



Studi Komparasi Kapasitas Dukung Rencana dan Kapasitas Dukung Aktual Fondasi Tiang Pancang Pada Konstruksi *Slab On Pile* Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2

Agung Hari Wibowo^{1,*}, Sulardjaka^{1,2}, Silviana^{1,3}

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: agung.w@mail.ugm.ac.id

(Received: February 1, 2024; Accepted: February 28, 2024)

Abstract

Comparative Study of Planned Carrying Capacity and Actual Bearing Capacity of Pile Foundations in Slab On Pile Construction on the Semarang-Demak Toll Road Section 2. Semarang-Demak Toll Road Section 2 with a length of 16.31 km crosses the North Coast of Java. The regional geological map shows that the North Coast of Java has alluvial soil layers with clay and silt characteristics. The results of soil investigations show that the depth of the soft layer reaches more than 60 m. This condition triggers construction engineering to support the highway above it. One of the efforts to fulfill the elevation plan (finish grade) is the flyover concept with slab on pile construction. The planned traffic lane is laid on a concrete slab which is supported by piles with a diameter of 600 mm. With sufficiently deep soft soil layers, the bearing capacity of the foundation piles is borne by the frictional resistance provided by the soil along the piles. This comparative study compares the planned carrying capacity calculated by the empirical formula with the actual carrying capacity of the field as a result of the PDA Test. Calculations were made on 5 test poles for later comparisons were made with the PDA test record data. For the case of 14 days driving at the research location, the pile bearing capacity from the PDA test results is still below the design bearing capacity. The average actual carrying capacity obtained from the 5 test piles is 278 tons. This value is below the planned carrying capacity of the Shio & Fukui method of 381 tons, Meyerhoff's 355 tons, Biaud et al.'s 777 tons, and Luciano Decourt's 605 tons. At the age of the pile 14 days after the erection was completed, the results of the calculation of the bearing capacity of the Meyerhoff method are closest to the actual bearing capacity of the PDA test results with a ratio of 1.26. The next method is Shio & Fukui with a ratio of 1.36, Luciano Decourt (2.16), and Biaud et al. (2.81). Some of the results of previous studies showed a positive correlation between the age after completion of the pile and the frictional carrying capacity. For this type of friction pile, this is of course very influential, so that it is possible that when it is realized that it is carried out with a longer service life, the actual bearing capacity obtained will increase. This requires further research to obtain a time relationship with an increase in pile bearing capacity, especially for locations that have deep soft soil layers such as in this study location.

Keywords: *ultimate bearing capacity, friction capacity, foundation, pile, N-SPT.*

Abstrak

Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2 sepanjang 16,31 km melintas di Kawasan Pantai Utara Jawa. Peta Geologi Regional menunjukkan bahwa di area Pantai Utara Jawa memiliki lapisan tanah alluvial dengan karakteristik lempung dan lanau. Hasil penyelidikan tanah menunjukkan kedalaman lapisan lunak hingga mencapai lebih dari 60 m. Kondisi ini memicu rekayasa konstruksi untuk menopang jalan raya di atasnya. Salah satu upaya pemenuhan elevasi rencana (*finish grade*) adalah dengan konsep *elevated road* dengan konstruksi *slab on pile*. Jalur lalu-lintas rencana diletakkan pada sebuah pelat beton (*concrete slab*) yang ditopang oleh tiang-tiang pancang diameter 600 mm. Dengan kondisi lapisan tanah lunak yang cukup dalam, kapasitas dukung tiang-tiang fondasi ditanggung oleh tahanan gesek yang diberikan tanah di sepanjang tiang. Studi komparasi ini membandingkan kapasitas dukung rencana yang dihitung dengan rumus empirik dengan kapasitas dukung aktual lapangan hasil PDA Test. Perhitungan dilakukan pada 5 tiang uji untuk kemudian dilakukan komparasi dengan *data record PDA test*. Untuk kasus umur pemancangan 14 hari di lokasi penelitian, kapasitas dukung tiang dari hasil PDA *test* masih di bawah angka kapasitas dukung rencana. Kapasitas dukung aktual rata-rata yang diperoleh dari 5 tiang uji adalah sebesar 278 ton. Nilai ini berada di bawah kapasitas dukung rencana metode Shio & Fukui sebesar 381 ton, Meyerhoff sebesar 355 ton, Biaud et al. sebesar 777 ton, dan Luciano Decourt sebesar 605 ton. Di umur tiang pancang 14 hari setelah selesai pemancangan, hasil perhitungan kapasitas dukung metode Meyerhoff yang paling mendekati kapasitas dukung aktual hasil PDA test dengan rasio 1,26. Disusul berikutnya metode Shio & Fukui dengan rasio 1,36, Luciano Decourt (2,16), dan Biaud et al. (2,81). Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan terdapat korelasi positif antara umur setelah selesai pemancangan dengan kapasitas dukung gesek. Untuk jenis tiang friksi hal ini tentu sangat berpengaruh, jadi memungkinkan ketika tinjauan dilakukan dengan umur pemancangan yang lebih lama, maka daya dukung aktual yang didapat akan meningkat. Hal ini membutuhkan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hubungan waktu dengan kenaikan daya dukung tiang pancang, utamanya untuk lokasi yang memiliki lapisan tanah lunak cukup dalam seperti di lokasi penelitian ini.

Kata kunci: *kapasitas dukung ultimit, kapasitas gesek, pondasi, tiang pancang, N-SPT.*

How to Cite This Article: Wibowo, A. H., Sulardjaka, S., Silviana, S. (2024). Studi Komparasi Kapasitas Dukung Rencana dan Kapasitas Dukung Aktual Fondasi Tiang Pancang Pada Konstruksi Slab On Pile Jalan Tol Semarang – Demak Seksi 2. *JPII*, 2(1), 47-53. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.23917>

PENDAHULUAN

Semarang-Demak merupakan dua kota terhubung yang secara geografis terletak di pesisir Pantai Utara Jawa yang memiliki struktur geologi berupa tanah endapan (*alluvium*). *Alluvium* yang juga sering disebut *alluvial* mempunyai umur skala geologis muda dan tidak terkonsolidasi menjadi batuan padat (Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, n.d.). Material *alluvium* berupa lempung, lanau, dan pasir bergradasi buruk yang memiliki kuat geser relatif kecil. Ketebalan material *alluvium* di sepanjang pesisir Kendal-Semarang-Demak berkisar antara 60 s.d. 100 m (Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan Dan Sifat- Sifat Dasar Tanah Lunak, 2001). Kondisi demikian mengharuskan perencanaan fondasi untuk konstruksi bangunan harus dilakukan dengan cermat dan matang, termasuk konstruksi *slab on pile* di Ruas Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2.

Struktur *slab on pile* di Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2 memiliki konsep *elevated road* yang ditopang oleh kelompok fondasi tiang pancang. Kedalaman tiang pancang berkisar antara 45 s.d. 60 m (Gardjito & Abduh, 2021). Model *floating pile* digunakan dalam konstruksi ini di mana ujung tiang tidak mencapai

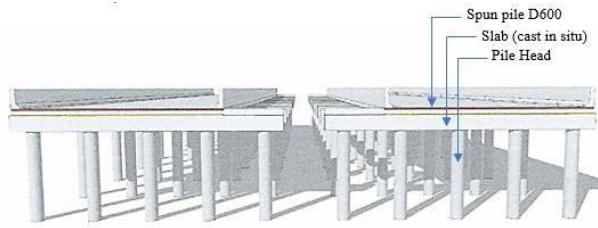
lapisan tanah keras, sehingga kapasitas dukung dari fondasi tiang lebih didominasi tahanan gesek dari luasan permukaannya (*friction pile*). Hal ini yang menjadikan penulis tertarik untuk melakukan kajian perbandingan antara kapasitas dukung rencana tiang pancang dari data N-SPT yang dihitung secara empirik dengan nilai kapasitas dukung tiang pancang terpasang yang diperoleh dari data *pile driving analyzer* (PDA).

Slab On Pile

Struktur *slab on pile* terdiri dari *slab* (pelat), *pile head*, dan kelompok tiang pancang yang dipasang dengan jarak dan kedalaman tertentu (Santoso et al., 2022). *Slab* berfungsi sebagai jalur lalu-lintas, ditopang oleh kelompok tiang yang diikat menggunakan *pile head*. Pondasi tiang direncanakan dengan jarak dan kedalaman tertentu untuk mendapatkan daya dukung yang cukup untuk menopang beban rencana.

Slab pada konstruksi *slab on pile* di Jalan Tol Semarang-Demak direncanakan menggunakan beton bertulang dan diletakkan di atas *pile head* yang juga terbuat dari beton bertulang. *Slab* dan *pile head* kemudian ditopang oleh tiang pancang lingkaran (*spunpile*)

berdiameter 600 mm dengan kedalaman 45 s.d. 60 m (Gardjito & Abduh, 2021).



Gambar 1. Konstruksi slab on pile (Andika, 2020)

Kapasitas Dukung Tiang Pancang dari N-SPT

Standard Penetration Test (SPT) merupakan salah satu kegiatan penyelidikan tanah yang dilakukan untuk memperoleh parameter fisik maupun kekuatan tanah (Warman, 2019). Kegiatan uji SPT akan diperoleh sampel dari lapisan tanah beserta nilai N. Nilai N selanjutnya disebut N-SPT yang merupakan jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung standar sedalam 30,48 cm (Hardiyatmo, 2003). Pada perancangan fondasi, nilai N dapat dipakai sebagai indikasi kemungkinan model keruntuhan fondasi yang akan terjadi (Terzaghi & Peck, 1967). Uji SPT merupakan kegiatan penyelidikan tanah dengan hasil yang cukup komprehensif untuk digunakan dalam kegiatan perancangan fondasi.

Kapasitas dukung ultimit neto fondasi tiang adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit dan tahanan gesek ultimit antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang (Hardiyatmo, 2015). Kapasitas dukung fondasi tiang pancang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \quad (1)$$

$$Q_u = A_b f_b + A_s f_s - W_p \quad (2)$$

Dengan,

W_p = berat sendiri tiang (kN)

Q_u = kapasitas dukung ultimit (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

A_b = luas ujung tiang (m^2)

f_b = tahanan ujung satuan tiang

Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

f_s = tahanan gesek satuan tiang

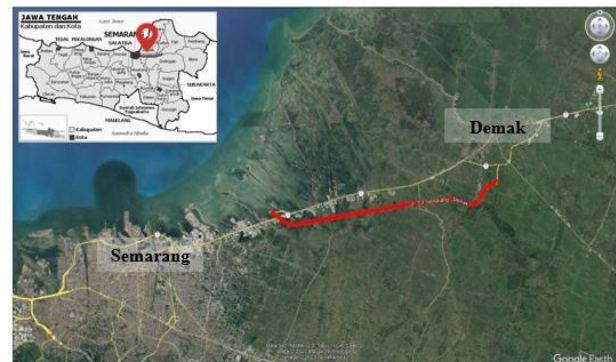
Perhitungan kapasitas dukung rencana fondasi tiang pancang dengan menggunakan data N-SPT dapat dilakukan dengan beberapa metode. Adapun cara yang digunakan untuk menghitung kapasitas dukung rencana pada laporan studi kasus ini diantaranya adalah Shio & Fukui (1956), Mayerhoff (1976), Briaud et al. (1985), dan Luciano Decourt (1987). Empat metode ini dibedakan pada besaran tahanan ujung satuan tiang (f_b) dan besaran tahanan gesek tiangnya (f_s).

Kapasitas Dukung Tiang Pancang dari Pengujian *Pile Driving Analyzer* (PDA)

Pile Driving Analysis merupakan salah satu metode pengujian dinamik yang dilakukan untuk mendapatkan daya dukung ultimit fondasi tiang melalui analisis getaran yang ditimbulkan akibat tumbukan alat pemukul (Hardiyatmo, 2015). Pada pengujian tiang menggunakan cara dinamis dilakukan dengan menempatkan dua pasang sensor secara berlawanan. Satu pasang sensor terdiri dari pengukur regangan (*strain transducer*) dan pengukur percepatan (*accelerometer*) yang dipasang di bawah kepala tiang (minimum jarak dari kepala tiang ke transducer $1,5d-2d$, dimana d adalah diameter tiang) sehingga ada jarak bebas pada saat tumbukan. Akibat tumbukan *hammer* pada kepala tiang, sensor akan menangkap gerakan yang timbul dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam. Hasil rekaman tes PDA dianalisa lebih lanjut dengan *Software CAPWAP*. *CAPWAP (Case Pile Wave Analysis Program)* adalah program aplikasi analisa numerik yang menggunakan masukan data gaya (*force*) dan kecepatan (*velocity*) yang diukur oleh tes PDA (Agung et al., 2020). Hasil pemrosesan adalah daya dukung aktual tiang pancang di lapangan.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian



Gambar 2. Lokasi penelitian

Ruas jalan tol yang memiliki panjang 16,30 km ini mulai dikerjakan akhir 2019 hingga selesai dan mulai dibuka pada awal tahun 2023. Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2 dibangun di atas dua model konstruksi yakni timbunan tanah sepanjang 6,30 km dan struktur *slab on pile* sepanjang 10,00 km (Gardjito & Abduh, 2021). Penelitian ini selanjutnya berfokus pada daya dukung tiang pancang pada struktur *slab on pile* di Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2.

Jenis dan Sumber Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder berupa data penyelidikan tanah (N-SPT) dan *Pile Driving Analysis*

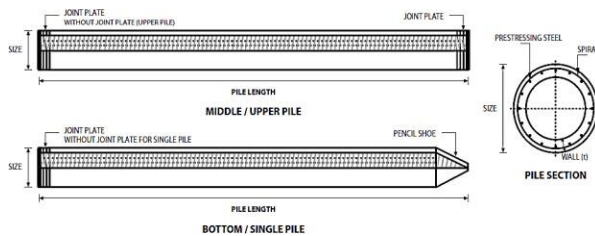
(PDA) *Record* yang diperoleh dari PT Virama Karya (Persero) selaku konsultan supervisi pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2.

Data *PDA record* kemudian dipilih beberapa sample yang memiliki karakteristik sama (kedalaman dan umur pemancangan) untuk kemudian dibandingkan dengan daya dukung hasil perhitungan empirik yang dihitung berdasarkan kapasitas dukung tanah dari data N-SPT yang ada.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Teknis Tiang Pancang

Dua tipe kelas *sunpile* D600 dipakai yakni Kelas A1 untuk *Bottom, Middle 1, dan Middle 2*. Sedangkan untuk *Upper* digunakan *sunpile* D600 Kelas B. Kelas A1 memiliki *moment crack* sebesar 17 ton m dan *moment break* sebesar 25 ton m. Untuk kelas B memiliki *moment crack* sebesar 25 ton m dan *moment break* sebesar 45 ton m.



Gambar 3. Detail *sun pile* D600

Spunpile D600 yang digunakan memiliki tebal 100 mm dengan luas penampang 1570,80 cm dan inersia penampang sebesar 510508,81 cm⁴. Berat per meter panjang adalah 393 kg.

Kapasitas Dukung Tiang Pancang dari Hasil PDA Test

Data hasil *PDA Test* yang digunakan dalam laporan studi komparasi ini sebagai daya dukung aktual lapangan pada fondasi tiang pancang struktur *slab on pile* di Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2 adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Data tiang uji

No	Titik Pancang	Panjang		Umur Terpasang
		Tertanam	Total	
1	PS.199 A	55 m	60 m	14 hari
2	PS.213 A	56 m	60 m	14 hari
3	PS.241 J	51 m	57 m	14 hari
4	PS.092 L	53 m	60 m	14 hari
5	PS.106 J	54 m	60 m	14 hari

Tabel 2. Kapasitas dukung tiang dari hasil uji PDA dan CAPWAP

No	Titik Pancang	Daya Dukung PDA (ton)	Daya Dukung CAPWAP		
			Daya Dukung Friksi (ton)	Daya Dukung Ujung (ton)	Daya Dukung Total (ton)
1	PS.199 A	263	146,9	146,8	293,7
2	PS.213 A	279	173,6	95,1	268,7
3	PS.241 J	252	211,4	67,5	278,9
4	PS.092 L	260	203,5	80	283,5
5	PS.106 J	336	270	80	350

Kapasitas Dukung Tiang Pancang dari Rumus Empirik

Pemilihan data N-SPT yang dipakai dalam studi komparasi ini adalah data yang berada di sekitar kelima titik pancang yang ditampilkan pada Tabel 1. Data N-SPT yang dipakai ditampilkan dalam Tabel 3. Data N-SPT selanjutnya dijadikan dasar dalam menghitung kapasitas dukung rencana menggunakan beberapa rumus empirik untuk kemudian dibandingkan dengan kapasitas dukung aktual.

Tabel 3. Data N-SPT pada lokasi tiang uji

No.	Kedalaman (m)	N-SPT				
		PS.199 A	PS.213 A	PS.241 J	PS.092 L	PS.106 J
1	0.00	1	1	1	2	3
2	-2.00	2	2	3	4	6
3	-4.00	1	1	2	3	4
4	-6.00	1	1	1	4	2
5	-8.00	2	1	1	2	2
6	-10.00	1	1	2	2	5
8	-12.00	2	1	3	3	4
9	-14.00	2	1	2	4	5
10	-16.00	3	2	3	4	6
11	-18.00	3	1	4	5	7
12	-20.00	2	1	5	5	8
13	-22.00	3	2	5	7	9
14	-24.00	2	2	5	6	11
15	-26.00	1	1	7	7	12
16	-28.00	1	4	8	8	14
17	-30.00	1	3	8	11	13
18	-32.00	2	5	14	13	15
19	-34.00	4	10	16	9	20
20	-36.00	8	17	13	11	18
21	-38.00	20	22	14	13	24
22	-40.00	29	11	17	14	26
23	-42.00	25	33	20	15	31
24	-44.00	27	40	25	18	32
25	-46.00	31	27	28	20	35
26	-48.00	33	29	31	23	39
27	-50.00	22	37	20	27	40
28	-52.00	47	31	18	28	31
29	-54.00	41	54	24	33	33
30	-56.00	36	3	49	28	25

31	-58.00	33	2	54	30	35
32	-60.00	45	29	31	34	41
33	-62.00	48	30	18	26	47
34	-64.00	27	23	15	27	50
35	-66.00	22	20	14	15	52
36	-68.00	18	16	11	17	55
37	-70.00	21	25	24	28	28

Berikut berturut-turut adalah hasil perhitungan kapasitas dukung tiang pancang dari rumus empirik metode Shio & Fukui (1956), Mayerhoff (1976), Briaud et al. (1985), dan Luciano Decourt (1987):

Tabel 4. Kapasitas dukung ultimit Shio & Fukui (1956)

Tiang Uji	f_b	Q_b (ton)	f_s	Q_s (ton)	W_p (ton)	Q_u (ton)
PS.199 A	264,67	41,57	22,64	352,26	23,58	370,25
PS.213 A	274,00	43,04	23,72	375,79	23,58	395,25
PS.241 J	275,67	43,30	19,85	286,29	22,40	307,20
PS.092 L	273,50	42,96	19,85	297,61	23,58	316,99
PS.106 J	266,17	41,81	32,50	496,41	23,58	514,64
Rata-rata		42,54		361,67		380,87

Tabel 5. Kapasitas dukung ultimit Mayerhoff (1976)

Tiang Uji	f_b	Q_b (ton)	f_s	Q_s (ton)	W_p (ton)	Q_u (ton)
PS.199 A	1411,67	22,17	22,64	352,26	23,58	350,85
PS.213 A	1095,11	17,20	23,72	375,79	23,58	369,41
PS.241 J	646,00	10,15	19,85	286,29	22,40	274,04
PS.092 L	1077,67	16,93	19,85	297,61	23,58	290,96
PS.106 J	1044,00	16,40	32,50	496,41	23,58	489,23
Rata-rata		16,57		361,67		354,90

Tabel 6. Kapasitas dukung ultimit Briaud et al. (1985)

Tiang Uji	f_b	Q_b (ton)	f_s	Q_s (ton)	W_p (ton)	Q_u (ton)
PS.199 A	7332,16	115,17	45,28	704,38	23,58	795,98
PS.213 A	6648,39	104,43	45,89	726,96	23,58	807,81
PS.241 J	5686,14	89,32	43,58	628,66	22,40	695,57
PS.092 L	6742,39	105,91	43,58	653,36	23,58	735,69
PS. 106 J	6621,09	104,00	50,28	767,99	23,58	848,42
Rata-rata		103,77		696,27		776,69

Tabel 7. Kapasitas dukung ultimit L. Decourt (1987)

Tiang Uji	f_b	Q_b (ton)	f_s	Q_s (ton)	W_p (ton)	Q_u (ton)
PS.199 A	7332,16	115,17	45,28	704,38	23,58	795,98
PS.213 A	744,38	11,69	38,74	602,65	23,58	590,77
PS.241 J	584,48	9,18	40,54	642,16	22,40	627,76
PS.092 L	577,27	9,07	34,08	491,58	23,58	478,25
PS. 106 J	684,51	10,75	34,09	511,00	23,58	498,18
Rata-rata		10,65		842,63		829,70

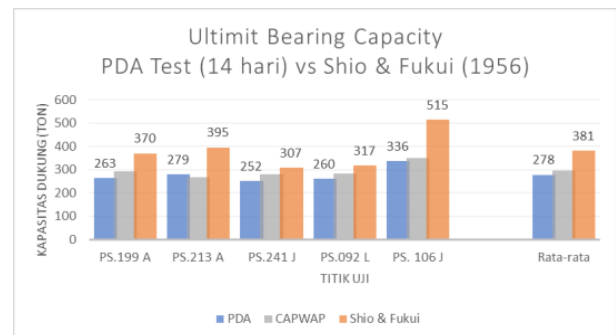
Perbandingan Kapasitas Rencana dan Kapasitas Aktual Lapangan

Hasil perhitungan kapasitas dukung rencana dari beberapa metode dibandingkan dengan kapaitas dukung aktual yang diperoleh dari hasil PDA Test. Rekapitulasi perhitungan daya dukung ditampilkan pada Tabel 8.

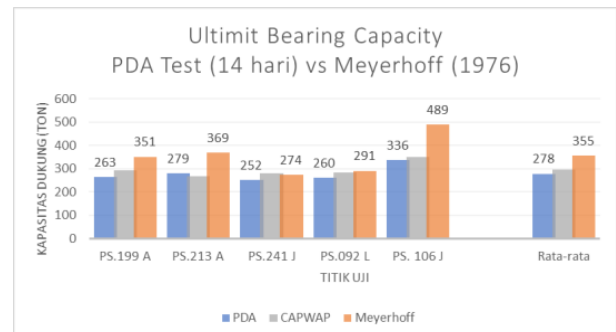
Tabel 8. Rekapitulasi kapasitas dukung ultimit

Tiang Uji	Kapasitas Dukung Ultimit (ton)					
	Shio & Fukui	Meyerhoff	Biaud et al.	L. Decourt	PDA Test	CAPWAP
PS.199 A	370,25	350,85	795,98	795,98	263,00	293,70
PS.213 A	395,25	369,41	807,81	590,77	279,00	268,70
PS.241 J	307,20	274,04	695,57	627,76	252,00	278,90
PS.092 L	316,99	290,96	735,69	478,25	260,00	283,50
PS. 106 J	514,64	489,23	848,42	498,18	336,00	350,00
Rata-rata	380,87	354,90	776,69	829,70	278,00	295,00

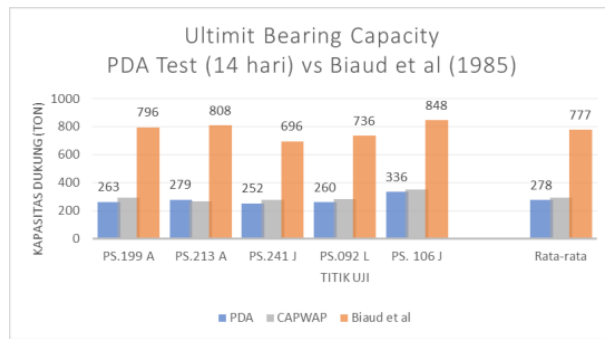
Tabel 8 menunjukkan bahwa hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit rencana tiang pancang pada konstruksi *slab on pile* di Jalan Tol Semarang-Demak Seksi 2 dengan Metode Meyerhoff (1976) paling kecil di antara ketiga metode lainnya (Shio & Fukui 1956; Briaud et al. 1985; dan Decourt 1987). Hasil perhitungan kapasitas dukung Metode Meyerhoff juga paling dekat dengan kapasitas dukung aktual hasil PDA test yang dilakukan pada tiang pancang berumur 14 hari setelah terpasang. Rata-rata kapasitas dukung yang diperoleh dari metode Meyerhoff adalah sebesar 354,90 ton, sementara kapasitas dukung rata-rata hasil PDA test umur pemancangan 14 hari adalah sebesar 278 ton dan hasil analisa CAPWAP menunjukkan daya dukung rata-rata sebesar 295 ton. Nilai perbandingan antara keduanya adalah 1,26. Perbandingan dari masing- masing metode ditampilkan pada Gambar 4, 5, 6, dan 7.



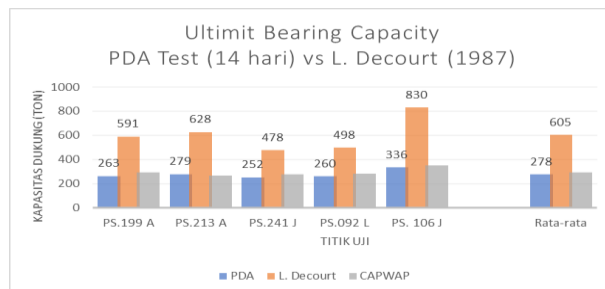
Gambar 4. Kapasitas dukung ultimit metode Shio & Fukui vs PDA Test



Gambar 5. Kapasitas dukung ultimit metode Meyerhoff vs PDA Test



Gambar 6. Kapasitas dukung ultimit metode Biaud et al. vs PDA Test



Gambar 7. Kapasitas dukung ultimit metode Luciano Decourt vs PDA Test

Nilai rasio masing-masing daya dukung rencana terhadap daya dukung aktual berdasarkan hasil PDA tes pada saat tiang pancang berumur 14 hari berturut-turut adalah 1,36 untuk Shio & Fukui; 1,26 untuk Meyerhoff; 2,81 untuk Biaud et al.; dan 2,16 untuk Luciano Decourt. Sedangkan rasio dengan hasil analisis CAPWAP adalah 1,28 untuk Shio & Fukui; 1,20 untuk Meyerhoff, 2,65 untuk Biaud et al.; dan 2,04 untuk Luciano Decourt. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan metode Meyerhoff yang paling mendekati kapasitas dukung aktual lapangan berdasarkan hasil PDA test.

KESIMPULAN

Kesimpulan tulisan mengenai studi komparasi kapasitas dukung rencana dari rumus empirik dengan kapasitas dukung aktual lapangan hasil PDA Test ini adalah sebagai berikut:

- Seluruh hasil perhitungan kapasitas dukung ultimit rencana tiang pancang dari hasil rumus empirik menunjukkan hasil yang lebih besar daripada kapasitas dukung aktual lapangan hasil PDA Test yang dilakukan pada saat umur pemancangan mencapai 14 hari. Artinya pada umur 14 hari, tiang belum mencapai kapasitas dukung rencananya dan pekerjaan belum dapat dilanjutkan ke tahapan berikutnya.
- Dari empat metode yang digunakan untuk menghitung kapasitas rencana, Metode Meyerhoff menunjukkan nilai yang paling mendekati kapasitas dukung aktual lapangan. Rasio rata-rata

kapasitas dukung dari 5 tiang uji yang dihitung dengan Metode Meyerhoff terhadap kapasitas dukung hasil PDA Test adalah sebesar 1,26. Selanjutnya diikuti oleh Metode Shio & Fukui dengan rasio 1,36; Luciano Decourt 2,16; dan Biaud et al. 2,81. Komparasi terhadap hasil analisis CAPWAP juga dilakukan, dimana didapatkan rasio 1,20 untuk Meyerhoff, Shio & Fukur sebesar 1,28. Sedangkan untuk Biaud et al. sebesar 2,65 dan L. Decourt sebesar 2,04.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, M., Syaifuddin, F. H., Karlinasari, R., & Soedarsono. (2020). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Bored Pile Dari Hasil Tes PDA Berdasarkan Metode Chin, Mazurkiewich dan Davisson. *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 4 Klaster Engineering*, 201–207. <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kim ueng/article/view/11587>
- Andika, M. (2020). Work Method Statement Pekerjaan Slab Cor In Situ Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang - Demak STA. 10+690 s/d 27+000.
- Gardjito, E., & Abduh, M. (2021). Studi Awal Timbunan Pre-loading dan Struktur Slab On Pile pada Tanah Lunak: Jalan Tol Semarang–Demak Seksi II Sta. 10+ 690 s/d 27+ 000. *Seminar Keinsinyuran Program Profesi Insinyur Universitas Muhammadiyah Malang*, 2.
- Hardiyatmo, H. C. (2003). *Mekanika Tanah II* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi II* (3rd ed.). Gadjah Mada University Press.
- Loahardjo, L., Goni, R. S., Tjandra, D., & Suwono, J. I. (2013). Studi Mengenai Kapasitas Friksi Tiang Pada Tanah Lempung Ekspansif Yang Ditinjau Dari Kadar Air Tanah, Waktu, Dan Material. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 2(2), 1–8.
- Maharini, A. S. A., & Alexander, H. B. (2023, February 25). Tol Semarang-Demak Diresmikan, Urai Kemacetan Jalur Pantura. *KOMPAS.Com*. <https://www.kompas.com/properti/read/2023/02/25/182026921/tol-semarang-demak-diresmikan-urair-kemacetan-jalur-pantura>
- Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak (1st ed.). (2001). Pusat Litbang Prasarana Transportasi.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (n.d.). *Alluvium*. MAGMA Indonesia. Retrieved January 12, 2023, from <https://magma.esdm.go.id/v1/edukasi/glossary/alluvium>
- Putri, M. S., Apriyanti, Y., & Fahriani, F. (2018). Analisis Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan

Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Statik Dan Uji Beban. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, 1–6.

<http://www.journal.ubb.ac.id/index.php/snppm/article/view/624>

Santoso, T. M., Wahyudi, M. S., Muhrozi, M., & Atmanto, I. D. (2022). Analisis Struktur Slab on Pile Studi Kasus Jalan Tol Semarang – Demak Seksi 2. *Teknika*, 17(1), 21–34. <https://doi.org/10.26623/teknika.v17i1.4823>

Satria, Z., Fatnanta, F., & Nugroho, S. A. (2020). Pengaruh Waktu Terhadap Daya Dukung Fondasi Tiang Pada Tanah Lunak Dengan Variasi Kekasaran. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 16(1). <https://doi.org/10.25077/jrs.16.1.12-24.2020>

Tarigan, R. (2021). Waktu Yang Dibutuhkan Pondasi Tiang Pancang Memperoleh Daya Dukung Friksi Ideal Akibat Preboring. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(2), 78–85. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30811/portal.v13i2.2352>

Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley and Sons, Inc. <https://doi.org/10.1680/geot.1963.13.4.267>

Warman, R. S. (2019). *Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum.

Zufrizal, & Sunartono. (2021, June 13). Proyek Tol Semarang - Demak Seksi 2 Rampung 2022. *Harian Jogja*. <https://news.harianjogja.com/read/2021/06/13/500/1074343/proyek-tol-semarang-demak-seksi-2-rampung-2022>