



STUDI KOMPARATIF DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORE PILE MENGGUNAKAN METODE REESE – WRIGHT DAN PROGRAM PLAXIS 3D

Denisyia Pangi Wijaya¹, Dedy Rutama², Agastyassa Ghea Amarta³
Email: pangiwdenisya@student.jgu.ac.id¹, dedyrutama@jgu.ac.id²,
Agastyasa.gheamarta@gmail.com³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Global Jakarta

ABSTRACT

Bore pile foundations are a type of deep foundation commonly used in bridge structures and elevated highways to transfer heavy loads to the supporting soil layer. However, differences in analytical approaches often lead to variations in the calculated bearing capacity and foundation settlement. This study aims to analyze the bearing capacity of bored pile foundations and assess settlement using the Reese-Wright empirical method and numerical methods via the Plaxis 3D software for the Solo-Yogyakarta-New Yogyakarta International Airport Kulon Progo Toll Road Construction Project, specifically for the Elevated Main Road Pier 34 South (P34S) structure at STA 43+016. The data used included SPT test results at borehole BH-15A and laboratory test results as input parameters for Plaxis. Manual calculations at a depth of 27 m yielded a single-pile allowable bearing capacity (Q_{all}) of 737.88 tons with end bearing resistance (Q_p) of 482.645 tons and skin friction resistance (Q_s) of 1,730.98 tons, and a group capacity (Q_g) of 4,495.984 tons with group efficiency (E_g) of 0.677. The Plaxis 3D analysis yielded a single-pile allowable bearing capacity (Q_{all}) of 354.33 tons and a group bearing capacity (Q_g) of 3,189.00 tons. Although there are significant differences between the two methods, both concluded that the foundation is safe because the group bearing capacity exceeds the design load of 1,028.47 tons. The settlement calculated by Plaxis 3D (1.63 cm) and the manual calculation (2.06 cm) for the pile group are both still below the allowable limit of SNI 8460:2017, which is 2.5 cm. Thus, the bore pile foundation with a diameter of 1.2 m and a depth of 27 m at Pier 34 South (P34S) STA 43+016 is suitable and safe for use as the foundation for the Elevated Main Road structure.

Keyword: Bored Pile, Bearing Capacity, Settlement, Reese–Wright, Plaxis 3D.

ABSTRAK

Pondasi bore pile merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang umum digunakan pada struktur jembatan dan elevated main road untuk menyalurkan beban besar ke lapisan tanah pendukung. Namun, perbedaan pendekatan analisis sering menimbulkan variasi hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis kapasitas daya dukung pondasi bore pile dan menganalisis penurunan menggunakan metode empiris Reese – Wright dan metode numerik melalui program Plaxis 3D pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – New Yogyakarta International Airport Kulon Progo, khususnya pada struktur Elevated Main Road Pier 34 Selatan (P34S) STA 43+016. Data yang digunakan meliputi uji SPT pada titik bor BH-15A dan hasil uji laboratorium sebagai input parameter Plaxis. Hasil perhitungan manual pada kedalaman 27 m menghasilkan kapasitas daya dukung ijin pada tiang tunggal (Q_{all}) sebesar 737,88 ton dengan rincian tahanan ujung (Q_p) sebesar 482,645 ton tahanan gesek selimut (Q_s) sebesar 1.730,98 ton serta kapasitas pada tiang kelompok (Q_g) sebesar 4.495,984 ton dengan efisiensi kelompok (E_g) sebesar 0,667. Analisis Plaxis 3D menghasilkan Q_{all} pada tiang tunggal sebesar 354,33 ton dan kapasitas pada tiang kelompok (Q_g) sebesar 3.189,00 ton. Meskipun terdapat perbedaan yang signifikan di antara kedua metode, kedua metode tersebut menyimpulkan pondasi aman karena kapasitas daya dukung kelompok lebih besar dari beban rencana 1.029,49 ton. Penurunan maksimum dari Plaxis 3D sebesar 1,63 cm dan perhitungan manual sebesar 2,06 cm pada tiang kelompok, keduanya masih di bawah batas izin SNI 8460:2017 yaitu 2,5 cm. Dengan demikian, pondasi bore pile dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 27 m pada Pier 34 Selatan (P34S) STA 43+016 layak dan aman digunakan sebagai pondasi struktur Elevated Main Road.

Kata Kunci: Bore Pile, Daya Dukung, Penurunan, Reese – Wright, Plaxis 3D.



PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi telah mendorong percepatan pembangunan infrastruktur di Indonesia sebagai salah satu pilar utama peningkatan daya saing nasional. Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – New Yogyakarta International Airport (NYIA) Kulon Progo bertujuan untuk mengurangi kemacetan lalu lintas serta meningkatkan waktu tempuh dan kelancaran distribusi antarwilayah di Indonesia. Pada proyek ini, khususnya pada struktur *Elevated Main Road* Pier 34 Selatan (P34S) STA 43+016, digunakan pondasi *bore pile* dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 27 m.

Berdasarkan data tanah BH-15A, lapisan tanah di lokasi didominasi oleh tanah pasir dengan nilai N-SPT bervariasi antara 11 hingga 60. Pondasi *bore pile* dipilih karena kemampuannya menahan beban signifikan melalui kombinasi tahanan ujung (*end bearing*) dan tahanan selimut (*skin friction*). Namun, besarnya beban struktur serta variasi kondisi tanah setempat menuntut analisis geoteknik yang cermat dan dapat dipertanggungjawabkan untuk memastikan keamanan dan kestabilan pondasi (SNI 8460:2017).

Dalam praktik perencanaan pondasi, terdapat dua pendekatan analisis yang umum digunakan, yaitu metode empiris berbasis data *Standard Penetration Test* (SPT) dan metode numerik berbasis elemen hingga. Metode empiris seperti *Reese – Wright* (1977) menawarkan kepraktisan dengan memanfaatkan data N-SPT secara langsung. Sementara itu, metode numerik seperti *Plaxis 3D* menggunakan pendekatan elemen hingga yang memerlukan parameter tanah yang lebih lengkap untuk memodelkan perilaku tanah dan interaksi tanah-struktur secara lebih realistis. Perbedaan pendekatan antara kedua metode sering menimbulkan variasi hasil perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi (Aryaji & Darmawan, 2024; Tahismasari et al., 2024).

Selain kapasitas daya dukung, diperlukan evaluasi terhadap penurunan pondasi yang juga menjadi aspek krusial dalam perencanaan *elevated main road*. 1 Beban vertikal yang besar bekerja pada kepala tiang yang akan mengakibatkan deformasi aksial pada tiang serta memicu terjadinya tegangan pada lapisan tanah di sekitarnya. Pada struktur *elevated main road*, penurunan yang berlebihan atau tidak seragam (*differential settlement*) dapat menyebabkan distorsi pada girder, kerusakan pada sambungan struktur (*joint*), serta menurunkan tingkat kenyamanan dan keamanan pengguna jalan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil analisis daya dukung dan penurunan pondasi *bore pile* antara metode empiris *Reese – Wright* dan analisis numerik menggunakan *Plaxis 3D*, serta memvalidasi hasil analisis terhadap kriteria keamanan yang ditetapkan dalam SNI 8460:2017. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja pondasi *bore pile* serta menjadi bahan pertimbangan dalam memilih metode analisis yang tepat untuk perencanaan pondasi pada proyek serupa.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Data Penelitian

Penelitian dilakukan di area Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – New Yogyakarta International Airport (NYIA) Kulon Progo *Elevated Main Road* pada STA 43+016, tepatnya pada Pier 34 Selatan (P34S). Lokasi berada di wilayah Jl. Selokan Mataram, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang digunakan meliputi data sekunder berupa hasil uji SPT pada titik bor BH-15A dan gambar perencanaan struktur, serta data primer berupa hasil pengujian laboratorium untuk klasifikasi tanah berdasarkan USCS.

Analisis Daya Dukung Metode Reese – Wright

Metode *Reese – Wright* (1977) merupakan metode empiris yang menghitung kapasitas daya dukung tiang berdasarkan data N-SPT dengan persamaan sebagai berikut:

1. Daya dukung ujung (*end bearing*):

- 1) Untuk $N < 60$: $q_p = \frac{2}{3} \times \frac{1}{0,3048^2} \times N_{SPT} \times A_p$ (ton/m²)
- 2) Untuk $N > 60$: $q_p = 486,701$ (ton/m²)

2. Daya dukung selimut (*skin friction*):

- 1) Untuk $N < 15$: $f_s = 0,25$ ton/m²
- 2) Untuk $15 < N < 53$: $f_s = 0,32 \times N_{SPT}$ ton/m²
- 3) Untuk $53 < N < 100$: $f_s = \frac{N-53}{450} + 17$ ton/m²

Kapasitas ultimit dihitung dengan $Q_{ult} = Q_p + Q_s$, dan kapasitas ijin dengan $Q_{all} = Q_{ult} / 2$

SF ($SF = 3$).

Pemodelan Plaxis 3D

Pemodelan numerik dilakukan menggunakan program Plaxis 3D dengan model tanah *Mohr – Coulomb*. Parameter tanah input diperoleh dari korelasi terhadap data N-SPT, meliputi berat volume tanah, kohesi, sudut geser dalam, modulus elastisitas, angka Poisson, dan koefisien permeabilitas. Pemodelan dilakukan dengan pendefinisian properti proyek, material set, geometri model, dan fase perhitungan (*Initial Phase* dan fase pembebanan). Hasil pemodelan berupa gaya aksial sepanjang tiang dan penurunan yang terjadi.

Analisis Penurunan

Perhitungan penurunan tiang tunggal manual menggunakan persamaan:

$$S = \frac{d}{100} + \frac{qL}{A_p E_p}$$

Penurunan tiang kelompok dihitung dengan:

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}}$$

Sedangkan pada Plaxis 3D, penurunan diperoleh dari output *Total Displacement* (uZ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Klasifikasi Tanah

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, tanah pada ketiga kedalaman (1 m, 2 m, dan 3 m) diklasifikasikan sebagai **Poorly Graded Sand (SP)** menurut sistem USCS (ASTM D2487). Hal ini ditunjukkan oleh persentase lolos saringan No.200 yang sangat kecil ($< 5\%$), yaitu 0,73% pada kedalaman 1 m, 1,16% pada kedalaman 2 m, dan 0,22% pada kedalaman 3 m. Nilai koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) pada seluruh kedalaman tidak memenuhi syarat untuk *Well-Graded Sand* (SW), sehingga tanah diklasifikasikan sebagai SP.

Daya Dukung

Tabel 1. Perbandingan Hasil Daya Dukung

Metode	Tiang Tunggal (Q_{all}) (ton)	Tiang Kelompok (Q_g) (ton)	Beban Rencana (ton)
Manual (<i>Reese – Wright</i>)	737,88	4.495,984	1.029,49
Plaxis 3D	353,33	3.189,00	1.029,49

Berdasarkan Tabel 1, metode manual menghasilkan kapasitas dukung yang jauh lebih besar dibandingkan Plaxis 3D. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan pendekatan antara kedua metode. Metode *Reese – Wright* merupakan metode empiris yang mengandalkan data N-SPT secara langsung dan mengasumsikan tahanan ujung dan gesekan selimut bekerja secara bersamaan pada kondisi runtuh, sehingga kapasitas ultimit cenderung *overestimate*. Sebaliknya, Plaxis 3D menggunakan pendekatan elemen hingga dengan parameter tanah yang lebih lengkap dan memodelkan interaksi tanah-struktur secara tiga dimensi, sehingga menghasilkan kapasitas dukung yang lebih konservatif dan mendekati kondisi aktual lapangan.

Meskipun terdapat perbedaan signifikan, **kedua metode menghasilkan kesimpulan yang sama**, yaitu pondasi dinyatakan aman terhadap beban rencana. Hal ini ditunjukkan oleh nilai Q_g dari kedua metode yang masih jauh lebih besar dibandingkan beban aksial rencana sebesar 1.029,49 ton.

Penurunan

Tabel 2. Perbandingan Hasil Penurunan

Metode	Tiang Tunggal (cm)	Tiang Kelompok (cm)	Batas Izin (cm)
Manual	1,30	2,06	2,5



Metode	Tiang Tunggal (cm)	Tiang Kelompok (cm)	Batas Izin (cm)
Plaxis 3D	1,63	1,63	2,5

Berdasarkan Tabel 2, hasil perhitungan penurunan dari kedua metode menunjukkan perbedaan yang relatif kecil. Metode manual menggunakan pendekatan empiris elastis sederhana dan faktor koreksi kelompok berdasarkan geometri tiang, sedangkan Plaxis 3D memodelkan deformasi tanah dan struktur secara terintegrasi dengan mempertimbangkan perilaku tegangan-regangan tanah secara bertahap.

Kedua metode menyimpulkan bahwa penurunan yang terjadi masih berada di bawah batas penurunan izin berdasarkan SNI 8460:2017, yaitu sebesar 2,5 cm. Hal ini menunjukkan bahwa pondasi *bore pile* dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 27 m pada Pier 34 Selatan (P34S) STA 43+016 dinyatakan aman terhadap penurunan.

Analisis Perbedaan Hasil

Perbedaan hasil yang signifikan pada daya dukung disebabkan oleh:

1. Perbedaan Pendekatan: Metode *Reese – Wright* menjumlahkan tahanan ujung dan gesekan selimut secara langsung pada kondisi runtuh, sementara Plaxis 3D memodelkan distribusi tegangan dan deformasi secara bertahap.
2. Perbedaan Parameter Input: Metode *Reese – Wright* hanya menggunakan data N-SPT, sedangkan Plaxis 3D memerlukan parameter tanah yang lebih lengkap (kohesi, sudut geser, modulus elastisitas, rasio Poisson, dan berat volume).
3. Perbedaan Representasi Geometri: Plaxis 3D mampu memodelkan geometri tiga dimensi secara utuh dan memperhitungkan efek interaksi antar lapisan tanah.

Pada penurunan, perbedaan relatif lebih kecil karena kedua metode menggunakan pendekatan elastis yang memiliki dasar teori yang sama, namun dengan tingkat kompleksitas yang berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kapasitas Daya Dukung: Metode manual (*Reese – Wright*) menghasilkan kapasitas dukung ijin tiang tunggal (Q_{all}) sebesar 737,88 ton dan kapasitas dukung kelompok (Q_g) sebesar 4.495,984 ton. Metode Plaxis 3D menghasilkan Q_{all} sebesar 354,33 ton dan Q_g sebesar 3.189,00 ton. Kedua metode menghasilkan kesimpulan yang sama bahwa pondasi aman karena $Q_g >$ beban rencana (1.029,49 ton).
2. Penurunan: Penurunan maksimum dari metode manual sebesar 2,06 cm dan Plaxis 3D sebesar 1,63 cm. Kedua nilai tersebut masih berada di bawah batas penurunan izin SNI 8460:2017 sebesar 2,5 cm.
3. Perbedaan Hasil: Perbedaan hasil daya dukung yang signifikan disebabkan oleh perbedaan pendekatan, asumsi, dan parameter input antara metode empiris (*Reese – Wright*) dan metode numerik (Plaxis 3D). Namun, perbedaan penurunan relatif kecil dan tidak mempengaruhi kesimpulan akhir.
4. Kelayakan Pondasi: Pondasi *bore pile* dengan diameter 1,2 m dan kedalaman 27 m pada Pier 34 Selatan (P34S) STA 43+016 dinyatakan layak dan aman digunakan sebagai pondasi struktur *Elevated Main Road* berdasarkan kedua metode analisis.

Saran

1. Disarankan menggunakan model tanah yang lebih canggih seperti *Hardening Soil* (HS) atau *HS Small* untuk memodelkan perilaku tanah non-linier yang lebih akurat, terutama dalam penurunan jangka panjang.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan melakukan analisis kapasitas lateral tiang secara langsung menggunakan metode Broms atau metode *p-y curve*, serta memodelkan beban lateral secara terpisah pada Plaxis 3D.
3. Untuk memperoleh variasi hasil dan menentukan metode yang paling sesuai dengan kondisi tanah setempat, disarankan menggunakan metode lain seperti Meyerhof, Vesic, atau Aoki & Velloso sebagai pembanding terhadap metode *Reese – Wright*.



REFERENSI

- Aryaji, A., & Darmawan, R. R. (2024). *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Bored Pile menggunakan Metode Meyerhof, Reese & Wright, Poulos & Davis dan Program Plaxis* [Tugas Akhir]. Universitas Negeri Yogyakarta.
- ASTM International. (2017). *ASTM D2487-17: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)*. West Conshohocken, PA: ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017: Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Brinkgreve, R. B. J., & Swolfs, W. M. (2024). *PLAXIS 3D Reference Manual* (Version 2024). London: Bentley Systems.
- Das, B. M. (2019). *Principles of Geotechnical Engineering* (9th ed.). Boston, MA: Cengage Learning.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Teknik Pondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Khairunnisa, J. (2025). *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT pada Proyek Pembangunan RSUD Kota Yogyakarta* [Skripsi]. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Poulos, H. G., & Davis, E. H. (1980). *Pile Foundation Analysis and Design*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Reese, L. C., & Wright, S. G. (1977). *Drilled Shaft Design and Construction Guidelines Manual*. Washington, D.C.: Federal Highway Administration.
- Tahismasari, S., Darmiyanti, L., & Rodji, A. P. (2024). Analisis Perbandingan Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data SPT. *Basement Journal*, 2(2).
- Tomlinson, M. J., & Woodward, J. (2014). *Foundation Design and Construction* (7th ed.). Harlow: Pearson.
- Wesley, L. D. (2009). *Fundamentals of Soil Mechanics for Sedimentary and Residual Soils*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.