.0	0.89	0.035	0.4856	0.9636	0.89
187.5	1.46	0.057	0.7283	1.2064	1.46
250.0	1.92	0.076	0.9711	1.4492	1.92
312.5	2.54	0.100	1.2139	1.6920	2.54
375.0	3.28	0.129	1.4567	1.9348	3.28
437.5	4.27	0.168	1.6995	2.1776	4.27
500.0	5.47	0.215	1.9423	2.4203	5.47

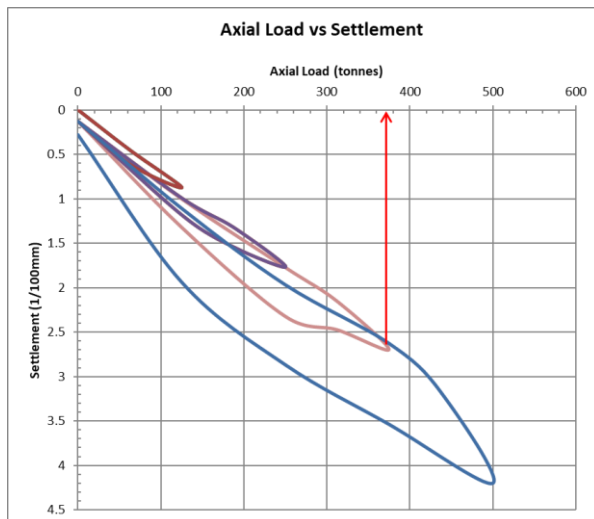


Gambar 9 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Davisson pada TP-362

Berdasarkan Gambar 9, nilai daya dukung (Q_{ult}) tiang pancang adalah 370ton.

Tabel 8 Analisis data uji beban metode Davisson pada BP-201

Q (ton)	Q (KN)	Penurunan		$D = \frac{Q_{va}L}{AE}$	D+x
		mm	inci		
0.0	0.00	0.000	0.0000	0.4781	0.00
62.5	0.46	0.018	0.2428	0.7209	0.46
125.0	0.89	0.035	0.4856	0.9636	0.89
187.5	1.46	0.057	0.7283	1.2064	1.46
250.0	1.92	0.076	0.9711	1.4492	1.92
312.5	2.54	0.100	1.2139	1.6920	2.54
375.0	3.28	0.129	1.4567	1.9348	3.28
437.5	4.27	0.168	1.6995	2.1776	4.27
500.0	5.47	0.215	1.9423	2.4203	5.47



Gambar 10 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Davisson pada TP-784

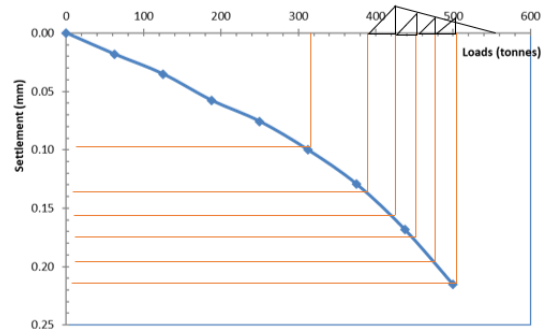
Berdasarkan Gambar 10 nilai daya dukung (Q_{ult}) adalah sebesar 375ton.

b. Metode Mazurkiewicz

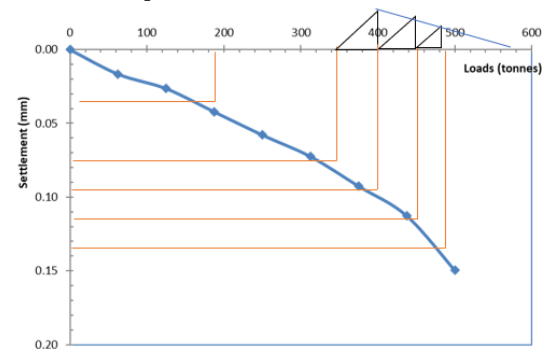
Interpretasi dengan metode Mazurkiewicz ditunjukkan pada **Tabel 8** dan gambar di bawah ini:

Tabel 9 Analisis data uji beban dengan metode Mazurkiewicz

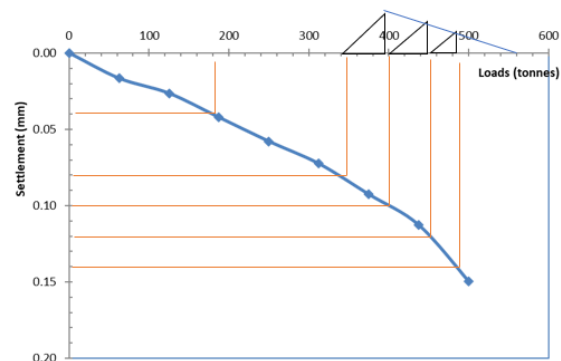
Q (ton)	Penurunan (mm)		
	TP-059	TP-362	TP-784
0,0	0,00	0,000	0,00
5.0	0,56	0,205	0,610
50.0	0,95	0,365	1.317
75.0	1.29	0,655	1.922
100,0	1.94	0,973	2.880
125.0	2.53	1.340	3.745
150.0	3,29	1.723	4.610
175.0	4,40	2.180	5.527
200,0	5.00	2.918	6.725



Gambar 11 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Mazurkiewicz pada BP-057



Gambar 12 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Mazurkiewicz pada BP-132



Gambar 13 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Mazurkiewicz pada TP-784

Berdasarkan gambar di atas, nilai daya dukung (Q_{ult}) tiang dengan faktor reduksi 80% dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 10 Rekapitulasi nilai daya dukung terkoreksi menggunakan metode Mazurkiewicz

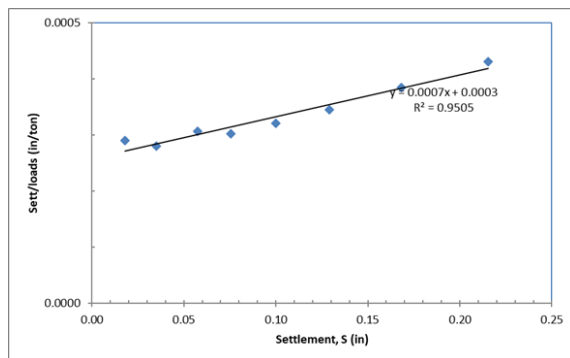
No. BP	Qu (ton)	Qu (red.)
BP-057	540	432
BP-132	570	416
BP-201	560	448
Rata-rata		432

c. Metode Chin

Interpretasi dengan metode Chin ditunjukkan pada **Tabel 10** dan **Gambar 14** berikut ini:

Tabel 11 Analisis data uji beban dengan metode Chin pada BP-057

Q (ton)	Δ		Δ/Q
	mm	in	
0.0	0.00	0.00	-
62.5	0.46	0.02	0.00029
125.0	0.89	0.04	0.00028
187.5	1.46	0.06	0.00031
250.0	1.92	0.08	0.00030
312.5	2.54	0.10	0.00032
375.0	3.28	0.13	0.00034
437.5	4.27	0.17	0.00038
500.0	5.47	0.22	0.00043



Gambar 14 Kurva Beban vs Settlement dengan Metode Chin pada TP-059

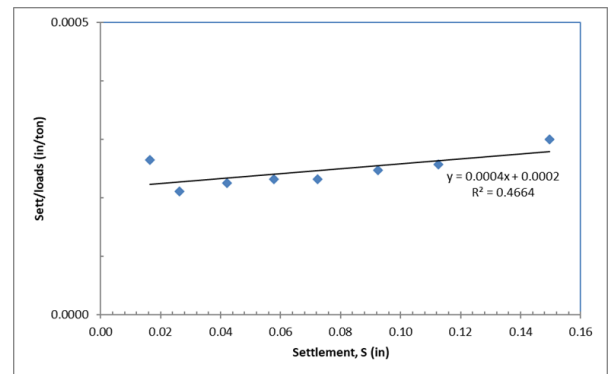
Berdasarkan **Gambar 14** dapat ditunjukkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 0.0007 \\
 C_2 &= 0.0003 \\
 Q_{v-ult} &= 1/C_1 \\
 Q_{v-ult} &= 1428.6 \text{ tonnes} \\
 (Q_{ult}) &= Q_{v-ult} D / (D + (Q_{v-ult} C_2)) \\
 (Q_{ult}) &= 214.9 \text{ tonnes}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai daya dukung (Q_{ult}) = 214.9 ton.

Tabel 12 Analisis data uji beban dengan metode Chin pada BP-057

Q (ton)	Δ		Δ/Q
	mm	in	
0.0	0.00	0.00	-
62.5	0.42	0.02	0.00026
125.0	0.67	0.03	0.00021
187.5	1.07	0.04	0.00022
250.0	1.47	0.06	0.00023
312.5	1.84	0.07	0.00023
375.0	2.35	0.09	0.00025
437.5	2.86	0.11	0.00026
500.0	3.80	0.15	0.00030



Gambar 15 Kurva Beban vs Settlement dengan Metode Chin pada TP-059

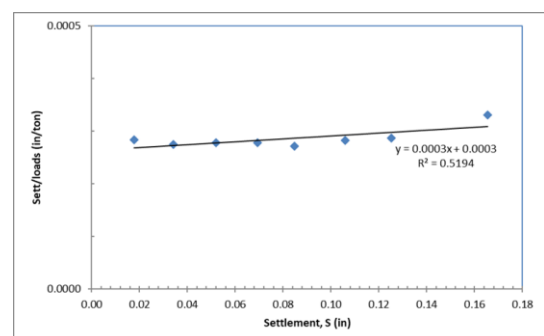
Berdasarkan **Gambar 14** dapat ditunjukkan bahwa:

$$\begin{aligned}
 C_1 &= 0.0004 \\
 C_2 &= 0.0003 \\
 Q_{v-ult} &= 1/C_1 \\
 Q_{v-ult} &= 2500.0 \text{ tonnes} \\
 (Q_{ult}) &= Q_{v-ult} D / (D + (Q_{v-ult} C_2)) \\
 (Q_{ult}) &= 259.3 \text{ tonnes}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai daya dukung (Q_{ult}) = 259.3 ton.

Tabel 13 Analisis data uji beban dengan metode Chin BP-207

Q (ton)	Δ		Δ/Q
	mm	in	
0.0	0.00	0.00	-
62.5	0.45	0.02	0.00028
125.0	0.87	0.03	0.00027
187.5	1.32	0.05	0.00028
250.0	1.76	0.07	0.00028
312.5	2.15	0.08	0.00027
375.0	2.69	0.11	0.00028
437.5	3.18	0.13	0.00029
500.0	4.20	0.17	0.00033



Gambar 16 Kurva Beban vs penurunan dengan Metode Chin BP-207

Berdasarkan **Gambar 16** dapat ditunjukkan bahwa:

$$C_1 = 0.0003$$

$$C_2 = 0.0003$$

$$Q_{v-ult} = 1/C_1$$

$$Q_{v-ult} = 3333.3 \text{ tonnes}$$

$$(Q_{ult}) = Q_{v-ult} D / (D + (Q_{v-ult} C_2))$$

$$(Q_{ult}) = 216.0 \text{ tonnes}$$

Dengan demikian, nilai daya dukung (Q_{ult}) = 216.0ton.

Tabel 14 Rekapitulasi hasil interpretasi daya dukung tiang berdasarkan uji SLT

Metode	Daya dukung (ton)			Rata-rata
	BP-057	BP-132	BP-207	
Davisson	410.0	370.0	375.0	385.00
Mazurkiewicz	432.0	416.0	448.0	432.00
Chin	214.2	259.3	216.0	229.83
Rata-rata	352.07	348.43	346.33	348.95

(sumber: analisis data, 2023)

Berdasarkan **Tabel 13** di atas, nilai rata-rata daya dukung dengan metode Chin menunjukkan nilai yang paling rendah jika dibandingkan dengan metode interpretasi lainnya.

Hasil interpretasi data tersebut kemudian dibandingkan dengan daya dukung akhir rencana. Nilai perbandingan daya dukung (BCR) ditunjukkan pada **Tabel 14** di bawah ini.

Tabel 15 Bearing Capacity Ratio

Metode Analisis	Daya dukung (ton)	BCR (%)
Daya dukung rencana		
SPT (Meyerhof)	900.0	100.00%
Interpretasi hasil tes SLT		
PDA test	565.0	62.78%
CAP-WAP	611.0	67.89%
Davisson	385.0	42.78%
Mazurkiewicz	432.0	48.00%
Chin	229.8	25.53%

(sumber: analisis data, 2023)

Berdasarkan **Tabel 14** di atas terlihat bahwa nilai rasio daya dukung (BCR) berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP berturut-turut sebesar 62.8% dan 67.8%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 42.8%, 48,0%, dan 25,5%.

Nilai BCR di bawah 100% menunjukkan kinerja tiang yang buruk. Hal ini dapat terjadi karena penentuan daya dukung ultimit rencana berdasarkan hasil uji SPT, sebesar 900ton, yang dinilai terlalu optimistik, mengingat sebagian besar beban fondasi diterima oleh daya dukung friksi.

Tabel 16 Bearing Capacity Ratio berdasar beban uji SLT

Metode Analisis	Daya dukung (ton)	BCR (%)
Daya dukung rencana		
Beban uji SLT	250.0	100.00%
Interpretasi hasil tes SLT		
PDA test	565.0	226.00%
CAP-WAP	611.0	244.40%
Davisson	385.0	154.00%
Mazurkiewicz	432.0	172.80%
Chin	229.8	91.92%

(sumber: analisis data, 2023)

Dengan membandingkan nilai BCR terhadap beban uji rencana, diperoleh nilai rasio daya dukung (BCR) berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP berturut-turut sebesar 226.0% dan 244.4%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 154.0%, 172.8%, dan 91.9%.

Dengan demikian, interpretasi menggunakan metode Davisson dan Mazurkiewicz menunjukkan nilai BCR lebih dari 1,5 yang berarti pemilihan beban rencana pada saat SLT cenderung konservatif. Namun, mengingat nilai faktor keamanan yang memadai diperlukan, maka pondasi tersebut dianggap berfungsi dengan baik. Berkebalikan dengan hasil interpretasi daya dukung dengan metode Chin, dimana nilai BCR tidak mencapai 100%.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa daya dukung aksial

desain pada tiang bor Ø1000 adalah 900ton. Nilai daya dukung aktual berdasarkan hasil pengujian PDA adalah sebesar 565ton. Berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP nilai BCR berturut-turut adalah sebesar 62.8% dan 67.8%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 42.8%, 48,0%, dan 25,5%. Dengan demikian, tiang bor tersebut berada dalam kondisi kinerja yang buruk.

Nilai BCR yang tidak mendekati 100% kemungkinan terjadi karena kesalahan penentuan daya dukung rencana untuk pengujian SLT, sebesar 250ton, jauh di bawah nilai daya dukung aktual berdasarkan uji PDA.

Dengan membandingkan nilai BCR terhadap beban uji rencana, diperoleh nilai rasio daya dukung (BCR) berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP berturut-turut sebesar 226.0% dan 244.4%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 154.0%, 172.8%, dan 91.9%.

Dengan demikian, interpretasi menggunakan metode Davisson dan Mazurkiewicz menunjukkan nilai BCR lebih dari 1,5 yang berarti pemilihan beban rencana pada saat SLT cenderung konservatif. Namun, mengingat nilai faktor keamanan yang memadai diperlukan, maka pondasi tersebut dianggap berfungsi dengan baik. Sedangkan berbeda dengan metode Chin yang nilai BCR-nya kurang dari 1 berarti pondasi menerima beban melebihi daya dukungnya.

Hal ini perlu menjadi pertimbangan, apakah terdapat ketidaksesuaian metode yang diterapkan, kesalahan dalam proses penafsiran data, atau jika dan hanya jika analisis dengan metode Chin lebih akurat, maka perlu dilakukan perkuatan pada sistem pondasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mishra, V. A. Sawant, and V. B. Deshmukh, "Prediction of Pile Capacity of Socketed Piles Using Different Approaches," *Geotech. Geol. Eng.*, vol. 37, no. 6, pp. 5219–5230, 2019, doi: 10.1007/s10706-019-00976-0.
- [2] A. Lim, "Evaluasi Formula Penentuan Daya Dukung Aksial Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Data CPT Berdasarkan Metode Langsung (Direct Method)," *Res. Rep. - Eng. Sci.*, vol. 2, 2014, Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://journal.unpar.ac.id/index.php/rekayasa/article/view/1095>
- [3] A. P. Silitonga and R. Iskandar, "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)," *J. Tek. Sipil USU*, vol. 6, no. 1, Nov. 2017, Accessed: Dec. 22, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jts/article/view/19433>
- [4] K. M. Wibisono, R. D. Budiman, and G. S. Budi, "Korelasi antara Uji Tarik Pondasi Tiang dengan Uji PDA," *J. Dimens. Pratama Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, pp. 251–258, Nov. 2019, doi: 10.1080/10641197909379805.
- [5] E. Yulianan and T. Rahayu, "Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test," *J. Konstr.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–13, 2018, doi: <https://doi.org/10.24853/jk.9.2.1-13>.
- [6] H. Harasid, R. Roesyanto, R. Iskandar, and S. A. Silalahi, "An Analysis of the Static Load Test on Single Square Pile of 40x40 cm², Using Finite Element Method in Rusunawa Project, Jatinegara, Jakarta," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 126, no. 1, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/126/1/012044.
- [7] S. V. N. B. Ginting, I. Irwan, and N. Nurmaidah, "Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Overpass Sei Semayang Sta. 0+350 pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan-Binjai," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 3, no. 1, p. 40, 2019, doi: 10.31289/jcebt.v3i1.2460.
- [8] P. J. N. Warouw, J. Rangkang, and E. J. Saerang, "Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Jembatan Kalasey dengan Tes PDA pada Jalan Manado Outer Ringroad III STA 9+799," in *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi Politeknik Negeri Manado*, 2022, pp. 296–306. Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.polimdo.ac.id/index.php/semnas/article/view/394>
- [9] E. Momeni, H. Maizir, N. Gofar, and R. Nazir, "Comparative study on prediction of axial bearing capacity of driven piles in granular materials," *J. Teknol. (Sciences Eng.)*, vol. 61, no. 3, pp. 15–20, 2013, doi: 10.11113/jt.v61.1777.
- [10] G. Pratama, A. Kawanda, and H. Wijaya, "Studi Perubahan Daya Dukung Tiang Pancang terhadap Waktu Berdasarkan Uji Pembebanan Statik dan Dinamik," *J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 2, no. 4, pp. 113–122, 2019, doi: <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6169>.
- [11] H. Putra and C. Hidayat, "Perbandingan Nilai Daya Dukung Ultimit Tiang Tunggal Berdasarkan Hasil Pengujian Beban Dinamik dan Statik," *J. Jalan-Jembatan*, vol. 31, no. 3, pp. 162–173, 2014.
- [12] A. A. Rahman, F. Hariati, N. Chayati, and F. M. L. Taqwa, "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)," *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, p. 43, Mar. 2020, doi: 10.32832/komposit.v4i2.3468.
- [13] B. M. Das, *Principles of Foundation Engineering*, 7th, SI ed. Stamford: Cengage Learning, 2007.
- [14] K. Terzaghi, R. B. Peck, and G. Mesri, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [15] F. M. L. Taqwa, R. Mukhtadir, F. Hariati, M. Lutfi, and A. Apriliyandi, "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,” *J. Komposit J. Ilmu-ilmu Tek. Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 129–138, Aug. 2023, DOI: 10.32832/komposit.v7i2.9176.
- [16] M. N. D. Ramadhan, D. P. Solin, and M. D. Astawa, “Analisis Pengaruh Variasi Bentuk dan Variasi Dimensi Terhadap Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Gedung Kuliah Bersama dan Laboratorium FEB UPN ‘Veteran’ Jawa Timur,” *Padur. J. Tek. Sipil Univ. Warmadewa*, vol. 11, no. 2, pp. 245–252, Nov. 2022, doi: 10.22225/pd.11.2.5628.245-252.
- [17] H. Prama *et al.*, “Perbandingan Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pondasi Minipile Menggunakan Rumus Dinamik, Hasil Uji SPT dengan Hasil Uji PDA,” *E-jurnal Matriks Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, p. 570, Jun. 2015, doi: 10.20961/MATEKSI.V3I2.37215.