E-ISSN: 3031-8629
P-ISSN: 3032-3258
Halaman 7338-7350
Volume 3 Nomor 4 Tahun 2026

Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* pada Proyek Maxone Rota Jakarta

Lydia Darmiyanti[1], Achmad Pahrul Rodji[2], Maulana Rizky Fauzi[3]

[1,2,3]Universitas Krisnadwipayana

Email author: maulanarfauzi63@gmail.com

Abstrak

Pondasi dalam sangat penting karena membantu mencegah keruntuhan bangunan yang disebabkan oleh pergerakan tanah atau gempa bumi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung (*bored pile*) dan besar penurunan (*bored pile*) pada pembangunan Hotel Maxone Rota Jakarta. Metode untuk menghitung daya dukung pondasi menggunakan Metode Reese & Wright (1977) dan program Plaxis 2D, untuk penurunan pondasi menggunakan Metode Vesic dan Plaxis 2D berdasarkan data SPT. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung *bored pile* dengan Metode Reese & Wright (1977) didapat sebesar (Qu) = 2077,6 kN, dan daya dukung dengan program Plaxis 2D sebesar (Qu) = 2147 kN. Berdasarkan hasil penurunan tiang kelompok perhitungan manual didapat sebesar (Sg) = 8,37 cm, dan program Plaxis 2D didapat sebesar (Sg) = 6,33 cm, sedangkan untuk penurunan konsolidasi tanah dengan data laboratorium didapat sebesar (Sc) = 8,15 cm. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung *bored pile* jika dibandingkan Metode Reese & Wright (1977) memberikan hasil yang paling ekonomis dibandingkan dengan perhitungan program Plaxis 2D. Dari hasil analisa perhitungan tersebut sesuai dengan SNI 8460 Tahun 2017.

Kata kunci: *Bored pile*; Daya Dukung; Penurunan.

Abstract

Deep foundations are very important because they help prevent building collapse caused by soil movement or earthquakes. The objective of this study is to determine the bearing capacity of bored piles and the amount of settlement in the construction of Maxone Rota Hotel in Jakarta. The method used to calculate the foundation's bearing capacity includes the Reese & Wright (1977) method and the Plaxis 2D software, while settlement is analyzed using the Vesic method and Plaxis 2D based on SPT data. Based on calculations, the bearing capacity of bored piles using the Reese & Wright (1977) method is (Qu) = 2077.6 kN, and the bearing capacity using Plaxis 2D is (Qu) = 2147 kN. The calculated group pile settlement using manual methods is (Sg) = 8.37 cm,

while the consolidation settlement from laboratory data is (Sc) = 8.15 cm. Based on the bearing capacity calculations of bored piles, the Reese & Wright (1977) method provides the most economical result compared to the Plaxis 2D software. The analysis results are in accordance with SNI 8460 of 2017.

Keywords: *Bored Pile, Bearing capacity of foundation, Settlement.*

PENDAHULUAN

Pondasi dalam sangat penting karena membantu mencegah keruntuhan bangunan yang disebabkan oleh pergerakan tanah atau gempa bumi (Hardiyatmo, 2001). Pada proyek pembangunan gedung Maxone Rota Hotel Jakarta telah dilakukan penyelidikan tanah. Jenis tanah yang didapat dari penyelidikan tanah pada lokasi tersebut adalah tanah lunak sesuai data *Standard Penetration Test* (SPT). Penyelidikan tanah dilakukan pada 3 titik lokasi pengeboran, di mana 2 lokasi dilakukan pada kedalaman 40 m dan 1 lokasi pada kedalaman 60 m. Oleh karena itu kondisi tanah dasar sangat mempengaruhi kestabilan dan keamanan dalam perencanaan konstruksi bangunan di atasnya (Jali & Wibowo, 2023).

Salah satu aspek terpenting dari perencanaan gedung adalah perencanaan pondasi. Pondasi inilah yang akan membantu dan mendukung pekerjaan yang sedang dilakukan. Sebuah pondasi perencanaan dianggap kuat jika beban yang diterapkan pada pondasi tidak mempengaruhi kekuatan tanah yang bersangkutan. Penurunan berlebihan dan keruntuhan dari tanah akan terjadi jika kekuatan tanah ini diamati (Hardiyatmo, 2008). Kedua faktor ini akan mengakibatkan penundaan dalam konstruksi pondasi yang disebutkan di atas.

Pondasi termasuk ke dalam struktur bawah yang mana secara umum terdiri atas 2 tipe pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam (Ngurah & Dharmayasa, 2014). Setiap pondasi bangunan perlu direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan dan daya dukung tanah tempat berdirinya. Bagi tanah yang stabil dan memiliki daya dukung baik, maka pondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya berlapis dan memiliki daya dukung buruk, maka pondasinya juga harus lebih kompleks (Mina dkk., 2014).

METODE

Metode penelitian adalah cara terstruktur yang digunakan oleh peneliti untuk merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi penelitian, yang mendukung peneliti dalam merumuskan pertanyaan penelitian, menyusun rencana kerja, mengumpulkan informasi, menganalisis informasi, dan mencapai sasaran penelitian yang telah ditentukan (Asmuruf, 2016). Proyek Hotel Maxone Rota Jakarta ini berlokasi di Jl. Kh. Wahid Hasyim No.63 RT 01 / RW 04, Kelurahan Gondangdia, Kecamatan Menteng, Kota Jakarta Pusat. Metode pengumpulan data merupakan salah satu faktor penting yang menunjang keberhasilan dari sebuah penelitian, yang meliputi studi literatur dan observasi langsung (Lubis, 2023). Data yang dipakai dalam penelitian adalah data sekunder yang didapatkan dari PT. Rekajasa Cipta Mahakarya yang meliputi: lokasi penelitian, data teknis *bored pile*, denah *pile cap* dan *shopdrawing*, data hasil pengujian di lapangan *Standard Penetration Test* (SPT), dan data tanah. Rencana analisis yang akan digunakan peneliti dalam penelitian ini adalah membuat perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan hasil SPT dengan Metode Reese & Wright dan data tanah menghitung kapasitas dukung ujung tiang, kapasitas dukung gesek/selimut tiang, kapasitas dukung ikat tiang, dan menggunakan Plaxis 2D yang ditunjang dengan literatur yang diperoleh (Ardiansyah dkk., 2017).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Daya Dukung dan Penurunan Tiang Bor

Analisa daya dukung dan penurunan tiang *bored pile* berdasarkan data *standard penetration test* (SPT) dapat dihitung menggunakan Metode Reese & Wright (1977), dan menggunakan *software* Plaxis 2D pada proyek pembangunan Maxone Rota Hotel, Jakarta. Perhitungan analisis daya dukung dan penurunan tiang bor dapat dihitung dengan data N-SPT yang tertera.

Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Tunggal

Daya Dukung Ujung Tiang (QP)

Luas penampang tiang (Ap):

$$Ap = (1/4) \times \pi \times d^2$$

$Ap = (1/4) \times 3{,}14 \times (0{,}8)^2$

$Ap = 0{,}50\ m^2$

N-SPT diambil dari N60 dari rata-rata antara ujung tiang bor sampai 2d di bawahnya. Nilai N pada kedalaman 24 m = 18. 2d = 2 × 0,8 = 1,6 m, sehingga 2d di bawahnya berada pada kedalaman 25,6 m.

$N_{rata\text{-}rata} = (N_{ujung\ tiang} + N_{2d\ di\ bawahnya}) / 2$

$N_{rata\text{-}rata} = (18 + 50) / 2$

$N_{rata\text{-}rata} = 34$

$N60 = (1 / 0{,}6) \times Ef \times Cb \times Cs \times Ct \times N_{rata\text{-}rata}$

$N60 = (1 / 0{,}6) \times 0{,}6 \times 1 \times 1 \times 0{,}85 \times 34$

$N60 = 42{,}5$

$Cu = (2 \times N60 \times 10) / 3$

$Cu = (2 \times 42{,}5 \times 10) / 3$

$Cu = 283{,}33\ kN/m^2$

Kontrol tahanan ujung satuan maksimum ($Fb \leq 10700\ kN/m^2$):

$qp = 9 \times Cu$

$qp = 9 \times 283{,}33$

$qp = 2549{,}97\ kN/m^2 \leq 10700\ kN/m^2$

$Qp = qp \times Ap$

$Qp = 2549{,}97 \times 0{,}50$

$Qp = 1274{,}98\ kN/m^2$

Daya Dukung Gesek/Selimut Tiang (Qs)

a. Lapisan tanah pada kedalaman (3 – 11,5) m

$As = \pi \times d \times t$

$As = 3{,}14 \times 0{,}8 \times 8{,}5$

$As = 21{,}35\ m^2$

$N_{rata\text{-}rata} = (0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 1) / 6$

$N_{rata\text{-}rata} = 0{,}16$

$N60 = (1 / 0{,}6) \times 0{,}6 \times 1 \times 1 \times 0{,}85 \times 0{,}16$

N60 = 0,136

Cu = (2 × 0,136 × 10) / 3

Cu = 0,91 kN/m²

α = 0,55 (karena Cu/Pr = 0,91/100 < 1,5)

Kontrol tahanan gesek satuan maksimum (Fs ≤ 107 kN/m²):

Fs = α × Cu

Fs = 0,55 × 0,91

Fs = 0,50 kN/m² ≤ 107 kN/m²

Qs_1 = As × Fs

Qs_1 = 21,35 × 0,50

Qs_1 = 10,67 kN

b. Lapisan tanah kedalaman (11,5 – 17,5) m

As = π × d × t

As = 3,14 × 0,8 × 6

As = 15,07 m²

$N_{rata\text{-}rata}$ = (3 + 2 + 3 + 2) / 4

$N_{rata\text{-}rata}$ = 2,5

N60 = (1 / 0,6) × 0,6 × 1 × 1 × 0,85 × 2,5

N60 = 2,125

Cu = (2 × 2,125 × 10) / 3

Cu = 14,16 kN/m²

α = 0,55 (karena Cu/Pr = 14,16/100 < 1,5)

Kontrol tahanan gesek satuan maksimum (Fs ≤ 107 kN/m²):

Fs = α × Cu

Fs = 0,55 × 14,16

Fs = 7,78 kN/m² ≤ 107 kN/m²

Qs_2 = As × Fs

Qs_2 = 15,07 × 7,78

Qs_2 = 117,244 kN

c. Lapisan tanah kedalaman (17,5 – 21) m

$As = \pi \times d \times t$

$As = 3,14 \times 0,8 \times 3,5$

$As = 8,79\ m^2$

d. Lapisan tanah kedalaman (21 – 24) m

$As = \pi \times d \times t$

$As = 3,14 \times 0,8 \times 3$

$As = 7,53\ m^2$

$N_{rata\text{-}rata} = (33 + 50) / 2$

$N_{rata\text{-}rata} = 41,5$

$N60 = (1 / 0,6) \times 0,6 \times 1 \times 1 \times 0,85 \times 41,5$

$N60 = 35,27$

$Cu = (2 \times 35,27 \times 10) / 3$

$Cu = 235,133\ kN/m^2$

$\alpha = 0,55 – 0,1$ (karena $Cu/Pr = 235,133/100 > 1,5$)

Kontrol tahanan gesek satuan maksimum ($Fs \leq 107\ kN/m^2$):

$Fs = (0,55 – 0,1) \times 235,133$

$Fs = 105,8\ kN/m^2 \leq 107\ kN/m^2$

$Qs_4 = As \times Fs$

$Qs_4 = 7,53 \times 105,8$

$Qs_4 = 796,674\ kN$

$Total\ Qs = Qs_1 + Qs_2 + Qs_3 + Qs_4$

$Total\ Qs = 0,175 + 117,244 + 177,90 + 796,674$

$Total\ Qs = 1092\ kN$

Daya Dukung Ultimit Netto (Qu)

$Wp = (1/4) \times \pi \times d^2 \times L \times \gamma_{beton}$

$Wp = (1/4) \times 3,14 \times (0,8)^2 \times 24$

$Wp = 289,382\ kN$

$Qu = Qp + Qs – Wp$

Qu = 1274,98 + 1092 – 289,382

Qu = 2077,6 kN

Daya Dukung Ijin Tiang (Qall)

Qall = Qu / SF

Qall = 2077,6 / 2

Qall = 1038,8 kN

Perhitungan Efisiensi Tiang Bor

Dimana: m = 2, n = 4, S tiang = 2d = 2 × 0,8 = 1,6 m.

θ = arc tg (d/s)

θ = arc tg (0,8/1,6)

θ = 26,565°

Eg = 1 – [θ × ((n-1)m + (m-1)n)] / (90 × m × n)

Eg = 1 – [26,565 × ((4-1)2 + (2-1)4)] / (90 × 2 × 4)

Eg = 0,63

Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

Dimana: Eg = 0,63, n = 8, Qu = 2077,6 kN.

Qg = Eg × n × Qu

Qg = 0,63 × 8 × 2077,6

Qg = 10471,104 kN

Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal

Penurunan Akibat Deformasi Aksial Tiang

Dimana: Qp = 1274,98 kN, Qs = 1092 kN, α = 0,5, L = 24 m, Ap = 0,50 m^2.

Ep = 4700 × $\sqrt{}$f'c

Ep = 4700 × $\sqrt{}$30

Ep = 25743 MPa = 25743000 kN/m^2

Ss = ((Qp + α × Qs) × L) / (Ap × Ep)

Ss = ((1274,98 + 0,5 × 1092) × 24) / (0,50 × 25743000)

Ss = 0,0033 m = 0,33 cm

Penurunan Dari Ujung Tiang

Dimana: Cp = 0,5, Qp = 1274,98 kN, d = 0,8 m, Fb = 2549,97 kN/m^2.

Sp = (Cp × Qp) / (d × Fb)

Sp = (0,5 × 1274,98) / (0,8 × 2549,97)

Sp = 3,125 cm

Penurunan Akibat Pengalihan Beban Disepanjang Tiang

Dimana: Qp = 1274,98 kN, P = π × d = 3,14 × 0,8 = 2,512 m, L = 24 m, Es = 20000 kN/m^2, μs = 0,35.

Lws = 2 + 0,35 × $\sqrt{}$(L/d)

Lws = 2 + 0,35 × $\sqrt{}$(24/0,8)

Lws = 3,917

Sps = (Qp / (P × L)) × ((d × (1 – μs^2) × Lws) / Es)

Sps = (1274,98 / (2,512 × 24)) × ((0,8 × (1 – (0,35)^2) × 3,917) / 20000)

Sps = 0,00290 m = 0,290 cm

Penurunan Total

S = Ss + Sp + Sps

S = 0,33 + 3,125 + 0,290

S = 3,745 cm

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Yang Diizinkan

Stotal ≤ Sijin ≤ 10% × 80

3,745 ≤ 8 cm (Memenuhi/OK)

Perhitungan Penurunan Tiang Kelompok

Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

Dimana: S = 3,745 cm, Bg = 400 cm, d = 80 cm.

Sg = S × $\sqrt{}$(Bg/d)

Sg = 3,745 × $\sqrt{}$(400/80)

Sg = 8,37 cm

Penurunan Konsolidasi

Tabel 1. Parameter Tanah Penurunan Konsolidasi

Kedalaman (m)	Void Ratio, eo	Indeks Kompresibilitas, Cc	Tegangan Efektif Tanah, Po
16.00 – 16.50	2,035	0,55	39,23
25.00 – 25.50	1,209	0,45	441,30
49.00 – 49.50	1,050	0,40	539,40

(Sumber: Data Proyek)

Beban mulai disebarkan pada kedalaman 2L/3, yaitu pada kedalaman 16 m. B = 4 m, L = 8,8 m, Z = (16,5 – 16)/2 = 0,25.

Qg = 10471,104 kN, Cc = 0,55, eo = 2,035, Po = 39,23.

$\Delta P = Qg / ((B+Z)(L+Z))$

$\Delta P = 10471,104 / ((4+0,25)(8,8+0,25))$

$\Delta P = 272,241$

$Sc = (Cc \times H) / (1 + eo) \times Log ((Po + \Delta P) / Po)$

$Sc = (0,55 \times 0,5) / (1 + 2,035) \times Log ((39,23 + 272,241) / 39,23)$

Sc = 0,0815 m = 8,15 cm

Analisa Perhitungan Program Plaxis 2D

Pemodelan pada program Plaxis 2D akan dihitung daya dukung ujung tiang, daya dukung gesek/selimut tiang, penurunan tiang tunggal, dan penurunan tiang kelompok *bored pile* menggunakan data laboratorium tanah BH-02 dengan parameter tanah dan data teknik pondasi sebagai berikut: Panjang tiang = 24 m, Diameter tiang = 0,8 m, Jumlah tiang = 8, Panjang *pile cap* = 8,8 m, Lebar *pile cap* = 4 m, Jarak tiang arah x = 2,4 m, Jarak tiang arah y = 2,4 m.

Pemodelan tanah pada program Plaxis 2D menggunakan pemodelan Mohr-Coulomb. Pemodelan tanah tersebut diambil pada data *boring log* yang diambil sesuai lapisan tanah.

Tabel 2. Parameter Tanah BH02

Lapisan Tanah	γ_{unsat} (kN/m²)	γ_{sat} (kN/m²)	E_s (kN/m²)	μ	Ø	c (kN/m²)
1	8,3	14,45	20000	0,35	1	20
2	14,45	15,44	20000	0,35	1	20
3	11,66	16,64	20000	0,35	18	40
4	12,75	17,57	20000	0,35	4	1450
5	11,66	16,64	20000	0,35	15	70

(Sumber: Data Proyek)

Setelah proses pemodelan tanah, pondasi rakit, dan pondasi tiang bor selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan proses *mesh*. Proses ini bertujuan untuk membagi geometri dari elemen-elemen pemodelan menjadi bentuk jaring-jaring. Perhitungan pada pemodelan pondasi tiang bor dan pondasi rakit dilakukan secara bertahap melalui menu "*Stage Construction*", yang terdiri atas beberapa tahap, yaitu: Tahap *Initial Condition*, Tahap Perhitungan Struktur, dan Tahap Perhitungan Pembebanan.

Hasil Perhitungan Plaxis 2D

Setelah semua perhitungan selesai maka akan didapat hasil perhitungan gaya dukung gesek/selimut tiang, daya dukung ujung tiang, perhitungan penurunan tiang tunggal dan perhitungan penurunan tiang kelompok *bored pile* pada titik BH-02. Berikut ini adalah hasil analisis menggunakan program Plaxis 2D:

Hasil Daya Dukung Ujung Tiang: 1236 kN/m²

Hasil Daya Dukung Gesek/Selimut Tiang: 1092 kN/m

Hasil Daya Dukung Ultimit Tiang: 2147 kN

Hasil Penurunan Tiang Kelompok: 6,33 cm

Pembahasan

Pada analisa daya dukung tiang bor diperhitungkan dengan dua metode yaitu metode manual dan program Plaxis 2D. Metode manual yang digunakan adalah Metode

Reese & Wright (1977).

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Analisa

Metode	Daya Dukung Ujung Tiang (Qp) (kN/m^2)	Daya Dukung Gesek/Selimut Tiang (Qs) (kN/m)	Daya Dukung Ultimit Tiang (Qu) (kN)	Penurunan Tiang Kelompok (Sg) (cm)
Manual	1274,98	1091,9	2077,6	8,37
Plaxis 2D	1236	1092	2147	6,33

(Sumber: Data Penulis)

Berdasarkan Tabel 3 di atas, menunjukkan bahwa daya dukung ujung tiang pada perhitungan manual menggunakan Metode Reese & Wright (1977) lebih besar daripada perhitungan di program Plaxis 2D, untuk perhitungan daya dukung gesek/selimut tiang pada program Plaxis 2D lebih besar daripada perhitungan manual menggunakan Metode Reese & Wright (1977), dan untuk perhitungan daya dukung ultimit tiang pada program Plaxis 2D lebih besar daripada perhitungan dengan Metode Reese & Wright (1977). Untuk perhitungan penurunan tiang kelompok yang didapat dari perhitungan program Plaxis 2D lebih kecil dari perhitungan manual.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan daya dukung dan penurunan tiang bor yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perhitungan daya dukung tiang bor dihitung menggunakan Metode Reese & Wright (1977). Pada titik BH-02 daya dukung ujung tiang (QP) didapat sebesar 1274,98 kN/m^2, daya dukung gesek/selimut tiang (QS) didapat sebesar 1091,9 kN/m^2, daya dukung ultimit netto (Qu) sebesar 2077,6 kN, daya dukung ijin tiang (Qall) sebesar 1038,8 kN. Untuk perhitungan dengan menggunakan program Plaxis 2D didapat hasil daya dukung ujung tiang (Qp) sebesar 1236 kN/m^2, untuk daya dukung gesek/selimut tiang (Qs) sebesar 1092 kN/m, dan untuk daya dukung ultimit tiang (Qu) sebesar 2147 kN.
2. Untuk penurunan tiang kelompok perhitungan manual (Sg) didapatkan

sebesar 8,37 cm, dan penurunan konsolidasi tanah (Sc) sebesar 8,15 cm. Sementara untuk perhitungan penurunan tiang kelompok pada program Plaxis 2D didapatkan sebesar 6,33 cm. Hasil analisa perhitungan tersebut sesuai dengan SNI 8460 Tahun 2017.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, R., Okvian, H., & Wijaya, C. (2023). Analisis Daya Dukung Fondasi Dalam Gedung Showroom Wisma Sehati Semarang. *Jurnal Teknik Sipil*.

Amalia, R., Cahyani, T., Sipil, J. T., Teknik, F., Malang, U. B., Strauss, P. T., ... & Universitas, B. (n.d.). Universitas Brawijaya. 1–14.

Ardiansyah, R. R., Satibi, S., & Nugroho, S. A. (2017). Analisis Sistem Penurunan Konsolidasi Multi-Layer. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Dan Sains*, 1–7.

Asmuruf, R. Y. (2016). Tinjauan Perhitungan Dan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Pada Proyek Pembangunan Klenteng Ho Tek Cheng Sin Di Paal 4 Manado, 1–25.

Hardiyatmo, H. C. (2001). *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua*. Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo, H. C. (2008). Tekfon1. *HARDIYATMO 2008*, 5(3), 248–253.

Jali, A., & Wibowo, P. H. (2023). Analisis Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Apartemen Monde City. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 20(1), 10–18. https://doi.org/10.30630/jirs.v20i1.1006

Lubis, Y. (2023). Analisa Konstruksi Pondasi Borepile Pada Proyek Pekerjaan Transmisi 150 Kv Pasir Putih-Pangkalan Kerinci Sec. 2. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1), 23. https://doi.org/10.46930/tekniksipil.v12i1.2245

Mina, E., Indera Kusuma, R., & Fadhil Choliq, M. (2014). Perencanaan Pondasi Bored Pile Pada Proyek Pembangunan Central Natural Gas (Studi Kasus Stasiun Gas Induk Pertamina Bitung-Tangerang). *Jurnal Fondasi*, 3(1).

Ngurah, G., & Dharmayasa, P. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lunak Di Daerah Dengan Muka Air Tanah Dangkal (Studi Kasus Pada Daerah Suwung Kauh). *Paduraksa*, 3(2), 22–44.

Ramadani, A., Hi, A., Muhammad, Husain, T., & Altarans, I. (2024). Analisis Perhitungan Daya Dukung Tanah Pada Lapisan Jalan. *Jurnal DINTEK*, 17, 27–33.

Sipil, J. T. (2023). 22(1), 41–51.

Standar Nasional Indonesia. (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standardisasi Nasional.

Zainuddin, H. (2019). 143-Article Text-242-1-10-20191216.pdf.