

Analisis Daya Dukung Aksial Pondasi *Bore Pile* Menggunakan Data DCPT Pada Proyek Rehabilitasi Jembatan Hos Cokroaminoto, Medan

Khairiansyah Aditya¹, M. Azis Farhansyah^{2*}, dan Alfiani³

¹Politeknik Negeri Medan, khairiansyahaditya@gmail.com

²Politeknik Negeri Medan, azisfarhansyah361@gmail.com

³Politeknik Negeri Medan, alfiani@polmed.ac.id

*Korespondensi email: azisfarhansyah361@gmail.com

Abstract: A foundation is a substructure element that transfers building loads to a soil layer capable of supporting them safely. The Cokroaminoto Bridge construction project utilizes bored pile foundations, necessitating a bearing capacity analysis to ensure structural safety and stability. This study aims to analyze and compare the axial bearing capacity of bored piles based on Dutch Cone Penetration Test (DCPT) data, employing the Meyerhof (1956) and Nottingham & Schmertmann (1975) methods. The study utilizes DCPT soil investigation data from two points (S-1 and S-2) at the project site, with pile dimensions of 80 cm in diameter and 8 meters in depth. Calculations of single-pile axial bearing capacity were performed to determine differences in end-bearing and skin-friction capacities derived from the two methods. Subsequently, an analysis of pile group efficiency and bearing capacity was conducted using the Converse-Labarre, Los Angeles Group Action Equation, and Seiler-Keeney methods, with results compared against field Pile Driving Analyzer (PDA) test data. The results indicate that the Meyerhof (1956) method at point S-2 yields the safest allowable bearing capacity value, which most closely approximates the results of the field PDA test.

Keywords: bored pile, Dutch Cone Penetration Test (DCPT), pile group efficiency, PDA Test

Abstrak: Pondasi merupakan elemen struktur bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang mampu menahannya dengan aman. Pada proyek pembangunan Jembatan Cokroaminoto digunakan pondasi tiang bor (*bored pile*) yang memerlukan analisis daya dukung untuk menjamin keamanan dan kestabilan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung aksial pondasi tiang bor berdasarkan data *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT) atau uji sondir menggunakan metode Meyerhof (1956) dan Nottingham & Schmertmann (1975). Data yang digunakan berupa data investigasi tanah DCPT pada dua titik sondir (S-1 dan S-2) di lokasi proyek dengan dimensi tiang bor diameter 80 cm dan kedalaman 8 meter. Perhitungan daya dukung aksial tiang tunggal dilakukan untuk mengetahui perbedaan kapasitas daya dukung ujung (*end bearing*) dan gesek selimut (*skin friction*) yang diperoleh dari kedua metode. Selanjutnya dilakukan analisis efisiensi dan daya dukung kelompok tiang menggunakan metode Converse-Labarre, Los Angeles Group Action Equation, dan Seiler-Keeney, serta membandingkan hasilnya dengan pengujian lapangan Pile Driving Analyzer (PDA) Test. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Meyerhof (1956) pada titik S-2 memberikan hasil kapasitas dukung izin yang paling aman dan mendekati hasil pengujian lapangan PDA Test.

Kata kunci: pondasi tiang bor, uji penetrasi kerucut dinamis, efisiensi kelompok tiang, PDA Test

PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur transportasi memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan mobilitas masyarakat. Salah satu infrastruktur yang berperan strategis adalah jembatan karena berfungsi menghubungkan antar wilayah serta memperlancar arus kendaraan, distribusi barang, dan aktivitas masyarakat. Oleh sebab itu, pembangunan maupun rehabilitasi jembatan memerlukan perencanaan yang matang agar mampu memberikan tingkat keamanan, kenyamanan, dan keandalan selama masa layan konstruksi.

Pada konstruksi jembatan, struktur bawah (*substructure*) berfungsi menerima dan meneruskan beban dari struktur atas menuju lapisan tanah pendukung. Salah satu komponen utama struktur bawah adalah pondasi yang harus mampu menahan beban vertikal maupun horizontal secara aman. Perencanaan pondasi dipengaruhi oleh kondisi tanah, karakteristik beban, dimensi pondasi, serta metode pelaksanaan yang digunakan sehingga diperlukan analisis daya dukung yang tepat untuk menjamin kestabilan konstruksi (Bowles, 1997).

Pondasi *bored pile* merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang banyak diterapkan pada pembangunan maupun rehabilitasi jembatan karena mampu menyalurkan beban hingga lapisan tanah yang memiliki daya dukung tinggi. Dibandingkan dengan tiang pancang, *bored pile* menghasilkan getaran dan kebisingan yang lebih rendah sehingga lebih sesuai diterapkan pada kawasan padat penduduk atau lokasi dengan ruang kerja terbatas. Sebaliknya, tiang pancang memiliki keunggulan dalam kecepatan pelaksanaan dan pengendalian mutu material (Hardiyatmo, 2011; Tomlinson & Woodward, 2015).

Analisis kapasitas daya dukung pondasi merupakan tahapan penting dalam perencanaan pondasi. Salah satu metode yang umum digunakan adalah metode Meyerhof (1956), yang memperkirakan kapasitas ultimit berdasarkan tahanan ujung (*end bearing*) dan tahanan geser selimut (*skin friction*) menggunakan parameter tanah. Selain itu, metode Nottingham dan Schmertmann (1975) memanfaatkan data Dutch Cone Penetration Test (DCPT) untuk memperkirakan kapasitas daya dukung pondasi. Pada pondasi kelompok, perencanaan juga harus memperhitungkan efisiensi kelompok tiang menggunakan metode Converse-Labarre, Seiler-Keeney, dan Los Angeles agar diperoleh kapasitas kelompok yang mendekati kondisi sebenarnya.

Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto menggunakan pondasi *bored pile*, sehingga diperlukan evaluasi terhadap hasil perhitungan daya dukung aksial menggunakan beberapa metode analisis. Penelitian ini bertujuan menentukan daya dukung aksial pondasi *bored pile* tunggal berdasarkan data DCPT menggunakan metode Meyerhof (1956) dan Nottingham-Schmertmann (1975), menghitung efisiensi kelompok tiang dengan metode Converse-Labarre, Seiler-Keeney, dan Los Angeles, menentukan kapasitas daya dukung kelompok tiang, serta membandingkan hasil perhitungan dengan data Pile Driving Analyzer (PDA) Test untuk mengetahui metode yang menghasilkan nilai daya dukung paling konservatif. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam pemilihan metode analisis yang tepat pada perencanaan pondasi *bored pile*, khususnya pada proyek rehabilitasi jembatan.

TINJAUAN LITERATUR

Pondasi merupakan komponen struktur bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban dari struktur atas menuju lapisan tanah pendukung secara aman (Hardiyatmo, 2014). Pada konstruksi jembatan, pondasi tiang bor (*bored pile*) umum digunakan karena dapat mencapai lapisan tanah keras dengan tingkat getaran dan kebisingan yang relatif rendah selama proses konstruksi jika dibandingkan dengan tiang pancang (Tomlinson & Woodward, 2015). Untuk menentukan kapasitas daya dukung tanah, pengujian lapangan berupa Dutch Cone Penetration Test (DCPT) atau uji sondir digunakan guna mengukur perlawanan penetrasi konus (q_c) dan hambatan lekat (f_s) secara kontinu (SNI 2827:2008).

Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang tunggal (Q_{ult}) diperoleh dari penjumlahan antara tahanan ujung (Q_p) dan tahanan gesek selimut (Q_s). Menurut metode Meyerhof (1956), tahanan ujung satuan (f_b) untuk pondasi tiang bor memperhitungkan nilai rata-rata q_c pada zona 4D di atas ujung tiang dan 1D di bawah ujung tiang (q_{ca}), yang dirumuskan sebagai $f_b = w_1 w_2 q_{ca}$ dengan menerapkan faktor

reduksi 50% - 70% untuk tipe tiang bor. Tahanan selimut (Q_s) dihitung dari nilai Total Skin Friction (TSF) hasil sondir yang direduksi menjadi 70% ($Q_s = A_s \times TSF_r$). Sementara itu, Nottingham & Schmertmann (1975) menggunakan pendekatan rata-rata q_c pada zona 8D di atas dasar tiang dan 0,7D di bawah dasar tiang untuk menentukan $f_b = \omega \cdot q_c \approx 150 \text{ kg/cm}^2$, serta mengalikan hambatan lekat selimut (f_c) dengan faktor koreksi a' untuk menghitung gesekan selimut $Q_s = \sum p(\Delta L)f = \sum p(\Delta L)a'f_c$.

Pondasi tiang bor umumnya dipasang dalam bentuk kelompok (pile group) yang dihubungkan oleh pile cap. Interaksi antar-tiang dalam kelompok dapat mempengaruhi daya dukung keseluruhan, sehingga diperlukan perhitungan efisiensi kelompok tiang (E_g). Salah satu metode yang digunakan adalah persamaan Converse-Labarre, yaitu:

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m+1)n}{90 \times m \times n} \right) \Phi$$

di mana m adalah jumlah baris tiang, n adalah jumlah tiang dalam satu baris, dan $\Phi = \text{Arc tg}(D/s)$ dalam derajat dalam derajat dengan D sebagai diameter tiang dan s sebagai jarak antar-pusat tiang. Daya dukung izin kelompok tiang (Q_g) diperoleh dengan mengalikan efisiensi kelompok, jumlah total tiang, dan daya dukung izin tiang tunggal $Q_g = E_g \times n \times Q_u$.

METODE PENELITIAN

Penelitian berlokasi di Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto, Medan. Data primer meliputi hasil uji sondir/DCPT (titik S-1 dan S-2) dan pengujian dinamik PDA Test, sedangkan data sekunder berupa gambar kerja. Pondasi *bored pile* yang ditinjau berdiameter $D = 0,8 \text{ m}$, kedalaman $L = 8 \text{ m}$, serta tersusun dalam kelompok 8 tiang ($m=4, n=2$) berjarak $s = 2,25 \text{ m}$. Tahapan analisis meliputi: (1) Perhitungan Q_{ult} dan Q_{all} ($SF=3$) tiang tunggal metode Meyerhof (1956) dan Nottingham & Schmertmann (1975); (2) Perhitungan efisiensi (E_g) dan daya dukung kelompok tiang (Q_g); serta (3) Perbandingan hasil analisis dengan data PDA Test untuk menentukan metode paling konservatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menjelaskan analisis daya dukung aksial pondasi *bored pile* (diameter 80 cm, kedalaman 8 m) pada Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto berdasarkan data DCPT (titik S-1 dan S-2) serta konfirmasi uji dinamik PDA Test.

1. Analisis Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal

1.1. Perhitungan Analisis Berbasis Data DCPT

Daya dukung izin tiang tunggal (Q_{all}) dihitung dengan faktor keamanan ($SF = 3$). Hasil analisa rincian data disajikan sebagai berikut:

- Titik Sondir S-1: Metode Meyerhof (1956) menghasilkan $Q_p = 153,432 \text{ ton}$, $Q_s = 59,47 \text{ ton}$, dan $Q_{all} = 70,984 \text{ ton}$. Metode Nottingham & Schmertmann (1975) menghasilkan $Q_p = 208,948 \text{ ton}$, $Q_s = 46,698 \text{ ton}$, dan $Q_{all} = 85,215 \text{ ton}$.
- Titik Sondir S-2: Metode Meyerhof (1956) menghasilkan $Q_p = 228,44 \text{ ton}$, $Q_s = 54,53 \text{ ton}$, dan $Q_{all} = 94,323 \text{ ton}$. Metode Nottingham & Schmertmann (1975) menghasilkan $Q_p = 298,772 \text{ ton}$, $Q_s = 42,829 \text{ ton}$, dan $Q_{all} = 113,867 \text{ ton}$.

Tabel 1. Perbandingan Daya Dukung Hasil N-SPT dengan PDA test

Titik	Menurut	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qall (ton)
S1	Mayerhof (1995)	153,432	59,47	212,952	70,984
	Nottingham and Schmertman n (1975)	208,948	46,69 8	255,64 6	85,215
S2	Mayerhof (1995)	228,44	54,53	282,97	94,323
	Nottingham and Schmertman n (1975)	298,772	42,829	341,601	113,867
	PDA test	70,8	36,4	107,2	

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

1.2. Evaluasi Hasil PDA Test

Pengujian PDA Test di lapangan menghasilkan $Q_{ult} = 107,2$ on ($Q_p = 70,8$ ton, $Q_s = 36,4$ ton). Nilai ini lebih rendah dibanding perhitungan analitis akibat kendala pelaksanaan di lapangan, seperti keruntuhan dinding lubang bor dan pembersihan (cleaning) dasar lubang yang kurang optimal sebelum pengecoran. Metode Meyerhof (1956) memberikan hasil yang paling mendekati uji lapangan sehingga bersifat lebih konservatif.

2. Analisis Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal

2.1. Efisiensi Kelompok Tiang

Analisis efisiensi kelompok tiang ($m=4$, $n=2$, $s=2,25$ m) dilakukan menggunakan persamaan Converse-Labarre:

$$E_g = 1 - \left(\frac{(n-1)m + (m+1)n}{90 \times m \times n} \right) \Phi$$

Di mana nilai $\Phi = \arctan(D/s) = 19,57^\circ$, sehingga diperoleh $E_g = 0,728$. Formula Seiler-Keeney dan Los Angeles masing-masing menghasilkan $E_g = 0,856$ dan $0,798$. Nilai terkecil ($E_g = 0,728$) digunakan dalam perhitungan beban izin kelompok.

2.2. Kapasitas Dukung Izin Kelompok (Q_g)

Daya dukung izin kelompok tiang ($Q_g = E_g \times Q_{all} \times n_t$) dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Daya Dukung Pondasi Kolompok Tiang

Perbandingan Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang								
Titik	Menurut	Qp	Qs	Qu	Qall	Eg	n	Qg
		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)			(ton)
S-1	Mayerhof (1956)	153,432	59,47	212,952	70,984	0,728	8	413,41
	Nottingham and Schmertmann	208,948	46,698	255,646	85,215	0,728	8	496,292

Perbandingan Daya Dukung Pondasi Kelompok Tiang								
Titik	Menurut	Qp	Qs	Qu	Qall	Eg	n	Qg
		(ton)	(ton)	(ton)	(ton)			(ton)
	(1975)							
S-2	Mayerhof (1956)	228,44	54,53	282,97	94,323	0,728	8	549,337
	Nottingham and Schmertmann (1975)	298,772	42,829	341,601	113,867	0,728	8	663,161

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2026

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan analisis daya dukung aksial pondasi *bored pile* menggunakan data DCPT pada Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Meyerhof (1956) menghasilkan daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 212,952 ton (S-1) dan 282,970 ton (S-2), sedangkan metode Nottingham and Schmertmann (1975) menghasilkan 255,646 ton (S-1) dan 341,601 ton (S-2).
2. Nilai efisiensi kelompok tiang sebesar 0,728 menunjukkan adanya pengaruh interaksi antar tiang yang digunakan dalam perhitungan daya dukung kelompok.
3. Daya dukung izin kelompok (Q_g) berkisar antara 413,410–496,292 ton pada titik S-1 dan 549,337–663,161 ton pada titik S-2, dengan perbedaan nilai dipengaruhi oleh metode analisis dan kondisi tanah.
4. Dibandingkan dengan hasil PDA Test, metode Meyerhof (1956) memberikan hasil yang lebih mendekati sehingga dinilai lebih konservatif dan lebih sesuai sebagai acuan perencanaan pondasi pada lokasi penelitian.

Berdasarkan analisis daya dukung aksial pondasi *bored pile* menggunakan data DCPT pada Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto, diperoleh beberapa Saran sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan metode Meyerhof dengan metode lain, seperti LCPC serta Aoki dan De Alencar, untuk memperoleh evaluasi yang lebih komprehensif.
2. Jumlah titik penyelidikan tanah perlu ditambah agar kondisi tanah di lokasi penelitian dapat direpresentasikan dengan lebih baik.
3. Analisis pondasi sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan daya dukung aksial, tetapi juga penurunan (*settlement*) dan beban lateral.
4. Penentuan kedalaman analisis disarankan dilakukan pada lapisan tanah dengan nilai q_c yang telah stabil agar hasil lebih representatif.
5. Pada pelaksanaan konstruksi *bored pile*, pembersihan dasar lubang bor serta verifikasi melalui PDA Test perlu dilakukan untuk meningkatkan keakuratan evaluasi daya dukung pondasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan masukan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pihak Proyek Rehabilitasi Jembatan HOS Cokroaminoto yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pelaksanaan pengambilan data.

Selain itu, penulis mengapresiasi seluruh dosen pembimbing dan pihak-pihak terkait yang telah memberikan arahan sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Rahman, H. C. (2024). *Analisis Daya Dukung Pondasi Bore Pile Menggunakan Data Sondir Dan SPT Pada Proyek Pembangunan Reservoir Sungai Loban. Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai - Langsa Seksi Binjai - Pangkalan Brandan STA. 12 + 300.*
- Analisis Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Berdasarkan Data SPT Dan CPT .* (2023). DOI:10.32897/simteks.v3i2.1068.
- Analysis Of Bored Pile Foundation Bearing Capacity Based On Cone Penetration Test Data.* (2021). DOI:10.31963.
- Arif Rahman Sitepu, N. R. (2024). *Analisis Daya Dukung Tiang Bor Menggunakan Metode Empirik Dari Data Pengujian Sondir.*
- Das., B. M. (1983). *Principles of Foundation Engineering.*
- Evaluasi Metode Meyerhof dan Schmertmann-Nottingham Berbasis CPT.* (2026). DOI:10.33364/Konstruksi.v24-1.3164.
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Teknik Pondasi 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, H. C. (2018). *Teknik Pondasi 2.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Perbandingan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Manual, Allpile, dan PDA test .* (2025).
- Perhitungan Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Data NSPT Pada Proyek Pembangunan Emplasemen Dan Bangunan Stasiun Medan Tahap 2.*
- Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Pier 1 Jembatan Proyek JTTS Seksi Lingkar Pekanbaru.*
- SNI 2827:2008. *Badan Standardisasi Nasional.* (2008). SNI 2827:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir (CPT). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 4153:2008. *Badan Standardisasi Nasional.* (2008). SNI 4153:2008 Cara Uji Penetrasi Standar (SPT) untuk Penyelidikan Tanah. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.