

Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Alat Berat *Drop Hammer* dan *Hydraulic Static Pile Driver* (HSPD)

Moch. Edwin Ardiansyah¹, Arief Aliehudien¹, Amri Gunasti¹

Universitas Muhammadiyah Jember

DOI: <https://10.47134/scbmej.v1i1.2152>

*Correspondensi: Moch. Edwin Ardiansyah

Email: edwinardiansyah24@gmail.com

Published: 16 January 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Pondasi merupakan suatu dasar atau struktur bawah yang dapat memikul seluruh beban di atasnya. Daya dukung pondasi dan penurunan pondasi sangat penting bagi suatu perencanaan pondasi. Dalam proyek pembangunan gedung Fakultas Teknologi Pertanian di Politeknik Jember, dilakukan analisis perhitungan ulang untuk membandingkan daya dukung menggunakan dua metode, yaitu HSPD dan Drop Hammer. Daya dukung tanah dihitung berdasarkan data Standar Penetration Test (SPT) dari 2 titik penyelidikan tanah. Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya dukung tanah dengan menggunakan asumsi Drop Hammer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan daya dukung HSPD dan Drop Hammer. Dan hasilnya bisa dilaksanakan menggunakan 2 alat berat HSPD dan Drop Hammer di lokasi tersebut. Dalam perbandingan pemancangan Drop

Hammer dan HSPD pada pondasi mini pile 25 x 25cm bisa dilaksanakan. Serta dilapangan dapat menggunakan 2 alat berat secara bersamaan yaitu HSPD untuk spun pile D 50 cm pada nilai daya dukung ijin yang terkecil 68 ton sedalam kurang lebih 12 meter dan drop hammer untuk mini pile pada nilai daya dukung ijin 40,94 ton sedalam kurang lebih 6 meter. Akan tetapi bila menggunakan drop hammer di kawasan dekat penduduk jangan lupa rencanakan pekerjaan parit agar mengurangi getaran pada sekitar.

Kata Kunci: Daya Dukung Tanah, Drop Hammer, HSPD

Abstrak: The foundation is a base or bottom structure that can carry all the loads above it. Foundation bearing capacity and foundation settlement are very important for foundation planning. In the construction project for the Faculty of Agricultural Technology building at Jember Polytechnic, a recalculation analysis was carried out to compare the carrying capacity using two methods, namely HSPD and Drop Hammer. Soil bearing capacity is calculated based on Standard Penetration Test (SPT) data from 2 soil investigation points. Next, the soil bearing capacity is calculated using the Drop Hammer assumption. The research results show that there is a difference in the carrying capacity of HSPD and Drop Hammer. And the results can be carried out using 2 HSPD heavy equipment and a Drop Hammer at that location. In comparison, Drop Hammer and HSPD driving on a 25 x 25cm mini pile foundation can be carried out. And in the field you can use 2 heavy equipment simultaneously, namely HSPD for spun pile D 50 cm at the smallest permitted carrying capacity value of 68 tonnes at a depth of approximately 12 meters and drop hammer for mini piles at a permitted carrying capacity value of 40.94 tonnes at a depth of approximately 6 meters. However, if you use a drop hammer in areas near residents, don't forget to plan the trench work to reduce vibrations to the surrounding area.

Keywords: Soil Bearing Capacity, Drop Hammer, HSPD

PENDAHULUAN

Pondasi merupakan suatu dasar atau struktur bawah yang dapat memikul seluruh beban di atasnya. Daya dukung pondasi dan penurunan pondasi sangat penting bagi suatu perencanaan pondasi (Yuliawan & Rahayu, 2018). Pondasi secara umum ada 2 (dua) ba-

gian yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan jenis pondasi ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk jenis struktur atas (apakah beban ringan atau beban berat) dan kondisi tanah di lokasi tersebut (Yuliana et al., 2021). Untuk konstruksi dengan beban ringan dan tanah yang cukup baik, pondasi dangkal umumnya digunakan. Namun, pada konstruksi dengan beban berat, pondasi dalam menjadi pilihan yang lebih tepat. Secara umum, permasalahan yang terkait dengan pondasi dalam lebih kompleks dibandingkan pondasi dangkal. Pondasi tiang pancang adalah jenis pondasi yang terdiri dari batang panjang dan langsing. Fungsinya adalah untuk mengarahkan beban pondasi melalui lapisan tanah dengan daya dukung rendah hingga mencapai lapisan tanah keras yang memiliki kapasitas daya dukung yang tinggi. Pondasi ini biasanya ditempatkan pada kedalaman yang lebih dalam dibandingkan pondasi dangkal. Daya dukung tiang pancang diperoleh dari dua faktor utama (Haryadi & Prakoso, 2023). Pertama, dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang berasal dari tekanan yang dihasilkan di ujung tiang ketika menahan beban. Kedua, dari daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*) yang dihasilkan oleh gesekan atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah di sekitarnya. Dengan kombinasi daya dukung ujung dan daya dukung geser, pondasi tiang pancang mampu menopang beban struktur atas dengan efektif dan aman melalui lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah menuju ke tanah yang lebih kuat dan stabil di bagian bawahnya (Rajib Bithom, 2020).

Daya dukung tanah (*bearing capacity*) merujuk pada kemampuan tanah di sekitar dan di bawah pondasi untuk menahan beban yang diterima dari struktur di atasnya. Penentuan daya dukung pondasi dan estimasi penurunan pondasi dapat dihitung berdasarkan data tanah yang diperoleh dari pengujian baik di laboratorium maupun di lapangan. Pengujian tanah di laboratorium dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang sifat fisis (*index properties*) dan sifat mekanis (*engineering properties*) tanah. Di lapangan, pengujian pembebanan (*loading test*) merupakan salah satu metode umum yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah (Yuliawan & Rahayu, 2018).

Dalam penelitian ini, fokusnya adalah pada analisis daya dukung dari pondasi tiang pancang menggunakan pendekatan manual dan beberapa program yang akan diuji dengan hasil tes dinamik di lapangan, seperti PDA (*Pile Driving Analyzer*) dan CAPWAP (Mangiri et al., 2022). PDA merupakan sistem yang sangat umum digunakan untuk menguji beban secara dinamik dan memantau proses pemasangan tiang pancang di seluruh dunia (Siregar et al., 2023). PDA akan memberikan keluaran berupa daya dukung ultimit dari pondasi (Q_u). Data yang dimasukkan ke PDA kemudian akan dianalisis menggunakan CAPWAP, yang menghasilkan keluaran berupa daya dukung ultimit dari pondasi (Q_u), daya dukung gesek pada tiang (Q_s), daya dukung pada ujung tiang (Q_u), serta nilai total dan maksimum dari penurunan tiang (Yusti & Fahrani, 2014).

Dalam proyek pembangunan gedung Fakultas Teknologi Pertanian di Politeknik Jember, dilakukan analisis perhitungan ulang untuk membandingkan daya dukung menggunakan dua metode, yaitu HSPD dan *Drop Hammer* (Bustamin et al., 2021). Daya dukung tanah dihitung berdasarkan data Standar Penetration Test (SPT) dari 2 titik penyelidikan tanah. Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya dukung tanah dengan menggunakan asumsi *Drop Hammer*. Dikarenakan ada perbedaan mencari daya dukung

HSPD dan Drop Hammer dengan menggunakan formula Luciano Decourt. Disini peneliti bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung di setiap pemakaian alat HSPD dan *Drop Hammer* dengan menggunakan nilai N SPT. Di karenakan pekerjaan ini berhubungan dengan produktivitas alat berat (Pratama & Bhaskara, 2020).

METODE

Metode yang digunakan untuk perhitungan daya dukung tanah pada pembangunan Fakultas Teknologi Pertanian Poltek Kab. Jember yaitu;

1. Pengumpulan studi pustaka dan penelitian terdahulu, dimana mencari referensi terutama tentang perbandingan daya dukung tanah.
2. Pengumpulan data sekunder terdapat data N SPT, spesifikasi tiang pancang, dan data bangunan.
3. Perhitungan daya dukung ijin *Drop Hammer* menggunakan mayerhof dan HSPD menggunakan PDA dengan analisa CAPWAP.
4. Perbandingan daya dukung tanah HSPD dan *Drop Hammer*.

Rumus yang digunakan untuk mencari daya dukung ijin pada *drop hammer* dengan Metode Meyerhof yaitu (Cahyaka et al., 2018) ;

$$Q_u = 1/3 \cdot 40 \cdot N_b' \cdot A_b + 0,2 \tilde{N}' \cdot t \cdot k$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

A_b = luas penampang *bored pile*

k = keliling tiang

$\tilde{N}'$ = nilai rata-rata NSPT terkoreksi sepanjang tiang

N_b' = Nilai N-SPT terkoreksi bawah tiang

t = tebal lapisan tanah

Q_u = Kapasitas daya dukung ultimit

Q_b = daya dukung ujung tiang

Q_s = daya dukung selimut tiang

SF = 2 – 4

(Ahmad, 2021)

Rumus *Luciano Decourt* (1987) dibutuh nilai untuk jenis tanah dalam pengambilan nilai N SPT yang dimaksud untuk nilai koefisien yang bergantung dari jenis tanah yang akan di pakai. Nilai k terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Jenis Tanah

Jenis Tanah	(t/m ²)
Lempung	12
Lanau Lempung	20
Lanau Berpasir	25
Pasir	40

(Zakahfi & Kusumawardani, 2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

1. Daya Dukung Tanah HSPD

Dalam Perhitungan nilai daya dukung *spun pile* D 50 cm dan *mini pile* 25 x 25 dilapangan melakukan sebuah test PDA dengan metode analisa CAPWAP. *Pile Driving Analyzer* (PDA) adalah suatu cara pengujian pondasi tiang dengan menggunakan data digital komputer yang diperoleh dari *strain transducer* dan *accelerometer* dan menghasilkan kurva gaya dan kecepatan ketika tiang dipukul menggunakan hammer. Hasil dari pengujian PDA terdiri dari kapasitas tiang, energi palu, penurunan, dll (Tarigan, 2020) .

Tabel 2. Rangkuman Analisa Hasil CAPWAP pada *Spun pile*

No.	Kode Pondasi Tiang	Panjang Pondasi Tiang (m)	Prediksi CAPWAP			
			Daya Dukung Friksi (ton)	Daya Dukung Ujung (ton)	Daya Dukung Total (ton)	Penurunan (mm)
1	18	9.00 (8+1)	136	56	192	11.91
2	63	12.00 (8+4)	139	45	184	10.40
3	96		132	49	181	5.99
4	117		177	40	218	10.70
5	154	11.00 (8+3)	154	50	204	7.72

Dalam penelitian ini didapatkan hasil nilai daya dukung tanah yang di butuhkan waktu pekerjaan pondasi *Spun pile* D 50. Dimana nilai terendah pada kode pondasi tiang no 96 yakni dengan daya dukung total sebesar 181 ton. Sedangkan nilai tertinggi pada kode pondasi tiang no 117 yakni dengan daya dukung total 218 ton.

Tabel 3. Nilai daya dukung *ijin spun pile*

No	Kode Pondasi Tiang	Daya Dukung Tiang Ijin (ton)
1	18	64
2	63	61,3
3	96	60,3
4	117	72,67
5	154	68

Dalam penelitian ini didapatkan didapatkan hasil nilai daya dukung ijin tanah yang di butuhkan waktu pekerjaan pondasi *spun pile* D 50. Dimana nilai terendah pada kode pondasi tiang no 96 yakni dengan daya dukung tiang ijin total sebesar 60,3 ton. Sedangkan nilai tertinggi pada kode pondasi tiang no 117 yakni dengan daya dukung tiang ijin total 72,67 ton.

Tabel 4. Rangkuman Analisa Hasil CAPWAP pada *Mini Pile*

No.	Kode Pondasi Tiang	Panjang Pondasi Tiang (m)	Prediksi CAPWAP			
			Daya Dukung Friksi (ton)	Daya Dukung Ujung (ton)	Daya Dukung Total (ton)	Penurunan (mm)
1	169 As 11 A	6.00	133	33	166	5.35
2	187 As 13 D'		104	82	186	10.99

Dalam penelitian ini didapatkan hasil nilai daya dukung tanah yang di butuhkan waktu pekerjaan pondasi *mini pile* 25 x 25 cm. Dimana nilai terendah pada kode pondasi tiang no 169 As 11 A yakni dengan daya dukung total sebesar 166 ton. Sedangkan nilai tertinggi pada kode pondasi tiang no 187 As 13 D' yakni dengan daya dukung total 186 ton.

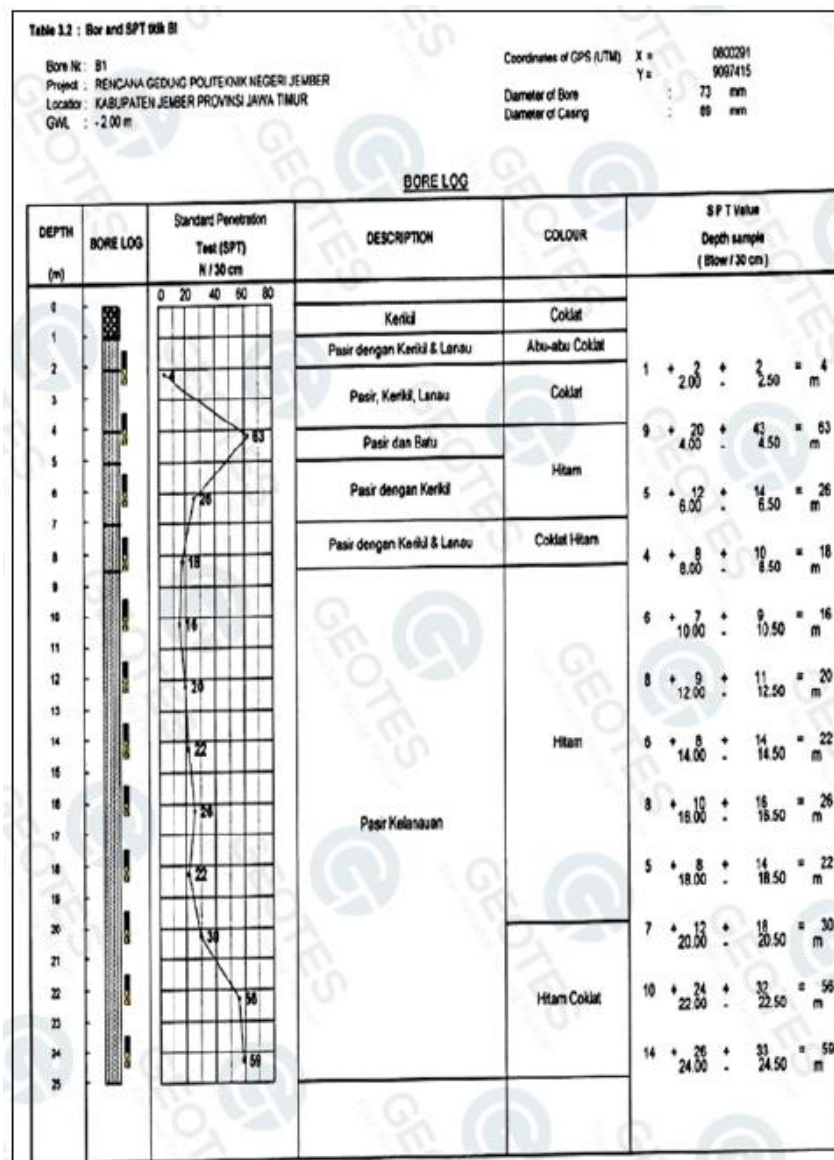
Tabel 5. Nilai daya dukung *ijin mini pile*

No	Kode Pondasi Tiang	Daya Dukung Tiang Ijin (ton)
1	169	55,3
2	187	62,3

Dalam penelitian ini didapatkan hasil nilai daya dukung ijin tanah yang di butuhkan waktu pekerjaan pondasi *mini pile* 25 x 25 cm. Dimana nilai terendah pada kode pondasi tiang no 169 yakni dengan daya dukung tiang ijin total sebesar 55,3 ton. Sedangkan nilai tertinggi pada kode pondasi tiang no 187 yakni dengan daya dukung tiang ijin total 62,3 ton.

2. Perhitungan Daya dukung Tanah *Mini Pile* pada *Drop Hammer*

Untuk menghitung nilai daya dukung tanah *drop hammer* menggunakan metode *mayerof*. Dengan data nilai N SPT di bawah ini;



Gambar 1. Data nilai N SPT

Menurut Basoka (2020), Uji Standard Penetration Test (SPT) yaitu memperoleh datatanah tak terganggu pada granuler. Pada uji tes sifat berpasir ditentukan pengukuran kerapatan relatif secara langsung dilapangan. Pengujian yang paling umum digunakan untuk menentukan nilai densitas relatif adalah uji penetrasi standar atau SPT (Standard Penetration Test). Prosedur uji SPT tercantum dalam ASTM D 1586. Selain itu, uji SPT adalah metode yang lebih disukai untuk penyelidikan geoteknik untuk menentukan petrografi bawah permukaan dan memperoleh daya dukung bawah permukaan. Pengeboran dan SPT memiliki data yang baik karena dilakukan uji lapangan langsung untuk mendapatkan data yang sebenarnya.

Tabel 6. Daya Dukung Ujung

Kedalaman	N1	N2	N	Asp	Qu
4	33,5	43,25	38,375	0,063	95,94
6	44,5	24	34,25	0,063	85,63
8	22	17	19,5	0,063	48,75

10	17	18	17,5	0,063	43,75
12	18	21	19,5	0,063	48,75
14	12,6	24	18,3	0,063	45,75
16	14,4	24	19,2	0,063	48,00
18	14,4	26	20,2	0,063	50,50
20	15,6	43	29,3	0,063	73,25

Dalam penelitian ini didapatkan nilai daya dukung ujung pada pondasi *mini pile* 25 x 25 cm pada *drop hammer*. Dimana dalam perencanaan kontruksi pondasi dalam *mini pile* yang dilakukan pada kedalaman 6 meter. Hasil yang diperoleh dalam perhitungan daya dukung ujung menggunakan nilai N SPT yaitu Q_u 85,63 ton.

Tabel 7. Daya Dukung Gesek

Tebal	N	L dan P	K(Asp)	qs	QS
2	4,00	0,25	2,00	1,6	1,6
2	63,00	0,25	2,00	25,2	26,8
2	26,00	0,25	2,00	10,4	37,2
2	18,00	0,25	2,00	7,2	44,4
2	16,00	0,25	2,00	6,4	50,8
2	20,00	0,25	2,00	8	58,8
2	22,00	0,25	2,00	8,8	67,6
2	26,00	0,25	2,00	10,4	78
2	22,00	0,25	2,00	8,8	86,8
2	30,00	0,25	2,00	12	98,8

Dalam penelitian ini didapatkan nilai daya dukung gesek pada pondasi *mini pile* 25 x 25 cm pada *drop hammer*. Dimana dalam perencanaan kontruksi pondasi dalam *mini pile* yang dilakukan pada kedalaman 6 meter. Hasil yang diperoleh dalam perhitungan daya dukung ujung menggunakan nilai N SPT yaitu Q_s 26,8 ton.

Tabel 8. Daya Dukung Tanah Ijin

Kedalaman	Q_u	Q_s	Q	$Q_a (Q/3)$
4	95,94	26,8	122,74	40,91
6	85,63	37,2	122,83	40,94
8	48,75	44,4	93,15	31,05
10	43,75	50,8	94,55	31,52
12	48,75	58,8	107,55	35,85
14	45,75	67,6	113,35	37,78
16	48,00	78	126,00	42,00
18	50,50	86,8	137,30	45,77
20	73,25	98,8	172,05	57,35

Dalam penelitian ini didapatkan nilai daya dukung tanah ijin pada pondasi *mini pile* 25 x 25 cm pada *drop hammer*. Dimana dalam perencanaan kontruksi pondasi dalam *mini pile* yang dilakukan pada kedalaman 6 meter. Hasil yang diperoleh dalam perhitungan daya dukung tanah total (Q) dan daya dukung ijin (Qa) menggunakan nilai N SPT yaitu Q 122,83 ton dan Qa 40,94 ton.

3. Pemasangan Tiang Pancang Drop Hammer

Jadi pada pemancangan tiang pancang beton precast dengan ukuran 25 x 25 cm Panjang 6 m, maka penumbuk / *hammer* yang diperlukan beratnya setidaknya, yaitu;

$$B = 0,5 P + 600 \text{ (Ir. Sardjono, 1987)}$$

$$B = 0,5 \times (0,25 \times 0,25 \times 6 \times 2400) + 600$$

$$B = 1050 \text{ kg}$$

Maka hammer yang diperlukan minimal 1050 kg.

No	Deskripsi	Nilai
Spesifikasi alat yang pemancangan		
1	Maksimal jarak silinder	3 meter
2	Minimal Jarak silinder	0,5 meter
3	Berat Hammer	1,5 ton
4	Waktu kerja/hari	8 jam
5	Faktor Koreksi	0,69 (sedang)
Kekuatan tiang pancang mini pile 25 x 25		
1	Perencanaan daya dukung perencanaan	27,05 ton
2	Daya dukung Bahan Wika (Gitleman & Kleberger, 2013)	81,40 ton

$$\text{Tujuan Ring} = \text{Mutu beton} \times \text{luas penampang} \times (0,2-0,3)$$

$$= (40) \times (250 \times 250) \times 0,3$$

$$= 750.000 \text{ Newton}$$

$$= 75 \text{ ton}$$

(Das, 2007)

$$\text{Daya dukung Tanah SPT} = 40,94 \text{ ton}$$

(Hasil perhitungan pada Tabel 8.)

$$\text{Daya dukung PDA} = 186 \text{ ton} / \text{SF}(3)$$

$$= 62 \text{ ton}$$

(Yuliawan & Rahayu, 2018)

Pemasangan tiang pancang pada *drop hammer*

$$Q_u = \frac{w_R h}{s+c}$$

(Das, 2007)

Dik;

WR = 1,5 ton

H = 1000 mm

S = 2,5 mm

C = 25,4 mm

$$\text{Jadi } Q_u = \frac{1,5 \times 1000}{2,5 + 25,4}$$

$Q_u = 53,76 \text{ ton}$

Jadi pekerjaan Produktivitas *Drop Hammer* terhadap *mini pile* bisa dilaksanakan, di karenakan daya dukung bahan > daya dukung tanah ijin dan daya dukung bahan > Daya dukung penurunan pada *drop hammer*. Dan apabila di asumsikan di lapangan bisa mendatangkan 2 alat berat sekaligus.

PEMBAHASAN

Adanya perhitungan daya dukung tanah ini selaras dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Zakahfi & Kusumawardani, 2018), (Yuliawan & Rahayu, 2018), (Indriasari et al., 2016). Hasil dari sebuah penelitian ini sama-sama mencari nilai daya dukung tanah yang signifikan. Akan tetapi tujuan dan manfaat untuk menghitung daya dukung tanah untuk mengetahui kekuatan tanah ketika di pondasi.

Perbedaan dari sebuah penelitian ini dengan ketiga penelitian (Zakahfi & Kusumawardani, 2018), (Yuliawan & Rahayu, 2018), (Indriasari et al., 2016) adalah bahwa dalam penelitian ini yaitu cara pemilihan menggunakan alat berat dan jenis pondasi dalam untuk pemancangan pondasi dalam. Dikarenakan untuk pemilihan alat berat tiang pancang pondasi dalam sangat berpengaruh untuk manajemen waktu dan keuangan (Apriliana et al., 2020). Oleh sebab itu saya sebagai peneliti ingin menerapkan apabila memandang 2 alat berat HSPD buat *spun pile* dan *drop hammer* buat *mini pile*, dalam pekerjaan pondasi *mini pile* dan *spun pile*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Zakahfi & Kusumawardani, 2018) didapatkan hasil bahwa tiang pancang tersebut mampu untuk memikul beban melebihi beban rencana. Hal tersebut didasarkan pada perhitungan daya dukung pondasi dengan metode L. Decourt (1982) maupun pengujian dengan PDA (Pile Driving Analysis) pada diameter 812 mm dengan data tanah B4 untuk kedalaman tiang tertanam sepanjang > 24 m sudah melebihi beban rencana. Berdasarkan perbandingan perhitungan daya dukung pondasi dengan metode L. Decourt (1982) dan pengujian dengan metode PDA didapatkan perbedaan kapasitas daya dukung ultimate pondasi < 60 Ton. Sedangkan dalam penelitian ini didapatkan hasil tertinggi pada *spun pile* diameter 50 cm dengan nilai 204 ton dan pada *mini pile* 25 x 25 cm sebesar 186 ton.

Pada penelitian ini didapatkan daya dukung ultimit terbesar berdasarkan pengujian SPT diperoleh melalui perhitungan dengan metode Meyerhof. Hal ini diperkuat dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuliawan & Rahayu (2018), dimana pada metode Meyerhof diperoleh daya dukung *ultimate* dengan nilai 423,11 ton. Sedangkan dalam penelitian ini daya dukung ultimit yang digunakan sebesar 122,83 ton.

Pada penelitian nilai daya dukung *Qu ultimate* menurut Faruha & Ridwan (2004), sebesar pada kedalaman 4 meter menggunakan pondasi *mini pile* 25 x 25 cm. Berdasarkan data sondir menunjukkan bahwa Metode Philipponant memiliki nilai *Qult* 56.80 ton yang dibandingkan dengan *Hydraulic Jacking System* dengan nilai 72.57 ton. Sedangkan pada penelitian ini kedalaman 6 meter menggunakan analisa CAPWAP pada alat berat *Hydraulic Jacking* menggunakan data nilai *N SPT* sebesar 166 ton dan 186 ton.

SIMPULAN

Dalam perbandingan pemancangan Drop Hammer dan HSPD pada pondasi mini pile bisa dilaksanakan. Serta dilapangan dapat menggunakan 2 alat berat secara bersamaan yaitu HSPD untuk spun pile pada nilai daya dukung ijin yang terkecil 68 ton sedalam kurang lebih 12 meter dan drop hammer untuk mini pile pada nilai daya dukung ijin 40,94 ton sedalam kurang lebih 6 meter. Akan tetapi bila menggunakan drop hammer di kawasan dekat penduduk jangan lupa rencanakan pekerjaan parit agar mengurangi getaran pada sekitar.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, H. H. (2021). Analisis Daya Dukung Tanah Pada Pondasi Dangkal Dengan Metode L Heminier Dan Meyerhof. *Jurnal Penelitian IPTEKS*, 6(1), 1–5. <https://doi.org/10.32528/ipteks.v6i1.4171>
- Apriliana, N. R., Gunasti, A., Kuryanto, T. D., Teknik, F., & Jember, U. M. (2020). Evaluasi Percepatan Pembangunan Proyek Rusunawa Asn Pemkab Malang Menggunakan Metode Crashing Dengan Sistem Sihft Kerja. *Rekayasa Infrastruktur Hexagon*, 5(1), 1–13.
- Basoka, I. W. A. (2020). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Cone Penetration Test (CPT) Dan Standard Penetration Test (SPT) Pada Tanah Berpasir. *Ukarst*, 4(1), 1–15.
- Bustamin, M. O., Yakin, K., & Andriansyah, F. F. (2021). Analisis Waktu Dan Biaya Proyek Pemasangan Pondasi Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Perancangan Jack In Pile Dan Drop Hammer (Studi Kasus : Proyek Relokasi Kantor Pier Dan Pembangunan. *Agregat*, 6(1), 532–541. <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/Agregat/article/view/8328>
- Cahyaka, H. W., Wibowo, A., Handayani, K. D., Wiyono, A., & Santoso, E. H. (2018). Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Dibanding Dengan Hasil Hidrolik Jacking Sistym Pada Proyek Pembangunan Fave Hotel Rungkut Surabaya. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 186–194.
- Das, B. (2007). *Principles of Foundation Engineering* (Seven). Global Engineering. <https://doi.org/10.1021/jm00244a017>

- Faruha, A., & Ridwan, M. (2004). Analisa Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dibandingkan Dengan Daya Dukung Hidraulik Jacking System dan Pile Driving Analyzer (PDA) Test Pada Proyek Pembangunan Gedung Perpustakaan Sekolah Tinggi Agama Islam Negeri Kediri. *Jurnal Unesa*, 1, 1–14.
- Gitleman, L., & Kleberger, J. (2013). Brochure The Precast Concrete Manufacturer. Wika Beton.
- Haryadi, D., & Prakoso, W. A. (2023). Analisa Statistik Hasil Uji Kapasitas Metode Dinamis (PDA Test) Pada Pondasi Tiang Pancang Tekan. *Wahana Teknik Sipil*, 28(1), 15–28.
- Indriasari, Yovita, V., Risandi, J., & Akhwady, R. (2016). Karakteristik Dan Daya Dukung Tanah Untuk Struktur Perlindungan Pantai Di Pantai Kedulungu, Kabupaten Tabanan Propinsi Bali. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 251–258.
- Ir. Sardjono. (1987). Pondasi Tiang Pancang Jilid I. *J. For. Res.*, 23(11), 207.
- Mangiri, D., Mara, J., & Tiyouw, H. C. P. (2022). Analisis Produktivitas Alat Hydraulic Static Pile Driver Pada Pembangunan Delft Apartemen Makassar. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(1), 71–79. <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i1.379>
- Pratama, M. I., & Bhaskara, A. (2020). Komparasi Biaya Dan Waktu Pekerjaan Tiang Pancang Metode Hydraulic Static Pile Driver Dengan Drop Hammer. *Reviews in Civil Engineering*, 4(2), 62–68. <https://doi.org/10.31002/rice.v4i2.3038>
- Rajib Bithom. (2020). TEKNIKA: Jurnal Teknik ISSN: 2355-3553 Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Mini (Mini Pile) Pada Proyek Pembangunan Gedung Layanan Pendidikan Poltekkes Kemenkes Palembang Fakultas Teknik Universitas IBA TEKNIKA: Jurnal Teknik. 7(1), 37–48.
- Siregar, A. C., Yatnikasari, S., Agustina, F., Vebrian, V., & Jalil, M. (2023). Analisis Perbandingan Produktivitas Alat Pancang Drop Hammer dan Jack in Pile Proyek Pembangunan SMAN 14 Samarinda. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 174–184. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5344>
- Tarigan, R. (2020). Komparasi Kinerja Alat Pile Driving Analyzer Dan Software Capwap Dalam Menghasilkan Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang. *Jurnal Darma Agung*, 28(3), 378. <https://doi.org/10.46930/ojsuda.v28i3.802>
- Yuliana, C., Hapsari, R., & Dewi, E. P. (2021). Analisis Perbandingan Efisiensi Alat Pancang Diesel Hammer Dan Drop Hammer Pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang Di Lahan Basah (Comparative Analysis Of Efficiency Of Diesel Hammer And Drop Hammer Pieces On Pile Foundation Work In Wet Land). *Jurnal Infrastruktur*, 7(2), 87–92.

-
- Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test. *Jurnal Konstruksia*, 9(2), 1–13.
- Yusti, A., & Fahriani, F. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi Dengan Hasil Uji Pile Driving Analyzer Test Dan CAPWAP. *Jurnal Fropil*, 2(1), 19–31.
- Zakahfi, A. T., & Kusumawardani, R. (2018). Perbandingan Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Metode Perhitungan L. Decourt Dan Tes Pda. *Teknika*, 13(1), 1. <https://doi.org/10.26623/teknika.v13i1.724>