

Analisis Daya Dukung Pondasi Proyek Pendidikan SMK 1 Rangas Kabupaten Mamuju Sulawesi Barat

Irma Ridhayani¹, Dahlia Patah*¹, Amry Dasar¹, Abdi Manaf¹, Ali Fauzi Mahmuda¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Jalan Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H, Talumung, Kabupaten Majene, Sulawesi Barat

*Email: dahliapatah@unsulbar.ac.id

DOI: 10.25042/jpe.052022.04

Abstrak

Pondasi merupakan struktur bawah dari suatu bangunan yang berfungsi menopang struktur atasnya. Pondasi berfungsi menahan beban-beban dari atas, sehingga pondasi didisain dapat bertahan jika terjadi gempa ataupun kelebihan beban dan tidak boleh gagal terlebih dahulu. Beban dari struktur atas didistribusikan melalui kolom dengan nilai tegangan yang diijinkan sesuai dengan nilai daya dukung tanah. Ada dua jenis pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dalam merupakan salah satu jenis pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah keras yang memiliki kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah. Studi analisa daya dukung tanah pondasi dalam yang menggunakan mini pile berukuran 25 x 25 cm dilaksanakan pada proyek pembangunan gedung sekolah SMK 1 Rangas Kabupaten Mamuju dengan menggunakan data sondir (CPT) sebanyak 2 titik dengan masing-masing kedalaman 15,8 m dan 5,0 m. Kedalaman perencanaan pondasi terlebih dahulu harus dihitung dan ditentukan kapasitas daya dukung rencana. Tujuan dari studi ini yaitu menghitung dan mengetahui nilai daya dukung ultimit aksial tiang pancang tunggal dalam kelompok tiang dengan metode analitis dan mengetahui besarnya daya dukung kelompok tiang. Desain pondasi meliputi kekuatan satu tiang pondasi, efisiensi kelompok tiang dan perhitungan distribusi beban pada tiang. Berdasarkan hasil analisis didapat pondasi mini pile mampu menahan beban yang bekerja diatasnya, sehingga pondasi dikategorikan aman. Dari hasil perhitungan diperoleh efisiensi kelompok tiang yaitu 83,08%, jumlah tiang 3 buah dengan daya dukung kelompok tiang 68,29 ton yang mampu menahan gaya aksial yaitu 59,54 ton.

Abstract

Analysis of Foundation Bearing Capacity of the SMK 1 Rangas Education Project, Mamuju Regency, West Sulawesi.

The foundation is the lower structure of a building that functions to support the upper structure. The foundation functions to withstand loads from above so that the foundation is designed to withstand an earthquake or overload and must not fail first. The load from the superstructure is distributed through the column with the allowable stress value according to the soil-bearing capacity. There are two types of foundations, namely shallow foundations and deep foundations. A deep foundation is a type of foundation that is used to transfer structural loads to hard soil layers that have a high bearing capacity and is located deep enough in the soil. The study of the bearing capacity analysis of deep foundation soils using mini piles measuring 25 x 25 cm was carried out in the construction project of the SMK 1 Rangas school building, Mamuju Regency using sondir data (CPT) of 2 points with a depth of 15.8 m and 5.0 respectively m. The depth of the foundation design must first be calculated, and the bearing capacity of the plan must be determined. The purpose of this study is to calculate and determine the value of the axial ultimate bearing capacity of a single pile in a group of piles using analytical methods and to determine the magnitude of the bearing capacity of a group of piles. The design of the foundation includes the strength of a single pile, the efficiency of a group of piles, and the calculation of the load distribution on the piles. Based on the results of the analysis, it is obtained that the mini pile foundation is able to withstand the loads acting on it, so the foundation is categorized as safe. From the calculation results, the efficiency of the pile group is 83.08%, the number of piles is 3 with the carrying capacity of the pile group is 68.29 tons which can withstand the axial force of 59.54 tons.

Kata Kunci: Mini pile, meyerhof, daya dukung, pondasi, sondir

1. Pendahuluan

Semua konstruksi yang direncanakan akan didukung oleh tanah, termasuk gedung-gedung, jembatan, urugan tanah (*earth fills*), serta bendungan tanah, tanah dan batuan, dan bendungan beton, akan terdiri dari dua bagian. Bagian-bagian ini adalah bangunan atas (*superstructure*), atau bagian atas, dan elemen bangunan bawah (*substructure*) yang

mengantarai bangunan atas dan tanah pendukung. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bangunan bawah dan tanah dan/atau batuan disekitarnya yang akan dipengaruhi oleh elemen bangunan bawah dan bebannya [1]. Pondasi adalah salah satu elemen struktur bawah bangunan yang langsung berhubungan dengan tanah yang berfungsi menyalurkan beban dari

struktur di atasnya ke lapisan tanah pendukung atau batuan yang berada di bawahnya [2].

Pondasi dikatakan bagian terendah dari bangunan oleh sebab itu beban dari bangunan di atasnya seperti beban mati, beban hidup, beban angin disalurkan melalui element struktur horizontal atau vertikal ke pondasi yang selanjutnya beban tersebut dilanjutkan ke tanah dasar. Beban dari kolom yang bekerja pada pondasi ini harus disebar ke permukaan tanah yang cukup luas sehingga tanah dapat memikul beban dengan aman. Pondasi merupakan salah satu komponen struktur yang terdapat pada suatu bangunan yang memiliki peran untuk menyalurkan beban yang berasal maupun yang diterima dari bangunan menuju ke tanah [3]. Pembuatan pondasi bangunan harus diperhitungkan dan menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain, serta tidak boleh terjadi penurunan pondasi setempat ataupun penurunan pondasi yang merata lebih dari batas tertentu.

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Pemilihan jenis dan desain bentuk fondasi tergantung pada jenis tanah lapisan tanah yang ada dibawahnya. Apabila lapisan tanah tersebut keras maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila tanah lunak diperlukan penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik [4]. Jika tegangan tekan melebihi tekanan yang diizinkan, maka dapat menggunakan bantuan pondasi tiang untuk membantu memikul tegangan tekan pada dinding, mendistribusikan beban ke tanah menjadi kecil dan kolom pada struktur bangunan. Terdapat dua klasifikasi pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dalam didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang relatif jauh dari permukaan, contohnya pondasi sumuran dan pondasi tiang. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menghitung daya dukung tanah dapat ditemukan pada referensi [4]–[12].

Objek penelitian ini adalah pekerjaan struktur pondasi proyek SMK 1 Rangas Mamuju dengan 2 lantai di Provinsi Sulawesi Barat. Hasil tes

tanah lapangan dan di laboratorium di dapat lapisan tanah keras terdapat pada kedalaman 15,8 m. Sehingga digunakan pondasi dalam dengan alternatif pondasi dalam yaitu mini pile berukuran 25 x 25 cm. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai daya dukung ultimit aksial tiang pancang tunggal dalam kelompok tiang dengan metode analitis dan mengetahui besarnya daya dukung kelompok tiang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kapasitas Daya Dukung Berdasarkan Hasil Sondir (CPT)

Daya dukung berdasarkan data uji lapangan dapat menggunakan data SPT atau CPT seperti disarankan oleh Bowles [1]. Pengujian sondir atau cone penetration test (CPT) merupakan salah satu pengujian lapangan yang bertujuan untuk mengetahui profil atau pelapisan/stratifikasi tanah dan daya dukungnya. Klasifikasi tanah dan daya dukung dapat diketahui dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung (q_c) dan gesekan selimutnya (q_s). Nilai q_c sebaiknya diambil rata-rata nilai q_c dari 8d di atas dasar tiang pancang sampai 4d di bawah dasar tiang pancang [13]. Pengujian sondir berdasarkan SNI 2827:2008 [14].

Alat sondir berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Jika dalam kapasitas dukung pondasi dangkal satuannya adalah satuan tekanan maka dalam kapasitas dukung tiang pancang satuannya adalah satuan gaya. Kapasitas ultimit tiang yang dipancang dalam tanah kohesif, adalah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Umumnya, bila tanah homogen, tahanan gesek dinding yang berupa adhesi antara sisi tiang dan tanah akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya.

Dalam Hardiyatmo [2], kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u), dihitung dengan persamaan umum yaitu:

$$Q_b = A_b \cdot f_b \quad (1)$$

$$Q_s = A_s \cdot f_s \quad (2)$$

$$Q_u = \frac{Q_b}{SF_b} + \frac{Q_s}{SF_s} - W_p \quad (3)$$

dimana:

Q_u = kapasitas dukung ultimit tiang

Q_s = tahanan ujung ultimit

Q_b = tahanan gesek ultimit

A_b = luas ujung bawah tiang

A_s = luas selimut tiang
 f_b = tahanan ujung satuan tiang
 f_s = tahanan gesek satuan tiang
 W_p = berat sendiri tiang

Besarnya angka aman SF_b dan SF_s untuk kondisi tanah pasir dan lempung dapat dilihat pada Tabel 1 [2].

Tabel 1. Angka aman SF_b dan SF_s

No.	Uraian	Angka aman	Jenis tanah
1	SF_b	3	pasir
2	SF_b	5	lempung
3	SF_s	5	pasir
4	SF_s	5	lempung

2.2. Jumlah Tiang

Penentuan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang dipakai seperti Persamaan 4.

$$n = \frac{P}{Q_a} \tag{1}$$

dimana:

n = Jumlah tiang

P = Beban total

Q_a = Kapasitas dukung ijin tiang

2.3. Efisiensi Kelompok Tiang

Pondasi dalam umumnya dipasang secara berkelompok. Berkelompok yang dimaksudkan adalah sekumpulan tiang yang dipasang secara relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu dibagian atasnya dengan menggunakan pilecap. Untuk menghitung nilai kapasitas dukung kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu, yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok, jarak tiang, susunan tiang dan efisiensi kelompok tiang. Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang Metode *Conversi-Labarre* dan Metode *Los Angeles Group* [13] dapat dilihat pada masing-masing Persamaan 5 dan 6.

$$E_g = 1 - \frac{\phi}{90} \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right] \tag{5}$$

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi.s.m.n} [(n-1)m + (m-1)n + (m-n)(n-1)\sqrt{2}] \tag{6}$$

dimana:

E_g = efisiensi kelompok tiang

m = jumlah baris tiang

n' = jumlah tiang dalam satu baris

θ = arc tg d/s, dalam derajat

s = jarak pusat tiang ke pusat tiang

d = diameter tiang

2.4. Distribusi Beban dalam Kelompok Tiang

Distribusi beban dalam kelompok tiang dapat dilihat pada Persamaan 7.

$$P = \frac{P}{n} \pm \frac{Mx.y}{\Sigma y^2} \pm \frac{My.x}{\Sigma x^2} \tag{7}$$

dimana:

n = jumlah tiang

P_x = beban yang dihitung tiang pada jarak x dari pusat pondasi

M_x = momen pada kolom

x = jarak tiang yang ditinjau dari pusat pondasi

P_{maks} = beban kolom didapat dari hasil output SAP 2000

2.5. Perencanaan Pile Cap

Pile cap harus direncanakan agar tahan terhadap gaya geser akibat kolom maupun akibat tiang dan juga dapat menahan momen lentur pada penampang kritis.

Kontrol Geser Ponds yaitu:

1) Geser satu arah

$$V_c = 0.75 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d' \tag{8}$$

$$V_{up} = P_{imax} - W_f c \tag{9}$$

dimana:

V_c = gaya geser

b = panjang menampang keliling kritis geser satu arah

d = tebal efektif pile cap

2) Geser dua arah

Berdasarkan SNI 03-2847-2019 [15], V_c diambil nilai terkecil dari persamaan berikut ini :

$$V_{c1} = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\rho_c} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot U \cdot d' \tag{10}$$

$$V_{c2} = 0.083 \left(2 + \frac{a.s.d}{U} \right) \lambda \sqrt{f_c'} \cdot U \cdot d' \tag{11}$$

$$V_{c3} = 0.33 \lambda \sqrt{f_c'} \cdot U \cdot d' \tag{12}$$

3) Geser akibat tiang

$$\tau_u = \frac{P_u \text{ tiang}}{U \cdot d} \tag{13}$$

$$\tau_c = 0.33 \lambda \sqrt{f_c'} \tag{14}$$

3. Metoda Penelitian

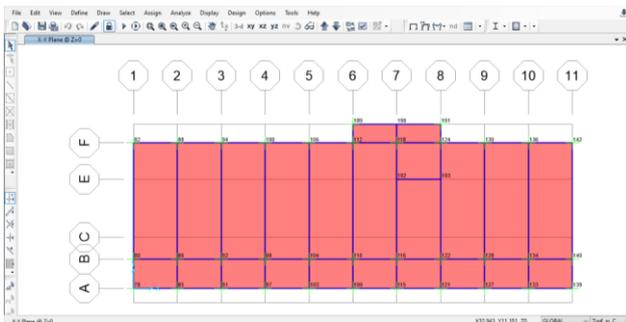
Tahapan perencanaan pondasi mini pile merupakan tahap perhitungan secara manual dan bantuan *software* SAP2000 versi trial untuk menganalisa struktur dengan menggunakan beberapa metode sesuai dengan peraturan-peraturan yang telah ditetapkan.

Tahapan perhitungan dimulai dengan informasi perencanaan struktur, gaya-gaya yang bekerja pada pondasi, penentuan dimensi tiang, perhitungan jumlah tiang pondasi, efisiensi kelompok tiang kontrol terhadap beban vertikal yang bekerja, kontrol terhadap beban horizontal yang bekerja dan penulangan pile cap..

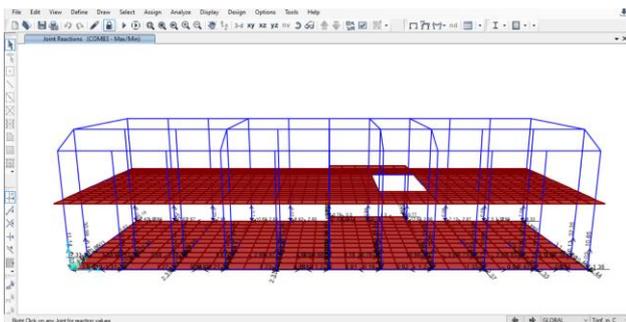
4. Hasil Penelitian

4.1. Perhitungan Pembebanan

Gaya reaksi perletakan didapatkan berdasarkan *joints reaction* pada program bantu analisa SAP 2000. Nilai yang dipakai adalah P, M_x , dan M_y . Gambar 1 dan 2 menunjukkan masing-masing denah pondasi dan hasil *joint reaction* pada setiap titik pondasi. Berdasarkan perhitungan dengan SAP2000 diperoleh hasil beban *axial ultimate* yang terbagi pada beberapa kolom bangunan dengan hasil maksimum yang digunakan sebagai perencanaan adalah 59,54 ton.



Gambar 1. Denah pondasi



Gambar 2. Joint reaction pada setiap titik pondasi

4.2. Pengolahan Data Tanah

Pengujian sondir dilakukan sebanyak dua titik sondir, yaitu S_1 sedalam 15,8 m dan S_2 sedalam 5 m. Dari kedua titik dilakukan pemilihan data tanah yang digunakan sebagai perencanaan dimana dengan membandingkan hasil bacaan konus (q_c) diakhir kedalaman pengujian data tanah.

Nilai q_c pada S_1 sebesar $>200 \text{ kg/cm}^2$ (menandakan konsistensi tanah sangat keras)

dengan geseran total $729,680 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada S_2 nilai q_c adalah 70 kg/cm^2 (menandakan konsistensi tanah sangat kenyal) dengan geseran total $216,103 \text{ kg/cm}^2$. Sehingga data tanah yang digunakan untuk perencanaan adalah data hasil pengujian S_1 dikarenakan bangunan terletak dekat dengan titik S_1 .

4.3. Pengolahan Data Tanah

Daya dukung mini pile atau kapasitas ijin tiang dihitung menggunakan Persamaan 3 dengan dimensi mini pile $25 \times 25 \text{ cm}$ yaitu 23,64 ton.

4.4. Perhitungan Jumlah dan Efisiensi Kelompok Tiang

Dari kekuatan satu tiang tersebut dihitung jumlah tiang dan efisiensi. Efisiensi jumlah tiang yang digunakan dalam perencanaan adalah diatas 80%. Rencana jumlah tiang untuk dimensi $25 \times 25 \text{ cm}$ pada kedalaman 15 m, $P_{kolom} = 59,54 \text{ ton}$ sehingga $Q_{ult} = 22,79 \text{ ton}$ dengan efisiensi diatas 0,9973% (Metode *Converse-Labarre*) dan 0,8308% (Metode *Los Angeles Group*) adalah:

$$n = 59,54/22,79 = 2.6 \text{ bh} \approx 3 \text{ bh}$$

4.5. Perhitungan Distribusi Beban

Pondasi mini pile dengan dimensi $25 \times 25 \text{ cm}$ kemudian dilakukan perhitungan distribusi beban pada setiap kolom. Perhitungan SAP2000 dengan hasil maksimum di kolom yaitu $P = 59,54 \text{ ton}$, $M_x = 14,99 \text{ tm}$, dan $M_y = 12,25 \text{ tm}$. Perhitungan distribusi beban dengan dimensi mini pile $25 \times 25 \text{ cm}$. Dari perhitungan distribusi beban maka didapat nilai beban maksimum tiang, P_{max} sebesar 38,37 ton.

4.6. Kontrol Daya Dukung Kelompok Tiang

Daya dukung pilecap = $E_g \times \text{Total } Q_{ijin}$ mini pile dalam satu pilecap dengan dimensi $25 \times 25 \text{ cm}$ diperoleh hasil sebagai berikut:

$$E_g = 0,8308; n = 3;$$

$$Q_u = 27,40 \text{ ton}$$

$$P_{kolom} = 59,54 \text{ ton}$$

Daya dukung pilecap

$$E_g \times n \times Q_u = 0,8308 \times 3 \times 27,4 = 68,29 \text{ ton}$$

Syarat terpenuhi jika:

$$\text{daya dukung pilecap} > P$$

$$68,29 \text{ ton} > 59,54 \text{ ton OK}$$

4.7. Kontrol Geser Ponds Tiang

1) Geser satu arah

$$\emptyset V_c = 40,83 \text{ ton}$$

$$V_{up} = 14,08 \text{ ton}$$

$$\text{Kontrol, } V_u < \emptyset V_c$$

$$14,08 \text{ ton} < 40,83 \text{ ton.}$$

2) Geser dua arah

Kapasitas geser dipilih dari nilai yang terkecil

$$V_{c1} = 234,365 \text{ ton}$$

$$V_{c2} = 353,008 \text{ ton}$$

$$V_{c3} = 194,976 \text{ ton (menentukan)}$$

$$\text{Kontrol, } P_{u, \text{punch}} < V_c$$

$$22,30 \text{ ton} < 194,976 \text{ ton OK.}$$

3) Geser akibat kolom

$$\tau_u = 1,357 \text{ MPa}$$

$$\tau_c = 1,537 \text{ MPa}$$

$$\text{Kontrol: } \tau_u < \tau_c$$

$$1,36 \text{ MPa} < 1,537 \text{ MPa OK.}$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perencanaan pondasi mini pile dengan dimensi 25 x 25 cm, kedalaman 15 m, efisiensi 83.08%, jumlah tiang 3 buah ini mampu menahan beban. Selain itu, daya dukung kelompok tiang sebesar 68.29 ton mampu menahan gaya aksial sebesar 59.54 ton.

Referensi

- [1] J. E. Bowles, *Foundation Analysis and Design [International Edition]*. McGraw-Hill, 2001.
- [2] H. C. Hardiyatmo, *Analisis dan perancangan fondasi II*. Gadjah Mada University Press, 2015.
- [3] B. Chairullah, "Analisa Daya Dukung Pondasi Dengan Metoda Spt, Cpt, Dan Meyerhof Pada Lokasi Rencana Konstruksi Pltu Nagan Raya Provinsi Aceh," *TERAS J.*, vol. 3, no. 1, Feb. 2016, doi: 10.29103/TJ.V3I1.43.
- [4] M. Martini, "Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Dengan Beberapa Metode," *MEKTEK*, vol. 11, no. 2, Apr. 2012.
- [5] I. Ridhayani and I. Saputra, "Studi Analisis Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir Di Kampus Padhang-Padhang Universitas Sulawesi Barat," *BANDAR J. Civ. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 37–42, Nov. 2021.
- [6] J. A. Ginting, "Analisis Daya Dukung Sistem Pondasi Mini Pile Serta Perhitungan Penurunan Mini Pile Tunggal (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Hotel Torganda Siantar)," 2011.
- [7] I. A. Rizolla and Y. Apriyanti, "Analysis Of Bearing Capacity Foundations Tread Using Cerucuk Compared With The Caisoon Foundation," *Jurnal*, p. 29, 2015.
- [8] Dirahesti, "Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Mini Pile Dengan Pondasi Cerucuk Galam Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Man 4 Banjar."
- [9] M. Agustian Nusantara, "Analisa Daya Dukung Pondasi Dangkal Pada Tanah Lempung Menggunakan Perkuatan Anyaman Bambu Dan Grid Bambu Dengan Bantuan Program."
- [10] R. R. Harefa and K. I. Sari, "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Pembangunan Gedung Asrama Dan Diklat," *Bul. Utama Tek.*, vol. 17, no. 3, pp. 325–330, Jun. 2022.
- [11] F. Luthfiani, N. Ilham, and I. D. Atmanto, "Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang Dan Rakit Pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Business District," vol. 6, no. 2, pp. 166–179, 2017.
- [12] J. Ulfa, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test)," *Siklus J. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 50–82, Feb. 2015, doi: 10.31849/SIKLUS.V1I2.136.
- [13] G. G. Meyerhof, "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations," *J. Geotech. Eng. Div.*, vol. 102, no. 3, pp. 195–228, Mar. 1976, doi: 10.1061/AJGEB6.0000243.
- [14] B. S. Nasional, "SNI 2827:2008 Metode Pengujian Lapangan Dengan Alat Sondir (Rujukan ASTM D3441-86)," 2008.
- [15] B. S. Nasional, "SNI 2847-2019 : Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung," *Standar Nas. Indones.*, p. 720, 2019.