

Analisis daya dukung dan penurunan (*settlement*) fondasi *bored pile* berdasarkan interpretasi data CPT pada pembangunan Gedung MTA Perwakilan Sragen

Najwa Aisyah Kayla Eka Septi^{1,*}, Melinda Dwi Rahmawati¹

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Kota Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Bored pile foundation
Bearing capacity
Settlement
CPT
Meyerhof
Vesic

Corresponding Author:

Najwa Aisyah Kayla Eka
Septi
23511156@students.uii.ac.id

Abstract

The rapid development of multi-storey buildings in urban areas requires foundation systems capable of safely transferring structural loads to supporting soil layers. Cone Penetration Test (CPT) data were utilized in this study because they enable the identification of hard soil layers and provide the geotechnical information required to identify hard soil layers and estimate bored pile bearing capacity and settlement. This study aims to analyze the bearing capacity and settlement of a bored pile foundation at the construction site of Majelis Tafsir Al-Qur'an (MTA) Representative Office Building in Sragen. The research employed a quantitative descriptive-analytical approach using geotechnical data obtained from CPT testing and technical foundation design data. The axial bearing capacity of the bored pile was calculated using the Meyerhof (1976) method, while foundation settlement was analyzed using the Vesic (1970) method. The analysis focused on a bored pile foundation with a diameter of 0.40 m and a depth of 5.4 m, where the cone resistance value reached 230 kg/cm², indicating the presence of a hard soil layer. The results showed that the end-bearing capacity (Q_p) was 289.03 tons and the shaft resistance (Q_s) was 57.37 tons, resulting in an ultimate bearing capacity (Q_u) of 346.40 tons. After applying a safety factor of 4, the allowable bearing capacity (Q_{all}) was calculated as 86.30 tons. Settlement analysis yielded a value of 13.23 mm, which is below the allowable settlement limit specified in SNI 8460:2017. These findings indicate that the bored pile foundation is capable of safely supporting the design load and satisfies the serviceability requirements for the studied building project.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Latar belakang

Perencanaan fondasi pada pembangunan gedung bertingkat memerlukan sistem fondasi yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur atas ke bagian bawah. Oleh karena itu, analisis daya dukung dan penurunan fondasi menjadi tahapan penting untuk memastikan fondasi memiliki

kapasitas yang memadai serta memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 8460:2017 (Arsyad dkk., 2021; Priyono, 2020; Yudhanto & Sari, 2019).

Untuk memenuhi persyaratan tersebut, salah satu jenis fondasi dalam yang banyak diterapkan pada pembangunan gedung adalah fondasi tiang *bored pile*. (Anwar dkk., 2023; Zhou dkk., 2020).

Pada tahap investigasi tanah di lokasi pembangunan Gedung Majelis Tafsir Al-Qur'an (MTA) Perwakilan Kabupaten Sragen, dilakukan pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) untuk memperoleh informasi mengenai kondisi tanah bawah permukaan sebagai dasar perencanaan fondasi. Dalam penelitian ini, analisis difokuskan pada hasil pengujian titik sondir sesuai dengan ruang lingkup penelitian. Hasil pengujian pada titik tersebut menunjukkan bahwa nilai tahanan konus (q_c) sebesar ($q_c \geq 200 \text{ kg/cm}^2$) pada kedalaman 5,40 m. Data hasil pengujian tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis daya dukung fondasi dan penurunan fondasi. (Arsyad dkk., 2021; Hardiyatmo, 2010).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung menggunakan metode Meyerhof (1976) dan penurunan fondasi *bored pile* menggunakan metode Vesic (1970) berdasarkan interpretasi data *Cone Penetration Test* (CPT) pada pembangunan Gedung Majelis Tafsir Al-Qur'an (MTA) Perwakilan Kabupaten Sragen. Metode Meyerhof (1976) dipilih karena mampu mengestimasi daya dukung fondasi secara empiris berdasarkan parameter tahanan konus (q_c) hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT), sedangkan metode Vesic (1970) digunakan karena mempertimbangkan karakteristik geometri dan sifat elastis fondasi dalam estimasi penurunan. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan informasi mengenai daya dukung dan penurunan sebagai dasar dalam evaluasi kinerja fondasi, serta menilai kesesuaiannya terhadap batas penurunan yang diizinkan berdasarkan SNI 8460:2017.

Tinjauan Pustaka

Fondasi tiang bor (*bored pile*)

Fondasi tiang bor (*bored pile*) adalah jenis fondasi yang konstruksinya dilakukan dengan cara mengebor lapisan tanah terlebih dahulu menggunakan alat bor hingga mencapai elevasi kedalaman rencana yang

ditargetkan (Hardiyatmo, 2010) (Zain dkk., 2021). Setelah lubang bor silindris terbentuk, ke dalamnya dimasukkan rangkaian besi tulangan struktural untuk kemudian diisi dengan material beton segar yang dicor langsung di tempat (*cast-in-situ*) (Sakinah, 2023) (Zain dkk., 2021)

Adapun persamaan yang digunakan dalam menentukan kapasitas daya dukung dan penurunan pada fondasi *bored pile* sebagai berikut.

Daya dukung ujung (Q_p):

$$Q_p = q_c \times A_p \times k_c \quad (1)$$

Q_p adalah daya dukung ujung tiang (ton), q_c adalah tahanan konus hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) (kg/cm^2), A_p adalah luas penampang ujung tiang (m^2), dan k_c adalah faktor daya dukung (*bearing capacity factor*), dengan nilai sebesar 1 pada penelitian ini.

Daya dukung selimut (Q_s):

$$Q_s = 0.005 \times q_c \times A_s \quad (2)$$

Q_s adalah daya dukung selimut tiang (ton), q_c adalah tahanan konus hasil pengujian *Cone Penetration Test* (CPT) (kg/cm^2), dan A_s adalah luas bidang selimut tiang (m^2).

Daya dukung ultimit (Q_u):

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (3)$$

Q_u adalah daya dukung ultimit (ton), Q_p adalah daya dukung ujung tiang (ton), dan Q_s adalah daya dukung selimut tiang (ton).

$$Q_{all} = \frac{Q_u - W}{SF} \quad (4)$$

Daya dukung izin (Q_{all}):

Q_{all} adalah daya dukung izin (ton), Q_u adalah daya dukung ultimit (ton), W adalah berat sendiri fondasi (ton), dan SF adalah faktor keamanan yang bernilai 4 pada penelitian ini.

Penurunan (*settlement*)

Penurunan (*settlement*) adalah pergerakan vertikal ke bawah pada fondasi akibat beban struktur yang menyebabkan deformasi tanah. Analisis penurunan diperlukan untuk memastikan fondasi bekerja dengan aman dan tidak melebihi batas penurunan yang diizinkan (Hardiyatmo, 2018).

Penurunan (S):

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \quad (5)$$

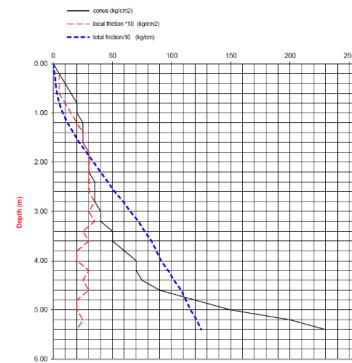
S adalah penurunan fondasi (mm), D adalah diameter tiang (cm), Q adalah beban kerja (ton), L adalah panjang tiang (m), A_p adalah luas penampang tiang (m²), dan E_p adalah modulus elastisitas material tiang (MPa).

Metode

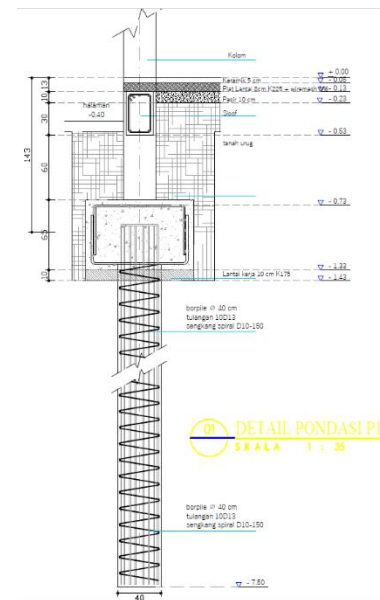
Data penelitian

Data yang digunakan terdiri atas data geoteknik berupa hasil pengujian *Dutch Cone Penetration* (DCPT) pada lokasi pembangunan Gedung MTA Perwakilan Kabupaten Sragen. Pengujian tersebut dilakukan pada tiga titik menggunakan alat sondir berkapasitas 2,5 ton dengan kecepatan penetrasi ± 2 cm/detik. Penelitian ini difokuskan pada analisis data hasil pengujian pada titik sondir sebagai objek kajian. Data geoteknik dan data teknis fondasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis daya dukung dan penurunan fondasi. Hasil pengujian DCPT dan *shop drawing* dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2 berikut.

Data CPT digunakan untuk mengidentifikasi kondisi lapisan tanah dan kedalaman tanah keras, sedangkan data teknis fondasi meliputi dimensi tiang, kedalaman fondasi, mutu beton, modulus elastisitas, faktor keamanan, dan parameter desain lainnya yang diperlukan dalam analisis. Data CPT dapat dilihat pada Tabel 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Hasil Pengujian CPT Titik Sondir 2



Gambar 2. Shop Drawing Tiang Fondasi

Tabel 1. Data Parameter CPT

Keterangan	Nilai
Diameter tiang (D)	0,4 m
Kedalaman tiang	5,4 m
Kedalaman dasar (D_f)	1,43 m
Panjang efektif tiang (L)	3,97 m
Mutu beton	K300
Modulus elastisitas (E)	23500 MPa
Faktor keamanan (SF)	4
Berat tiang (W)	1,2 ton
Bearing capacity factor (kc)	1

Prosedur penelitian

Penelitian diawali dengan pengumpulan data geoteknik berupa hasil pengujian *Cone*

Penetration Test (CPT) serta data teknis fondasi yang diperoleh dari gambar perencanaan (*shop drawing*). Hasil pengujian CPT pada titik Sondir dan *shop drawing* fondasi masing-masing disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 2, sedangkan parameter yang digunakan dalam analisis disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya, analisis daya dukung fondasi dilakukan menggunakan metode Meyerhof (1976) karena memanfaatkan nilai tahanan konus (q_c) hasil pengujian CPT sebagai dasar perhitungan kapasitas daya dukung fondasi tiang. Analisis penurunan fondasi dilakukan menggunakan metode Vesic (1970) dengan mempertimbangkan parameter geometri dan material fondasi. Hasil analisis kemudian dievaluasi berdasarkan ketentuan daya dukung dan batas penurunan yang diizinkan sesuai SNI 8460:2017, serta disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan pembahasan.

Hasil dan Pembahasan

Analisis daya dukung fondasi

Perhitungan daya dukung aksial fondasi *bored pile* dilakukan menggunakan metode Meyerhof (1976) berdasarkan data CPT pada kedalaman fondasi rencana, yaitu 5,4 m. Pada kedalaman tersebut diperoleh nilai tahanan konus (q_c) sebesar 230 kg/cm² atau 2.300 ton/m², dengan diameter tiang 0,40 m. Perhitungan dilakukan untuk memperoleh kapasitas dukung yang berasal dari tahanan ujung tiang (*end bearing*) dan tahanan gesek selimut (*skin friction*), yang selanjutnya digunakan untuk menentukan daya dukung ultimit dan daya dukung izin fondasi. Rekapitulasi parameter dan hasil perhitungan daya dukung fondasi *bored pile* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kedalaman 5,4 m diperoleh nilai daya dukung ultimit (Q_u) sebesar 346,40 ton. Setelah memperhitungkan berat tiang sebesar 1,20 ton dan faktor keamanan sebesar 4, diperoleh daya dukung izin (Q_{all}) sebesar 86,30 ton. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa parameter tanah pada kedalaman rencana memberikan

tahanan yang memadai terhadap beban aksial tiang sehingga menghasilkan kapasitas daya dukung fondasi sesuai hasil analisis metode Meyerhof (1976).

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung

Depth (m)	q_c (ton/m ²)	Q_p (ton)	Q_s (ton)	Q_u (ton)	Q_{all} (ton)
1,6	250	31,42	0,27	31,65	7,62
1,8	300	37,70	0,70	38,40	9,30
2	300	37,70	1,07	38,77	9,39
2,2	300	37,70	1,45	39,15	9,49
2,4	350	43,98	2,13	46,12	11,23
2,6	350	43,98	2,57	46,56	11,34
2,8	350	43,98	3,01	47,00	11,45
3	400	50,27	3,95	54,21	13,25
3,2	400	50,27	4,45	54,71	13,38
3,4	500	62,83	6,19	69,02	16,96
3,6	500	62,83	6,82	69,65	17,11
3,8	600	75,40	8,93	84,33	20,78
4	700	87,96	11,30	99,27	24,52
4,2	700	87,96	12,18	100,15	24,74
4,4	750	94,25	14,00	108,24	26,76
4,6	900	113,10	17,93	131,02	32,46
4,8	1200	150,80	25,41	176,21	43,75
5	1500	188,50	33,65	222,14	55,24
5,2	2000	251,33	47,38	298,70	74,38
5,4	2300	289,03	57,37	346,40	86,30

Analisis penurunan fondasi

Analisis penurunan fondasi dilakukan menggunakan metode Vesic (1970) dengan mempertimbangkan parameter fondasi yang meliputi diameter tiang 0,40 m, luas ujung tiang 0,13 m², modulus elastisitas beton 23.500 MPa, dan parameter daya dukung tiang sesuai dengan persamaan metode yang digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai penurunan fondasi sebesar 13,23 mm.

Nilai penurunan tersebut kemudian dievaluasi berdasarkan batas penurunan izin sesuai SNI 8460:2017, yaitu sebesar, $S \leq 25$ mm. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai penurunan yang diperoleh masih berada di bawah batas penurunan yang diizinkan, sehingga memenuhi persyaratan berdasarkan SNI 8460:2017.

Rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung dan penurunan fondasi pada seluruh variasi kedalaman disajikan pada Tabel 3.

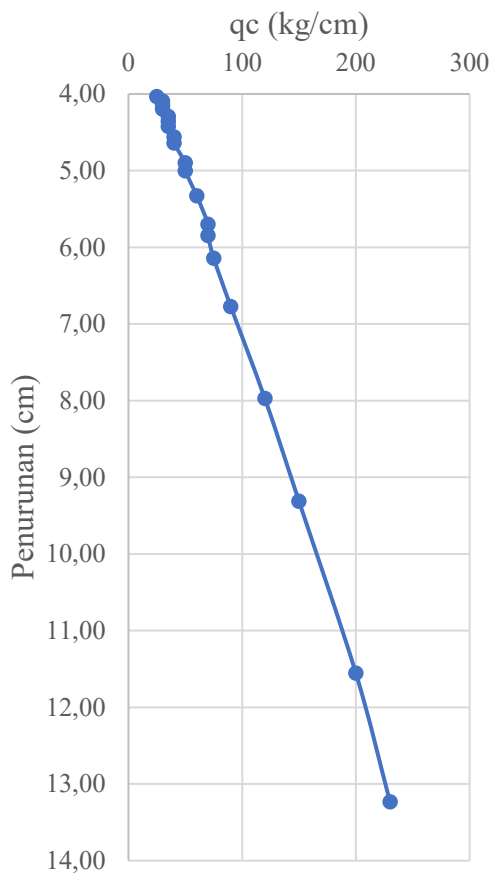
Hubungan nilai tahanan konus (q_c) terhadap penurunan fondasi

Berdasarkan rekapitulasi Tabel 3, peningkatan kedalaman fondasi diikuti oleh kenaikan nilai tahanan konus (q_c), daya dukung izin (Q_{all}) dan nilai penurunan fondasi. Meskipun nilai penurunan meningkat seiring bertambahnya kedalaman, seluruh nilai penurunan masih berada di bawah batas penurunan yang diizinkan menurut SNI 8460:2017 ($13,23 \leq 25$ mm). Hubungan antara nilai tahanan konus (q_c) dan penurunan fondasi divisualisasikan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan nilai tahanan konus (q_c) diikuti oleh bertambahnya nilai penurunan fondasi pada

kedalaman yang dianalisis. Kondisi tersebut terjadi karena semakin besar nilai q_c , semakin dalam lapisan tanah yang dijadikan dasar perencanaan fondasi, sehingga panjang efektif tiang juga meningkat. Berdasarkan metode Vesic (1970), pertambahan panjang tiang dan parameter fondasi turut memengaruhi besarnya nilai penurunan yang dihitung. Meskipun demikian, nilai penurunan maksimum sebesar 13,23 mm masih berada di bawah batas penurunan izin sebesar 25 mm sesuai SNI 8460:2017. Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas daya dukung fondasi masih diikuti oleh nilai penurunan yang berada dalam batas yang diizinkan pada kondisi penelitian ini.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Daya Dukung dan Penurunan

Depth (m)	Q_p (ton)	Q_s (ton)	q_c (ton/m ²)	Q_u (ton)	Q_{all} (ton)	Q (kN/m ²)	S (mm)
1,6	31,42	6,24	250	31,65	7,62	606,49	4,03
1,8	37,70	7,48	300	38,40	9,30	740,06	4,09
2	37,70	7,48	300	38,77	9,39	747,56	4,14
2,2	37,70	7,48	300	39,15	9,49	755,06	4,20
2,4	43,98	8,73	350	46,12	11,23	893,62	4,29
2,6	43,98	8,73	350	46,56	11,34	902,37	4,36
2,8	43,98	8,73	350	47,00	11,45	911,12	4,42
3	50,27	9,98	400	54,21	13,25	1054,68	4,56
3,2	50,27	9,98	400	54,71	13,38	1064,68	4,64
3,4	62,83	12,47	500	69,02	16,96	1349,31	4,90
3,6	62,83	12,47	500	69,65	17,11	1361,81	5,00
3,8	75,40	14,97	600	84,33	20,78	1653,93	5,33
4	87,96	17,46	700	99,27	24,52	1951,06	5,70
4,2	87,96	17,46	700	100,15	24,74	1968,56	5,85
4,4	94,25	18,71	750	108,24	26,76	2129,62	6,14
4,6	113,10	22,45	900	131,02	32,46	2582,81	6,77
4,8	150,80	29,93	1200	176,21	43,75	3481,68	7,97
5	188,50	37,42	1500	222,14	55,24	4395,56	9,31
5,2	251,33	49,89	2000	298,70	74,38	5918,68	11,56
5,4	289,03	57,37	2300	346,40	86,30	6867,56	13,23



Gambar 3. Grafik Hubungan Tahanan Konus (q_c) dan Penurunan Fondasi

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis daya dukung dan penurunan fondasi *bored pile* menggunakan interpretasi data *Cone Penetration Test* (CPT), diperoleh nilai daya dukung izin (Q_{all}) sebesar 86,30 ton pada kedalaman fondasi rencana 5,4 m menggunakan metode Meyerhof (1976). Analisis penurunan dengan metode Vesic (1970) menghasilkan nilai penurunan sebesar 13,23 mm. Nilai tersebut masih berada di bawah batas penurunan izin sebesar 25 mm sesuai SNI 8460:2017.

Daftar Pustaka

- Anwar, S., Irwanto, T. J., Suryani, N. L., Ramdha, B. V, Rahman, A., Anshori, M., & Ihsan, N. (2023). Metode pelaksanaan pekerjaan fondasi bore pile pada proyek gedung baru instalasi pelayanan utama Rumah Sakit Dr. Saiful Anwar Malang. *Jurnal Pengabdian Teknik Dan Sains*, 3(1), 1–10.
- Arsyad, N., Yanti, R. N., & Akbar, H. (2021). Analisis daya dukung fondasi bored pile pada gedung kantor Satpol PP Kota Bukittinggi. *Jurnal Rivet (Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 1(02), 73–79.
- Aziz, R. K., & Jati, T. T. P. (2025). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor studi kasus proyek pembangunan rusun dosen Politeknik PU Semarang. *Jurnal Teknik SILITEK*, 5(1), 538–545.
- Darwis, F., Mulya, E. R., & Djafar, S. (2022). Analisis kapasitas dukung dan penurunan fondasi berdasarkan hasil uji CPT (Studi kasus kawasan pesisir pantai Pulau Zumzum). *Jurnal Serambi Engineering*, 7(3), 1378–1390.
- Eka Bogi, A. (2023). *Analisa klasifikasi masa batuan pada terowongan pengelak Bendungan Jragung dengan metode RMR dan RMQ-system*. Universitas Semarang.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian I*.
- Hidayat, T., Firmansyah, R., & Sari, D. (2023). Pengaruh pemilihan material terhadap kualitas hasil konstruksi. *Jurnal Infrastruktur Dan Lingkungan*, 12(3), 101–110.
- Hutapea, D. S., & Iskandar, R. (2021). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor dengan Plaxis 3D terhadap hasil loading test. *Jurnal Syntax Admiration*, 2(6), 1007–1026.
- Jamil, N. A., & Siregar, C. A. (2023). Analisis daya dukung fondasi tiang bor (bored pile) berdasarkan data penetrasi standar (SPT) dan data sondir (CPT). *Sistem Infrastruktur Teknik Sipil (SIMTEKS)*, 3(2), 233–248.
- Journal, S. (2024). Implementation of lean construction to reduce waste with improved casting operations. *SABR Journal*.
- Juci, U. (2015). Analisa kuat dukung pondasi bored pile berdasarkan data pengujian lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test). *Jurnal Teknik Sipil Siklus*, 1(2), 52–60.
- Karya, J., & Sipil, T. (2017). Analisis penurunan bangunan pondasi tiang pancang dan rakit pada proyek pembangunan apartemen Surabaya Central Business District. *Jurnal Karya Teknik*

- Sipil*, 6(2), 159–169.
- Kasmana, B. R., Artiani, G. P., & Darmiyanti, L. (2024a). Analisis daya dukung pondasi borepile pada proyek pembangunan fasilitas perkeretaapian Manggarai - Jatinegara. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(8), 117–124.
- Kasmana, B. R., Artiani, G. P., & Darmiyanti, L. (2024b). *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu Analisis Daya Dukung Pondasi Borepile Pada Proyek Pembangunan Fasilitas Perkeretaapian Manggarai - Jatinegara*. 2, 117–124.
- Krisnanto, S., Kabila, M. P., Amiruddin, M. D., Wijayadi, S., Adryan, F., & Ikrimah, I. (2024). Analysis of the variability of axial bearing capacity piles in cohesionless soil in the development of Meyerhof formula. *Jurnal Teknik Sipil*, 31(1), 77–84.
- Kustanrika, I. W. (2024). Analysis of productivity and annual cost of casting plates and beams using concrete pump and columns with concrete bucket. *Motivection Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 6(3), 249–260.
- Mandasari, F., & Fauziyah, A. (2019). Analisis fondasi bored pile pada gedung 23 lantai di tanah lempung daerah Cibubur. *Jurnal Ilmiah Desain & Konstruksi*, 18(2), 219–227.
- MuatMuat. (2023). *Kenali berbagai jenis truk, volume dan kapasitas muatan*. <https://www.muatmuat.com>
- Napitupulu, K., & Sari, K. I. (2023a). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi bored pile berdasarkan data pengujian CPT dengan software PLAXIS pada pembangunan Pasar Baru Panyabungan Kabupaten Mandailing Natal. *Jurnal Teknik Sipil (JTSIP)*, 2(2), 155–162.
- Napitupulu, K., & Sari, K. I. (2023b). *ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI BORED PILE BERDASARKAN DATA PENGUJIAN CPTDENGAN SOFTWARE KABUPATEN MANDAILING NATAL*. 2(2).
- Nugraha, D., & Setiawan, A. (2022). Studi karakteristik material bangunan pada konstruksi gedung. *Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur*, 10(1), 45–53.
- Paradiba, H. (2025). The impact of overtime duration variations on labor productivity in construction projects. *Calamity Journal of Infrastructure Studies*.
- Prasetyo, H., Ramadhan, M., & Putra, F. (2024). Evaluasi kualitas material beton pada proyek konstruksi bangunan gedung. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(1), 21–30.
- Pratama, R. R., Respati, R., & Saputra, N. A. (2020). Analisis daya dukung tanah pondasi dalam berdasarkan data lapangan di Desa Baringin Kota Palangka Raya. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 9(1), 70–77.
- Priyono, B. (2020). *Perencanaan fondasi pada bangunan bertingkat di daerah seismik*. Pustaka Teknik.
- Ridhayani, I., Wahyudi, A., & Pratama, A. (2022). *Analisis Daya Dukung Pondasi Proyek Pendidikan SMK 1 Rangas*.
- Romadhoni, A. (2022). *Analisis daya dukung pondasi bore pile pada proyek pembangunan Pasar Baru Mandailing Natal*. Universitas Medan Area.
- Sakinah, I. (2023). *Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Borepile Gedung Fakultas A UNJA*.
- Saputra, Y., & Kurniawan, E. (2025). Kajian penggunaan material konstruksi pada proyek pembangunan gedung. *Jurnal Teknik Dan Manajemen Konstruksi*, 7(1), 55–63.
- Tampubolon, G., Roesyanto, & Hasibuan, G. C. R. (2024). Analisis daya dukung & penurunan bored pile 80cm di proyek kompleks kantor-apartemen dengan metode analitis & elemen hingga. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(4), 1250–1266.
- Waresix. (2023). *Jenis truk dan kapasitasnya: Dari pick up sampai tronton*. <https://waresix.com/jenis-truk-dan-kapasitasnya>
- Wibowo, A., Santoso, B., & Pratama, R. (2023). Analisis penggunaan material konstruksi pada proyek pembangunan gedung bertingkat. *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 85–94.
- Widiyantoro, S., Gunawan, E., & Nugraha, A. D. (2018). *Seismotektonik Indonesia dan implikasinya terhadap perencanaan infrastruktur*. ITB Press.
- Wora, M. (2021). Studi evaluasi daya dukung pondasi

tiang pancang beton pada proyek pembangunan gedung Rumah Sakit Internasional Surabaya. *TEKNOSIAR*, 7(2), 42–51.

Wulandari, P., Arya, I. W., & Putra, I. G. P. A. S. A. (2025). *Review desain pondasi bored pile berdasarkan data CPT studi kasus proyek pembangunan Matahati Resort*. Politeknik Negeri Bali.

Yudhanto, A., & Sari, M. (2019). Dampak likuifaksi terhadap stabilitas fondasi bangunan di wilayah seismik. *Jurnal Geoteknik*, 10(1), 45–60.

Zain, M., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2021). *Perencanaan Struktur Bawah Gedung Bertingkat*.

Zhou, J. J., Yu, J. L., Gong, X. N., & Yan, T. L. (2020). Field tests on behavior of pre-bored grouted planted pile and bored pile embedded in deep soft clay. *Soils and Foundations*, 60(2), 551–561.