

Komparasi Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Secara Analitis Terhadap Hasil Daya Dukung PDA Test Pada Proyek Pembangunan *New Assembly Cibitung Plant*

Natalia Tetengean¹, Jeanelly Rangkang², Denny Boy Pinasang³

Politeknik Negeri Manado, Indonesia

Email: nataliaangellst18@gmail.com

Keywords:

Bored Pile Foundation; Bearing Capacity; PDA Test; CPT; SPT

ABSTRACT

Pile foundations serve to distribute structural loads to hard soil layers, especially in soil conditions that have weak bearing capacity. The purpose of this study is to calculate and compare the ultimate bearing capacity of bored piles based on soil investigation data against the results of the PDA test bearing capacity. Calculation of the bearing capacity of bored pile foundations with CPT data uses the De Ruiter and Beringen and Meyerhof methods. Calculation of the bearing capacity of bored pile foundations with SPT data uses the Reese and Wright method. The calculation results show differences in bearing capacity in each method. Based on the calculation of the bearing capacity of bored pile foundations with CPT data, the bearing capacity of the De Ruiter and Beringen method at a depth of 13 meters is 205.35 tons, at a depth of 16 meters is 288.40 tons. While the calculation of the bearing capacity of bored pile foundations with CPT data uses the Meyerhof method at a depth of 13 meters is 165.67 tons, at a depth of 16 meters is 283.94 tons. Calculation of the bearing capacity of bored pile foundations based on SPT data using the Reese and Wright method, obtained a bearing capacity at a depth of 13 meters with a value of $Q_u = 198.21$ tons, at a depth of 16 meters the value of $Q_u = 239.52$ tons. As a comparison, the results of the PDA test bearing capacity obtained a value of $Q_u = 205.3$ tons. Comparison of the analytical bearing capacity results, namely against the results of the PDA test bearing capacity, the De Ruiter and Beringen method is considered the most efficient because the bearing capacity results obtained are close to the actual bearing capacity value in the field.

Kata Kunci

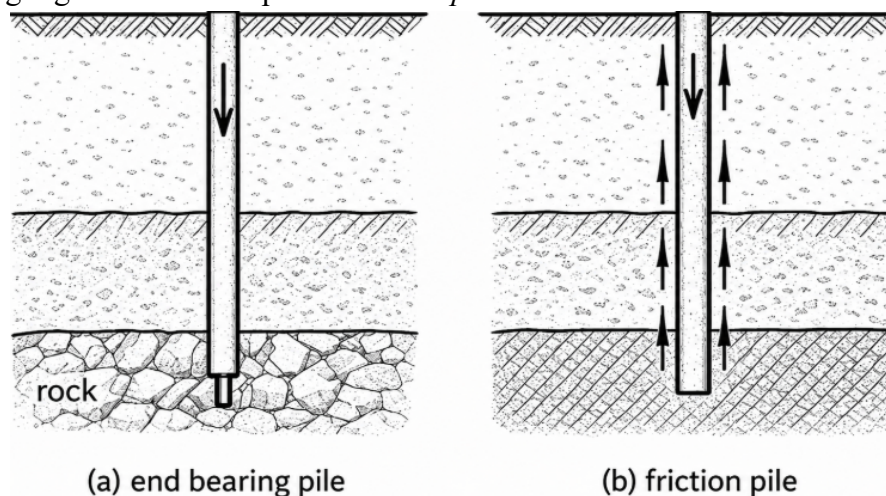
Bored Pile; Daya Dukung; PDA Test; CPT; SPT

ABSTRAK

Pondasi tiang berperan menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras, terutama pada kondisi tanah yang memiliki kemampuan dukung yang lemah. Tujuan penelitian ini untuk menghitung dan membandingkan daya dukung ultimate bored pile berdasarkan data penyelidikan tanah terhadap hasil daya dukung PDA test. Perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan data CPT menggunakan metode De Ruiter and Beringen serta Meyerhof. Perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan data SPT menggunakan metode Reese and Wright. Hasil perhitungan menunjukkan perbedaan daya dukung pada setiap metode. Berdasarkan perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan data CPT diperoleh daya dukung dari metode De Ruiter and Beringen pada kedalaman 13 meter nilai $Q_u = 205,35$ ton, pada kedalaman 16 meter nilai $Q_u = 288,40$ ton. Sedangkan perhitungan daya dukung pondasi bored pile dengan data CPT menggunakan metode Meyerhof pada kedalaman 13 meter nilai $Q_u = 165,67$ ton, pada kedalaman 16 meter nilai $Q_u = 283,94$ ton. Perhitungan daya dukung pondasi bored pile berdasarkan data SPT menggunakan metode Reese and Wright, diperoleh daya dukung pada kedalaman 13 meter nilai $Q_u = 198,21$ ton, pada kedalaman 16 meter nilai $Q_u = 239,52$ ton. Sebagai pembanding, hasil daya dukung PDA test diperoleh nilai $Q_u = 205,3$ ton. Perbandingan hasil daya dukung secara analitis, yakni terhadap hasil daya dukung PDA test, metode De Ruiter and Beringen

PENDAHULUAN

Pondasi tiang digunakan untuk menyalurkan beban struktur atas dan bobotnya sendiri ke lapisan tanah keras atau batuan di bawahnya yang terletak relatif jauh dari permukaan tanah (Gry, 2025; Kultsum, 2024; Tanjung, 2026). Pada bangunan *Assembly* menggunakan pondasi dalam yaitu *spun pile* dan *bored pile*, salah satu jenis pondasi yang digunakan sebagai fokus penelitian ini adalah pondasi *bored pile* (Dabukke & Wacono, 2024; Maulana & Yusuf, 2025; Purba, n.d.; Siregar, 2024). Pondasi *bored pile* merupakan pondasi yang dipasang dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian diisi dengan tulangan yang dirangkai dan dicor beton (Jawat et al., 2020). Daya dukung pondasi *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) dari tekanan pada ujung tiang, dan daya dukung gesekan (*friction capacity*) dari gesekan antara tiang dan tanah (Roniar et al., 2023), gambar disajikan pada (Gambar 1). Daya dukung *bored pile* tunggal dihitung dengan menggunakan hasil data CPT (*cone penetration test*) dan SPT (*standard penetration test*). Sebagai acuan agar perhitungan daya dukung pondasi mendapatkan hasil yang mendekati dengan daya dukung di lapangan, maka perlu dibandingkan antara perhitungan daya dukung pondasi secara analitis dengan hasil uji PDA *test. Pile driving analyzer test* (PDA) merupakan metode pengujian dilapangan yang dilakukan tanpa mengubah fungsi atau menurunkan mutu tiang, digunakan untuk mengetahui kekuatan pondasi dengan respons tiang terhadap beban dinamis (Rahman et al., 2020). Pengujian PDA dilakukan dengan meletakkan dua sensor, terdiri dari sensor yang mengukur regangan (*strain transducer*) dan sensor yang mengukur percepatan atau getaran (*accelerometer*) ASTM D4945:2008. Pengujian dinamis tersebut menerapkan gaya tumbukan aksial dengan palu pemancang tiang (Akbar, 2026; Bagaskara, 2023; Ujung, 2025). Pada bangunan *assembly* menggunakan pondasi dalam, salah satu jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi *bored pile*.



Gambar 1. Kemampuan dukung ujung dan gesekan tiang (Curtin et al., 2006)

Dimaksud dengan pondasi dalam apabila lapisan atas berupa tanah lunak dan terdapat lapisan tanah keras yang berada di bawahnya, maka dipasang pondasi tiang untuk

dimasukkan ke dalam tanah hingga mencapai tanah keras (Mulya & Darwis, 2020). Pondasi tiang berfungsi untuk mentransfer beban ke lapisan tanah yang lebih dalam dengan faktor keamanan yang cukup untuk menghindari keruntuhan, tanpa menyebabkan penurunan yang dapat mengurangi fungsi bangunan yang dipikulnya SNI 8460-2017.

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder, meliputi pengumpulan data penyelidikan tanah dan pengujian di lapangan.

Metode Analisa dan Pengolahan Data

Menggunakan jenis penelitian kuantitatif berfokus pada data dan angka. Menghitung dan membandingkan daya dukung tiang tunggal pondasi bored pile dengan hasil PDA test, menggunakan data penyelidikan tanah CPT atau sondir dengan metode *Meyerhof* dan *De Ruiter & Beringen*, serta data SPT menggunakan metode *Reese & Wright*. Beban yang bekerja pada pondasi bored pile diperoleh dari perhitungan manual.

Kemampuan Dukung

Data tanah diperlukan untuk merencanakan kapasitas dukung (*bearing capacity*) untuk menentukan daya dukung *ultimate* dari pondasi *bored pile*. Penyelidikan sondir (CPT) bertujuan untuk mengetahui perlawanan konus (*qc*) dan hambatan lekat tanah yang merupakan kekuatan dukung lapis tanah dengan menggunakan pendekatan penelitian empiris (Sunariyono et al., 2019). *Cone penetration test* (CPT) merupakan pengujian yang menggambarkan sifat *in situ*, seperti kondisi tegangan, kepadatan, dan daya hancur butiran (De Kuiter & Beringen, 1979). Pengujian SPT dilaksanakan untuk menggambarkan kepadatan tanah di lapangan dengan nilai pukulan N-SPT. SPT merupakan pengujian yang dilakukan bersamaan dengan *boring*, memasukkan alat yang dinamakan *split spoon sampler* dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan dengan jumlah pukulan (N) (Afifah, 2021).

Kemampuan Dukung Metode Meyerhof

Kemampuan dukung metode *Meyerhof* menggunakan data *cone penetration test* (CPT) atau sondir, daya dukung *ultimate* (Q_u) yaitu:

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

Dimana:

Q_u = Daya dukung *ultimate*

Q_b = Kemampuan dukung ujung

Q_s = Kemampuan dukung gesekan/selimut

Kemampuan dukung ujung (Q_b) yaitu:

$$Q_b = q_c \cdot A_p \quad (2)$$

Dimana:

Q_b = Daya dukung ujung

q_c = Perlawanan konus

A_p = Luas penampang ujung tiang

Perlawanan konus (q_c) menggunakan nilai rata-rata q_c pada 8D di atas ujung tiang sampai 4D di bawah ujung tiang.

Kemampuan dukung gesekan (Q_s) yaitu:

$$Q_s = JHP \cdot A_s \quad (3)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung gesekan/selimut

JHP = Jumlah hambatan pelekak

A_s = Luas permukaan keliling tiang

Jumlah hambatan pelekak (JHP) diambil pada kedalaman yang ditinjau.

Kemampuan dukung metode *De Ruiter & Beringen*

Kemampuan dukung dengan metode *De Ruiter & Beringen* menggunakan data CPT atau sondir, daya dukung *ultimate* (Q_u) yaitu:

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (4)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung *ultimate*

Q_b = Daya dukung ujung

Q_s = Daya dukung gesekan/selimut

Kemampuan dukung ujung (Q_b) yaitu:

$$Q_b = N_c \cdot C_u \cdot A_p \quad (5)$$

Dimana:

Q_b = Daya dukung ujung

N_c = Koefisien daya dukung

C_u = Kekuatan dukung rata-rata tanah pada dasar tiang

A_p = Luas penampang ujung tiang

Menurut *De Ruiter & Beringen* nilai koefisien daya dukung, N_c pada kapasitas dukung ujung adalah 9.

Pada tanah kohesif nilai *shear strength* (C_u) berasal dari resistensi kerucut pada pengujian sondir atau *cone penetration test* (CPT), kekuatan dari tanah kohesif bervariasi sesuai dengan kedalaman, sehingga perlawanan konus (q_c) harus dikonversi ke nilai C_u (Kjekstad et al., 1978), maka nilai C_u diperoleh dengan:

$$C_u = \frac{q_c}{N_k} \quad (6)$$

Nilai perlawanan konus (q_c) menggunakan q_c rata-rata pada 4D di bawah ujung tiang dan 8D di atas ujung tiang, seperti pada (Gambar 2).

q_c = 4D di bawah ujung tiang dan 8D di atas ujung tiang

Dimana:

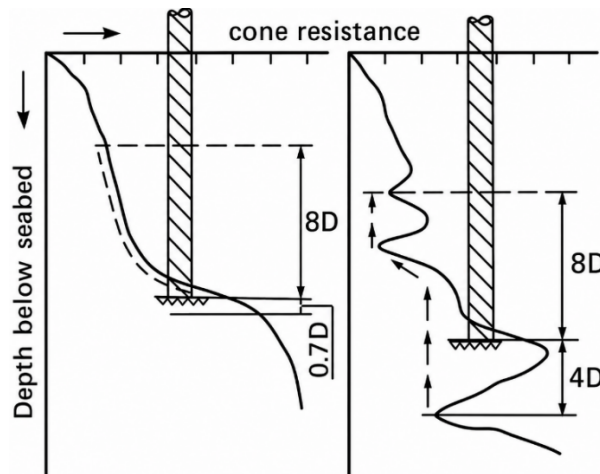
$$q_c = \frac{8D + 4D}{\text{Jumlah data}} \quad (7)$$

Cone faktor N_k untuk tanah kohesif bervariasi antara 15 sampai 20 (Jacob, 2004), cone faktor empiris (N_k) memberi rentang:

NC (*Normally Consolidated*) = 15-16

OC (*Over Consolidate*) = 18-20

NC adalah tanah kohesif yang tidak mengalami tegangan efektif vertikal yang lebih besar dari kondisi awal, sedangkan OC adalah tanah kohesif yang telah mengalami tegangan efektif vertikal lebih besar dari kondisi awal. Tegangan tersebut disebabkan oleh beban di atas tanah yang besar atau berat, serta tekanan air pori yang berkurang.



Gambar 2. *A typical CPT application (De Ruiter & Beringen, 1979).*

Kemampuan dukung gesekan (Q_s) yaitu:

$$Q_s = \alpha \cdot C_a \cdot A_s \quad (8)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung gesekan/selimut

α = Faktor adhesi empiris

C_a = Adhesi/ lekatan rata-rata antara tiang dan tanah

A_s = Luas permukaan keliling tiang

De Ruiter & Beringen memberikan rentang untuk faktor empiris (α) pada *normally consolidated* (NC) adalah 1, dan *over consolidated* (OC) adalah 0,5.

Kemampuan dukung metode *Reese & Wright*

Kemampuan dukung dengan metode *Reese & Wright* menggunakan data *standard penetration test* (SPT), daya dukung *ultimate* yaitu:

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (9)$$

Dimana:

Q_u = Daya dukung *ultimate*

Q_b = Daya dukung ujung

Q_s = Daya dukung gesekan/selimut

Kemampuan dukung ujung (Qb) yaitu:

$$Q_b = q_p \cdot A \quad (10)$$

Dimana:

q_p = Tahanan ujung

A = Luas penampang ujung tiang bor

Tahanan ujung, q_p dapat diperoleh dengan:

$$q_p = 9 \cdot C_u \quad (11)$$

Dimana:

C_u = *Undrained shear strength*

Pada tanah kohesif diambil 9 kali kuat geser tanah (C_u), dapat diperoleh dari:

$$C_u = \frac{2}{3} \cdot N\text{-SPT rata-rata} \cdot 10 \quad (12)$$

N-SPT rata-rata diperoleh dari:

$$N\text{-SPT rata-rata} = \frac{8D + N\text{-SPT Pondasi} + 4D}{\text{jumlah data}} \quad (13)$$

Kemampuan dukung gesekan (Qs) yaitu:

$$Q_s = f \cdot L \cdot p \quad (14)$$

Dimana:

Q_s = Daya dukung gesekan/selimut

f = Gesekan selimut tiang

L = Panjang Tiang

p = Keliling penampang tiang

Pada tanah kohesif gesekan selimut tiang, f dapat diperoleh dengan:

$$f = \alpha \cdot C_u \quad (15)$$

Dimana

α = Faktor adhesi

C_u = Kohesi tanah

Nilai α berdasarkan penelitian *Reese & Wright* adalah 0,55.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan beban yang bekerja pada pondasi diperoleh dari perhitungan manual yang mengacu pada SNI 1727:2020 dan PPIUG 1983, diambil beban yang paling maksimum.

Total beban rencana : 220,11 Ton

Diameter tiang : 40 cm

Nomer tiang : BP. 44

Panjang tiang : 1600 cm

Perhitungan kemampuan dukung pondasi *bored pile* dengan metode *De Ruiter & Beringen*

Perhitungan kemampuan dukung tiang dengan metode *De Ruiter & Beringen* menggunakan data CPT, Data CPT dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Cone penetration test (CPT)

Kedalaman (m)	Hambatan konus (qc) (kg/cm ²)	Friction (kg/cm)	Jumlah hambatan pelekat (JHP) (kg/cm)
1,00	10	0,3	2,17
2,00	10	0,2	3,27
3,00	18	0,4	5,24
4,00	15	0,4	7,49
5,00	16	0,4	9,86
6,00	20	0,4	12,21
7,00	22	0,5	15,05
8,00	22	0,5	18,47
9,00	37	0,8	21,62
10,0	50	0,7	25,67
11,0	60	0,8	30,52
12,0	115	1,3	37,64
13,0	170	2	44,04

Berdasarkan data CPT atau sondir pengujian sampai pada kedalaman 13 meter dan setelah itu nilai hambatan konus, qc dianggap konstan lebih dari 250 kg/cm², sehingga pada kedalaman tersebut kondisi tanah dianggap sudah mencapai tanah keras dengan qc sebesar 170 kg/cm², namun panjang tiang *bored pile* adalah 16 meter, sehingga perlu menghitung daya dukung pada kedalaman 13 meter dan 16 meter. Berdasarkan persamaan 5 perhitungan daya dukung ujung (Qb), dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya dukung ujung (Qb) *De Ruiter & Beringen*

Kedalaman (m)	Nc	Cu (kg/cm ²)	Ap (cm ²)	Qb (ton)
13	9	8,5	1256	96,084
16	9	14,78	1256	167,20

Perhitungan daya dukung gesekan atau selimut (Qs) berdasarkan persamaan 8, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daya dukung selimut (Qs) *De Ruiter & Beringen*

Kedalaman (m)	α	Ca (Kg/cm)	Keliling tiang (cm)	Qs (ton)
13	1	870	126	109,272
16	1	965	126	121,20

Daya dukung *ultimate* tiang *bored pile* pada setiap kedalaman menggunakan metode *De Ruiter & Beringen* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Daya dukung *ultimate De Ruiter & Beringen*

Kedalaman	Qu	Qu ijin
(m)	(ton)	(ton)
13	203,35	75
16	288,40	104,21

Perhitungan kemampuan dukung pondasi *bored pile* dengan metode *Meyerhof*

Perhitungan kemampuan dukung dengan metode ini menggunakan data CPT, dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan persamaan 2, maka perhitungan daya dukung ujung (Qb) dengan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Daya dukung ujung (Qb) *Meyerhof*

Kedalaman	qc	Ap	Qb
(m)	(kg/cm ²)	(cm ²)	(ton)
13	127,50	1256	160,14
16	221,67	1256	278,41

Perhitungan daya dukung selimut diperoleh dari persamaan 3, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Daya dukung selimut (Qs) *Meyerhof*

Kedalaman	JHP	Keliling tiang	Qs
(m)	(kg/cm)	(cm)	(ton)
13	44,04	126	5,53
16	44,04	126	5,53

Daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* pada setiap kedalaman berdasarkan metode *Meyerhof* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya dukung *ultimate* (Qu) *Meyerhof*

Kedalaman	Qu	Qu ijin
(m)	(ton)	(ton)
13	165,67	55,59
16	283,94	95,01

Perbandingan daya dukung berdasarkan data *cone penetration test* (CPT) menggunakan metode *De Ruiter & Beringen*, serta *Meyerhof* terdapat perbedaan daya dukung *ultimate* dari setiap metode, hasil daya dukung yang mendekati dengan hasil *pile driving analyzer test* (PDA) di lapangan adalah metode *De Ruiter & Beringen*, pada kedalaman 13 meter. Perbandingan hasil daya dukung pondasi *bored pile* secara analitis menggunakan data CPT dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan daya dukung berdasarkan data CPT

Kedalaman (m)	Metode	Hasil daya dukung (ton)
13	<i>De Ruiter & Beringen</i>	205,35
16	<i>De Ruiter & Beringen</i>	288,40
13	<i>Meyerhof</i>	165,67
16	<i>Meyerhof</i>	283,94

Perhitungan kemampuan dukung pondasi *bored pile* dengan metode *Reese & Wright*

Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* dengan metode *Reese & Wright* menggunakan data *standard penetration test* (SPT). Data SPT dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. *Standard penetration test* (SPT)

Kedalaman (m)	Klasifikasi tanah	N-Value 30 cm
0,0 – 6,0	Lempung, sedikit pasir halus	1 – 3
6,0 – 12,50	Lempung, sedikit pasir halus	3 – 13
12,50 – 15,0	Lanau pasir halus	20
15,0 – 16,50	Lanau, lempung dengan pasir halus	29
16,50 – 19,0	Lanau pasir halus	30
19,0 – 21,0	Lanau pasir halus	27
21,0 – 23,0	Lanau	29
23,0 – 24,0	Lanau	31
24,0 – 28,0	Lanau, lempung dengan pasir halus	18 – 27
28,0 – 30,0	Lanau, pasir halus	30

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan data CPT, daya dukung *single pile* ditinjau pada kedalaman 13 meter dan 16 meter, untuk membandingkan daya dukung pada kedalaman tersebut, maka analisis daya dukung menggunakan data SPT akan ditinjau pada kedalaman 13 meter dan 16 meter. Perhitungan daya dukung ujung pondasi *bored pile* menggunakan metode *Reese and Wright* diperoleh dari persamaan 10, dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Daya dukung ujung (Qb) Reese & Wright

Kedalaman	q_p	A	Qb
(m)	(ton/m ²)	(m ²)	(ton)
13	81,5494	0,1257	10,25
16	161,06	0,1257	20,25

Perhitungan daya dukung selimut (Qs) diperoleh dari persamaan 14, daya dukung selimut ditinjau per lapisan dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Daya dukung selimut (Qs) Reese & Wright kedalaman 13 meter

Kedalaman	f	L	P	Qs
(m)	(ton/m ²)	(m)	(m)	(ton)
1,0 – 6,0	0,75	16	1,26	15,04
7,0 – 10,0	2,43	16	1,26	48,87
11,0 – 14,0	6,17	16	1,26	124,05

Berdasarkan Tabel 11, maka total daya dukung selimut tiang kedalaman 1 meter sampai 14 meter adalah 187,96 Ton.

Tabel 12. Daya dukung selimut (Qs) Reese & Wright kedalaman 16 meter

Kedalaman	f	L	P	Qs
(m)	(Ton/m ²)	(m)	(m)	(Ton)
1,0 – 6,0	0,75	16	1,26	15,04
7,0 – 10,0	2,43	16	1,26	48,87
11,0 – 16,0	7,72	16	1,26	155,37

Berdasarkan Tabel 12, maka total daya dukung selimut tiang kedalaman 1 meter sampai 16 meter adalah 219,28 Ton. Daya dukung *ultimate* pada setiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Daya dukung *ultimate* (Qu) Reese & Wright

Kedalaman	Qu	Qu ijin
(m)	(Ton)	(Ton)
13	198,21	78,60
16	239,52	94,46

Perbandingan hasil daya dukung secara analitis menggunakan metode *De Ruiter & Beringen*, *Meyerhof*, dan *Reese & Wright* terhadap hasil daya dukung *PDA test* dapat dilihat pada Tabel 14 dan Tabel 15.

Tabel 14. Perbandingan hasil daya dukung *bored pile* secara analitis

Data	Metode	Kedalaman (m)	Hasil daya dukung (Ton)
CPT	<i>De Ruiter & Beringen</i>	13	205,35
CPT	<i>De Ruiter & Beringen</i>	16	288,40
CPT	<i>Meyerhof</i>	13	165,67
CPT	<i>Meyerhof</i>	16	283,94
SPT	<i>Reese & Wright</i>	13	198,21
SPT	<i>Reese & Wright</i>	16	239,52

Tabel 15. CAPWAP *result summaries*

No Tiang	Daya dukung total (Ton)	Daya dukung friksi (Ton)	Daya dukung ujung (Ton)
BP. 44	205,3	158,0	47,3

Berdasarkan hasil daya dukung PDA *test* menggunakan program CAPWAP sebesar 205,3 Ton. Perbandingan hasil daya dukung secara analitis pada Tabel 14, terhadap hasil daya dukung PDA *test* di lapangan menunjukkan hasil daya dukung secara analitis yang mendekati dengan daya dukung di lapangan adalah 205,35 Ton menggunakan metode *De Ruiter & Beringen*. Perhitungan menggunakan metode *De Ruiter & Beringen* dinilai paling mendekati dengan hasil daya dukung PDA *test* di lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai perbandingan perhitungan kemampuan dukung tiang tunggal secara analitis didapat daya dukung *ultimate* (Q_u) yang paling mendekati dengan daya dukung dilapangan menggunakan data *Cone Penetration Test* (CPT) dengan metode *De Ruiter & Beringen* nilai daya dukung tiang *bored pile* sebesar 205,35 Ton dengan daya dukung ijin sebesar 75 Ton, dan hasil daya dukung PDA *test* sebesar 205,3 Ton.

REFERENSI

- Afifa, R. N. (2021). *Analisis daya dukung bored pile pada pembangunan jembatan kereta api antara Araskabu–Tebing Tinggi dan lintas Tebing Tinggi–Siantar (Studi kasus)* [Tugas akhir, Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara].
- Akbar, M. (2026). *Analisis daya dukung tiang spun pile menggunakan data cone penetration test melalui perhitungan analitik dan empiris*. Universitas Medan Area.
- Anggraeni, S. M., Hartopo, & Apriyanto, T. (2022). Analisa komparasi daya dukung pondasi bored pile secara analitis terhadap hasil loading test: Studi kasus proyek pembangunan Rez Hotel. *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 3(2), 33–42.
- ASTM International. (2008). *Standard test method for high-strain dynamic testing of deep foundations*. ASTM International.
- Bagaskara, D. (2023). *Analisis daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan software Plaxis pada proyek pembangunan Jalan Tol Binjai–Langsa STA 8+325*. Universitas Medan Area.
- Dabukke, O., & Wacono, S. (2024). Perbandingan biaya dan waktu pekerjaan pondasi bore pile dan spun pile. *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 6(1), 8–14.
- De Kuiter, J., & Beringen, F. L. (2008). *Pile foundations for large North Sea structures*. Fugro.
- Gry, M. (2025). *Perencanaan pondasi tiang pancang pada gedung kampus 7 lantai di Kota Padang*. Universitas Dharma Andalas.
- Jacob, P. (2004). *Cone penetration testing (CPT): Simplified description of the use and design methods for CPTs in ground engineering*. Fugro.
- Jawat, W. I., Gita, T. P. P., & Dharmayoga, S. M. I. (2020). Kajian metoda pelaksanaan pekerjaan pondasi bored pile pada tahap perencanaan pelaksanaan. *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 9(2), 126–142.
- Kultsum, F. F. (2024). *Perencanaan pondasi tiang bor (bored pile) pada gedung kantor pusat Bank Kalsel, Jl. Lambung Mangkurat, Kota Banjarmasin*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Maulana, M. R., & Yusuf, M. (2025). Pelaksanaan pekerjaan pondasi bored pile dan pile cap bangunan menara air proyek pembangunan konstruksi sipil pabrik AFI. *Jurnal Rekayasa Teknik dan Ilmu Komputer*, 2(3), 306–314.
- Mulya, E. R., & Darwis, F. (2020). Analisis daya dukung pondasi tower BTS berdasarkan uji cone penetration test (CPT). *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 6(1), 111–118.
- Purba, H. P. (n.d.). *Analisis perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan pondasi spun pile dengan bore pile pada proyek konstruksi*.
- Rahman, A. A., Heriati, F., Cahayati, N., & Taqwa, L. M. F. (2020). Korelasi hasil analisis daya dukung ultimit tiang bor dengan hasil pengujian PDA (Studi kasus: Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi III A Ruas Simpang Yasmin–Simpang Salabenda). *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 4(2), 1–7.
- Roniar, N. L., Hartanto, C., Irsyam, M., Basarah, I. Y., & Sihite, B. T. (2023). Evaluation of empirical formulas to estimate axial capacity of bored pile in West Java, Indonesia. *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 2(3), 73–84.
- Siregar, L. I. (2024). *Analisa daya dukung pondasi bored pile pada proyek pembangunan Gedung Living Plaza Cemara Asri Medan*. Universitas Medan Area.
- Sunariyono, Isnaniati, & Hutama, D. A. (2019). Analisis perbandingan daya dukung pondasi bored pile menggunakan hasil uji sondir, SPT dan laboratorium pada

- proyek pembangunan Apartemen 88 Avenue Surabaya. *[Nama jurnal tidak dicantumkan]*, 4(2), 358–367.
- Tanjung, A. W. (2026). *Analisa pengaruh daya dukung pondasi bored pile tiang kelompok pada rekonstruksi tembok penahan tanah di Kecamatan Sitoluori Kabupaten Nias Utara (Studi kasus)*. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Ujung, N. I. (2025). *Evaluasi daya dukung dan penurunan tiang pancang menggunakan PDA test pada pembangunan Pabrik Sukanda Djaya di Medan*. Universitas Medan Area.