

Optimasi Perencanaan dan Metode Pelaksanaan Pondasi pada Tanah Berpasir dengan Muka Air Tanah Tinggi: Studi Kasus di Ruko Ngasem

Angga Risnanda¹, Agata Iwan Candra^{1,*}, Friska Windi Meira Aisyah¹, Dicko Mahendra¹, Yuzi Melia Adi Putri¹, Ahmad Rifai Khoirul Anam¹, Onie Wardani¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kediri, Kediri¹

Koresponden*, Email: iwan_candra@unik-kediri.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	02 Desember 2022	<i>In the Kediri district, to be precise, the ngasem area is mostly sandy soil with high groundwater levels. This soil property has a loose structure and is prone to landslides. To overcome the above problems, it is necessary to carry out planning and the right foundation implementation method. This study aims to determine the dimensions of the foundation and the method of implementation based on the type of soil that is located. Based on the calculations of the terzaghi method, the dimensions of the palm foundation, measuring 120 cm wide with a thickness of 40 cm, were obtained and reinforced with a mini pile of 30 x 30 x 150 cm as many as three pieces the ultimate bearing capacity of 140,68 tons/cm². The implementation method uses human labor with the help of water pumps and manual pulleys, thus providing an ideal solution in planning and implementing the foundation method.</i>
Diperbaiki	25 Juni 2024	
Disetujui	06 Agustus 2025	
<i>Keywords: Method of Implementation, Ideal Solution, Sand Soil, Groundwater level</i>		Abstrak Di Kabupaten Kediri, tepatnya daerah Ngasem sebagian besar tanahnya berpasir dengan muka air tanah yang tinggi. Sifat tanah ini memiliki struktur yang lepas dan rawan longsor. Untuk mengatasi permasalahan diatas maka perlu melakukan perencanaan dan metode pelaksanaan pondasi yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi pondasi dan metode pelaksanaan berdasarkan jenis tanah yang ada dilokasi. Berdasarkan perhitungan metode terzaghi diperoleh dimensi pondasi telapak berukuran lebar 120 cm, dengan ketebalan 40 cm. dan diperkuat dengan <i>mini pile</i> 30 x 30 x 150 cm sebanyak tiga buah. daya dukung ultimit sebesar 140,68 ton/cm ² . Metode pelaksanaan menggunakan tenaga manusia dengan bantuan pompa air dan katrol manual, sehingga memberikan solusi ideal dalam merencanakan dan metode pelaksanaan pondasi.
Kata kunci: Daya Dukung Tanah, Metode Pelaksanaan, Solusi Ideal, Tanah Pasir, Muka Air Tanah		

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya jaman menyebabkan orang untuk berinvestasi, salah satu jenis investasi dengan rate kesuksesan yang tinggi dan cukup populer adalah investasi ruko. Investasi ruko adalah menyewakan ruko yang telah dibangun ke pihak ketiga untuk tujuan berbisnis seperti berdagang, kantor, dan Gudang penyimpanan.[1]. Untuk meningkatkan minat penyewa ruko diperlukan desain yang menarik dan pelaksanaan pembangunan yang sesuai dengan kelayakan konstruksi.

Kelayakan konstruksi yang paling utama adalah terpenuhinya standar pondasi sesuai dengan beban yang diterima.[2]. Salah satu kelayakan konstruksi adalah merencanakan pondasi dengan baik [3]. Layak tidaknya dari suatu pondasi dapat dilihat dari daya dukung tanah [4]. Daya dukung dapat ditentukan dari jenis tanah, salah satunya tanah pasir dengan muka air tinggi [5].

Tanah pasir memiliki tekstur yang kasar [6]. Terdapat ruang pori - pori yang besar diantara butiran - butirannya

sehingga kondisi tanah ini menjadi struktur yang lepas dan gembur. Sehingga kondisi tersebut menjadikan tanah pasir ini memiliki struktur yang lepas dan rawan longsor[7]. Dengan kondisi tanah tersebut perlu perencanaan dan pelaksanaan pondasi yang sesuai.

Pondasi adalah struktur bagian bawah yang berfungsi menopang bangunan dan menyalurkan beban ke dalam tanah [8]. Jenis pondasi yang sering digunakan dalam pembangunan berupa pondasi telapak dan pondasi sumuran. Sesuai dengan namanya pondasi ini berbentuk seperti telapak kaki, bentuk ini sangat cocok untuk tanah yang bersifat berubah - ubah [9]. Pondasi sumuran adalah modifikasi dari pondasi dangkal dan pondasi tiang, yang sesuai untuk tanah dasar pada kedalaman yang relatif dalam [10].

Di kabupaten kediri, tepatnya daerah ngasem sebagian besar tanahnya berpasir dengan muka air tanah yang tinggi. Hal ini disebabkan karena daerah tersebut merupakan bekas rawa - rawa sehingga saat dilakukan penggalian terdapat air yang keluar dari sela - sela tanah [11]. Dengan adanya

genangan air tersebut dapat menghambat pembangunan pondasi. Untuk mengatasi permasalahan diatas maka perlu melakukan perencanaan pondasi gabungan menggunakan metode Terzaghi [12, 13, 14]. Metode ini berfungsi untuk menghitung daya dukung tanah [15]. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul beban maksimum yang diizinkan pondasi [16, 17, 18]. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kadar air tanah, berat isi, struktur, kelembapan, dan tekstur tanah.

Perencanaan yang kita lakukan menggunakan jenis tanah pasir dengan muka air tinggi [19, 20]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dimensi pondasi dan metode pelaksanaan berdasarkan jenis tanah yang ada dilokasi. Pentingnya penelitian ini untuk memberikan gambaran terkait perencanaan dan pelaksanaan yang sesuai dengan kondisi tanah.

2. Metode Penelitian

2.1. Penentuan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di ruko Ngasem City yang berlokasi di Jl. Pamenang, Ngasem, Kediri, Jawa Timur. Gedung direncanakan sebagai ruko 3 lantai [21].



Gambar 1. Kondisi Tanah

2.2. Pengujian Parameter Tanah

Penelitian dilakukan terhadap kapasitas daya dukung tanah tipe pondasi telapak yang digunakan pada bangunan tersebut [22]. Hal pertama yang dilakukan sebelum melakukan analisis yaitu mengumpulkan data – data pendukung, antara lain data pondasi, data penyelidikan tanah dan mengambil sampel tanah [23]. Langkah selanjutnya melakukan uji geser langsung (*direct shear*) [24]. Pengujian ini merupakan salah satu pengujian yang sangat sederhana untuk menentukan kuat geser tanah, dimana nanti hasilnya berupa kohesi tanah (c) serta sudut geser dalam tanah (ϕ) [25, 26].

2.3 Metode Daya Dukung Tanah

Daya dukung pondasi telapak ditentukan dari $D_f \leq B$, dengan D_f merupakan kedalaman pondasi dan B merupakan lebar pondasi [8, 27]. Untuk menghitung daya dukung tanah dapat digunakan persamaan Terzaghi sebagai berikut [15]. Perhitungan geser dalam pada Persamaan (1) [28].

$$Q_{ult} = Sc.c.N_c + D_f.\gamma_1.N_q + 0,8.B.\gamma_2.N_\gamma \tag{1}$$

Dimana:

Q_{ult} = daya dukung ultimit (ton/cm²)

Sc = faktor bentuk pondasi

C = kohesi tanah (kg/cm³)

D_f = kedalaman pondasi (m)

B = lebar pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kg/cm³)

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung Terzaghi

Untuk mendapatkan nilai sudut geser dalam perlu dilakukan uji kuat geser [29]. Terkait pengaruh bentuk pondasi, Terzaghi memberikan pengaruh terhadap faktor bentuk daya dukung ultimit yang didasari dari analisis pondasi memanjang sebagai berikut [30].

Nilai – nilai N_c, N_q, N_γ diperoleh dari besarnya nilai sudut dengan menggunakan Persamaan (2) dan Persamaan (3).

a. pondasi dengan bentuk bujur sangkar

$$q_{ult} = 1,3.c.N_c + D_f.\gamma.N_q + 0,4.B.\gamma.N_\gamma \tag{2}$$

b. pondasi dengan bentuk lingkaran

$$q_{ult} = 1,3.c.N_c + D_f.\gamma.N_q + 0,3.B.N_\gamma \tag{3}$$

dimana:

Q_{ult} = daya dukung ultimit (ton/cm²)

C = kohesi tanah (kg/cm³)

D_f = kedalaman pondasi (m)

B = lebar pondasi (m)

γ = berat volume tanah (kg/cm³)

N_c, N_q, N_γ = faktor daya dukung Terzaghi

Tabel 1. Faktor Daya Dukung Terzaghi

Interval (m)	Keruntuhan Geser Umum		
	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	1,2
20	17,7	7,4	5
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
31	41,1	26,0	23,5
34	52,6	36,5	35
35	57,8	41,4	42,4
40	95,7	81,3	100,4
45	172,3	173,3	297,5
48	258,3	287,9	780,1
50	347,6	415,1	1153,2

Beban izin untuk pondasi dengan menggunakan Persamaan (4).

$$Q_{all} = Q_u / SF \tag{4}$$

dimana :

Q_u = Daya dukung tanah

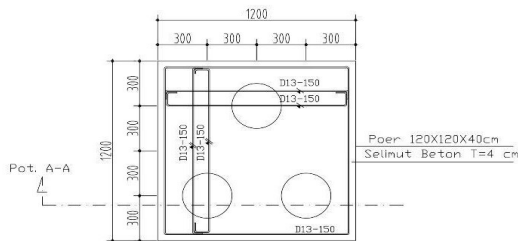
SF = Angka keamanan

2.4 Tahap Pelaksanaan pondasi

Dalam pelaksanaan memerlukan metode eksperimental sehingga dapat memasukkan dan melaksanakan dengan baik perencanaan yang telah dilakukan, karena tanah di daerah ini adalah tanah pasir berlem. Tanah tersebut susah untuk digali sehingga perlu dibuatkannya minipile terlebih dahulu dengan ukuran yang telah direncanakan adalah 30 x 30 cm, kemudian dimasukkan secara manual menggunakan tekanan air dari diesel dan digerak – gerakan sehingga posisi minipile tersebut sesuai dengan yang direncanakan. Proses selanjutnya pemasangan pondasi telapak, tulangan pondasi disambungkan ke tulangan *mini pile* dengan metode pengelasan. Setelah semua tersambung dilakukan proses pengecoran.

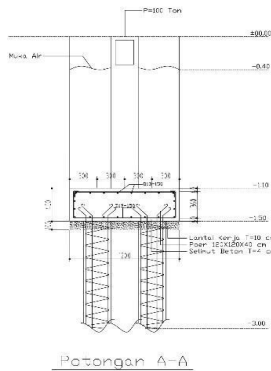
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Metode Terzaghi



Denah Penulagan Pondasi

Gambar 2. Tampak Atas Pondasi



Gambar 3. Potongan Pondasi

Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan untuk memperkirakan daya dukung pondasi gabungan (pondasi telapak dan sumuran). Berikut adalah data dan hasil perhitungan yang digunakan:

Sudut geser dalam tanah (ϕ) = 31°

Kohesi (c)	= 0 Kpa
Beban (P)	= 100 ton
Berat volume basah (γ_d)	= 1,68t/m ³
Lebar Pondasi (B)	= 1,2 m
Kedalaman dasar pondasi (Df)	= 1,5 m
Berat volume air (γ_w)	= 0,5 kg/cm ³
Air (Dw)	= 0,4 cm ²
z	= 1 m
Berat volume kering (γ_{sat})	= 1,91 kg/cm ³
Angka keamanan (SF)	= 2
KII	= 8,40
Luas alas pondasi (Ab)	= 0,09
Koefisien tekanan tanah aktif (Ka)	= 7,74
Nilai pH tanah	= 16,62

Dalam perhitungan daya dukung pondasi telapak dan sumuran, langkah awal adalah menentukan faktor daya dukung Nc, Nq, dan N γ dalam kondisi keruntuhan geser umum. Nilai faktor daya dukung untuk ϕ (sudut geser) 31° adalah Nc = 41,1, Nq = 26,0 dan N γ = 23,5. Selain itu diperoleh Po (tekanan *overburden*) sebesar 2,52 t/m². Berikut adalah perhitungan daya dukung:

Pondasi Telapak

Kapasitas dukung ultimit untuk pondasi bujur sangkar :

Daya dukung tanah (Q_{ult})

$$Q_{ult} = 1,3 \times c \times N_c + P_o \times N_q + 0,4 \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$= 1,3 \times 0 \times 41,1 + 2,52 \times 26,0 + 0,4 \times 1,68 \times 1,2 \times 23,5$$

$$= 77,471 \text{ t/m}^2$$

Kapasitas dukung ultimit netto :

Tekanan pondasi netto (Q_{un})

$$Q_{un} = 1,3 \times c \times N_c + P_o \times N_q - 1 + 0,4 \gamma \times B \times N_\gamma$$

$$= 1,3 \times 0 \times 41,1 + 2,52 \times 26,0 - 1 + 0,4 \times 1,68 \times 1,2 \times 23,5$$

$$= 81,971 \text{ t/m}^2 : 2$$

$$= 40,99 \text{ t/m}^2$$

Muka air terletak di atas pondasi atau sama dengan pondasi

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

$$= 1,91 - 0,5 = 1,41 \text{ kg/cm}^3$$

$$Q = \gamma' (Df - dw) + \gamma_b \times dw$$

$$= 1,41 \times 1,5 - 0,4 + 1,68 \times 0,4$$

$$= 2,223 \text{ ton/cm}^2$$

$$Q_{ult} = c \times N_C + Q \times N_q + 0,5 \gamma_b B N_\gamma$$

$$= 0 \times 41,1 + 2,223 \times 26 + 0,5 \times 1,68 \times 1,2 \times 23,5$$

$$= 81,51 \text{ ton/cm}^2$$

Pondasi Sumuran (Mini Pile)

$$Q_u = (1,3c \times N_c + \gamma \times Z \times N_q + 0,3\gamma \times D \times N_\gamma) \times A_b + (C_A \times Z \times P_H \times \text{tg}\delta) \text{ KII}$$

$$= 1,3 \times 0 \times 41,1 + 1,91 \times 1 \times 26,0 + 0,3 \times 1,91 \times 0,3 \times 23,5 \times 0,09 + 3,51 \times 8,40 = 118,3 \text{ ton/cm}^2$$

Hasil perhitungan tersebut kemudian dibagi dengan *Safety Factor* (SF) yaitu 2, sehingga diperoleh hasil 59,17 ton/cm²

Sehingga diperoleh daya dukung total,

$$\begin{aligned} Q_{u_{all}} &= 81,51 + 59,17 \\ &= 140,68 \text{ ton/cm}^2 > p \\ &= 140,68 \text{ ton/cm}^2 > 100 \text{ ton (Layak)} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan – perhitungan diatas diperoleh hasil daya dukung tanah dengan muka air terletak diatas pondasi sebesar 140,68 ton/cm² yang melebihi beban (100 ton) sehingga dapat disimpulkan bahwa pondasi tersebut memenuhi persyaratan daya dukung dan layak untuk digunakan.

3.2 Tahap Pelaksanaan pemasangan pondasi



Gambar 4. Memompa air

Gambar 4 memperlihatkan proses memompa air menggunakan mesin diesel untuk mengalirkan air dari sumber melalui selang. **Gambar 5.** Memperlihatkan proses memasukkan *mini pile* secara manual.



Gambar 5. Memasukkan *Mini Pile*



Gambar 6. Memposisikan *Mini Pile*

Gambar 6. Memperlihatkan proses menancapkan mini pile secara manual, di mana seorang pekerja menggunakan tangan untuk memasukkan mini pile ke dalam tanah.



Gambar 7. Menancapkan *Mini Pile*

Gambar 7. Memperlihatkan proses penancapkan *mini pile* secara manual, di mana seorang pekerja menggunakan tangan dibantu katrol untuk memastikan mini pile terpasang tegak lurus. Setelah itu, tanah dasar pondasi disemprot dengan air bertekanan tinggi dan dilakukan gerakan-gerakan untuk memperkuat penancapan mini pile tersebut.



Gambar 8. Pemasangan *Footplate*

Gambar 8. Memperlihatkan proses pemasangan *mini pile*, setelah tiga *mini pile* tertancap, *footplate* dimasukkan ke dalam lubang yang telah disiapkan untuk memberikan dukungan tambahan pada konstruksi.



Gambar 9. Tahap Mengikat dan Mengelas

Gambar 9. Memperlihatkan proses pengikatan tulangan dilakukan menggunakan metode pengelasan untuk memastikan koneksi yang kuat dan stabil antara *footplate* dan mini pile dalam konstruksi struktural.



Gambar 10. Tahap Pengecoran

Gambar 10. Memperlihatkan proses pengecoran pondasi, di mana beton dicurahkan ke dalam cetakan pondasi yang telah disiapkan secara teliti. Proses pengecoran pondasi ini penting untuk membentuk struktur dasar yang kokoh dan stabil dalam konstruksi.

4. Simpulan

Dimensi Pondasi Telapak 120 x 120 x 40 cm dengan diperkuat dengan *mini pile* 30 x 30 x 150 cm sebanyak tiga buah mampu menghasilkan daya dukung tanah ultimit sebesar 140,68 ton/cm², hal ini menunjukkan bahwa pondasi tersebut mampu menerima beban bangunan yang ada sebesar 100 ton.

Metode pelaksanaan yang telah dilakukan menunjukkan hasil yang layak berdasarkan konstruksi pada kondisi tanah berpasir dengan muka air tanah tinggi. Dari uraian diatas dapat digunakan *engineer* sebagai parameter untuk merencanakan dan menentukan metode pelaksanaan pondasi dengan kondisi muka air tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] W. Prabowo and A. B. Yuuwono, "Kajian Pelestarian Dan Pemeliharaan Bangunan Cagar Budaya Di Surakarta," *J. Tek. Sipil dan Arsit.*, vol. 26, no. 2, pp. 51–61, 2021, doi: 10.36728/jtsa.v26i2.1486.
- [2] Y. E. Suharno, "Identifikasi pada Rumah Bangsawan Kraton Yogyakarta, Studi Kasus : Sarana, Prasarana dan Utilitas di Kompleks Dalem Benawan," *J. Arsit. Pendapa*, vol. 3, no. 2, pp. 34–47, 2020, doi: 10.37631/pendapa.v3i2.165.
- [3] D. O. Dwina, N. Nazarudin, D. Kumalasari, and E. Fitriani, "Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Penambahan Kapur dan Fly Ash Sisa Pembakaran Cangkang Sawit Sebagai Subgrade Jalan," *Fondasi J. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 1, p. 24, 2021, doi: 10.36055/fondasi.v10i1.10275.
- [4] T. Nurinayah, D. S. A. Yuwana, and . Y., "Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Abutment Jembatan Kaligawe Kota Semarang," *J. Rekayasa Infrastruktur Sipil*, vol. 2, no. 1, p. 46, 2021, doi: 10.31002/jris.v2i1.4181.
- [5] M. K. Z Lubis and K. Lubis, "Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan," *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 3, no. 2, p. 71, 2019, doi: 10.31289/jcebt.v3i2.2702.
- [6] S. Punuindoong, M. T. M. Sinolungan, and J. J. Rondonuwu, "Kajian Nitrogen, Fosfor, Kalium dan C-Organik Pada Tanah Berpasir Pertanaman Kelapa Desa Ranoketang Atas," *J. Soil Enveronmental*, vol. 21, no. 3, pp. 6–11, 2021.
- [7] M. E. Kusuma, "Respon Rumput Odot (*Pennisetum purpureum* . Cv . Mott) Terhadap Pemberian Bokashi Kotoran Ayam pada Tanah Berpasir," *Ilmu Hewani Trop.*, vol. 8, no. 2, pp. 71–76, 2019.
- [8] H. Kusumah and Hartono, "Analisa Daya Dukung dan Penurunan Tanah Terhadap Pondasi Telapak Di Pembangunan Ruko JL. Pelabuhan II Kota Sukabumi," *Santika*, vol. 8, no. 2, pp. 275–283, 2018.
- [9] E. Kalogo, K. R. Bela, and P. Sianto, "Analisis Penurunan Segera pada Pondasi Telapak Berdasarkan Nilai Daya Dukung Terzaghi, Mayerhof, Brinch Hansen, dan Vesic," *J. Tek. Sipil ITP*, vol. 8, no. 1, p. 3, 2021, doi: 10.21063/jts.2021.v801.03.
- [10] M. I. Cholid, S. Winarto, Y. Cahyo, and A. I. Candra, "Perencanaan Pondasi Sumuran Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Balai Pembangunan Sdm Dan Pertanian Bantul Diy," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 45, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.888.
- [11] A. E. Putri, D. H. Utomo, and R. Mainaki, "Analisis kesesuaian lahan rawa untuk pengembangan kawasan permukiman di Kecamatan Gondang Kabupaten Tulungagung," *J. Pendidik. Geogr.*, vol. 25, no. 2, pp. 170–178, 2020, doi: 10.17977/um017v25i22020p170.
- [12] W. Basry, H. Hasan, and ..., "Perencanaan Pondasi pada Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palu," ... *J. Tek.*

- Sipil*, vol. 2, pp. 17–28, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/SiimoEngineering/article/view/444%0Ahttps://jurnal.unismuhpalu.ac.id/index.php/SiimoEngineering/article/download/444/331>
- [13] Y. Sang, Z. Wang, S. Yu, and H. Zhao, “The loading test on the single pile with pile cap in transparent soil model,” *Geotech. Test. J.*, vol. 42, no. 2, 2019, doi: 10.1520/GTJ20170153.
- [14] G. Bharti, B. K. Shukla, V. Srinivasan, and V. Bansal, “Experimental study on eccentrically loaded rectangular footing on sand for embedded condition to enhance serviceability of structures,” *Mater. Today Proc.*, vol. 61, pp. 517–522, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.532.
- [15] F. Antonius and A. J. Susilo, “Analisis Cara Peningkatan Daya Dukung Fondasi Dangkal Pada Konstruksi Gedung Bertingkat,” *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 3, no. 3, p. 897, 2020, doi: 10.24912/jmts.v3i3.8278.
- [16] S. F. Oktaviana, F. Sarie, and O. Hendri, “Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu, Semen Portland, Dan Abu Terbang Terhadap Kuat Geser Dan Daya Dukung Tanah,” *J. Kacapuri J. Keilmuan Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, p. 67, 2021, doi: 10.31602/jk.v4i1.5119.
- [17] C. Chen, M. Gao, and A. Zhang, “New Calculating Approach for the Ultimate Bearing Capacity of a Shallow Foundation,” *Int. J. Geomech.*, vol. 20, no. 6, pp. 1–14, 2020, doi: 10.1061/(asce)gm.1943-5622.0001681.
- [18] J. Shiau and S. Keawsawasvong, “Producing Undrained Stability Factors for Various Tunnel Shapes,” *Int. J. Geomech.*, vol. 22, no. 8, 2022, doi: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002487.
- [19] R. Surbakti, “Prediksi Penurunan Konsolidasi Tanah Lunak Dengan Metode Analitis Dan Metode Element Hingga,” *J. Civ. Eng. Build. Transp.*, vol. 5, no. 2, pp. 83–91, 2021, doi: 10.31289/jcebt.v5i2.5773.
- [20] T. Phuor, I. S. H. Harahap, and C.-Y. Ng, “Bearing Capacity Factors for Rough Conical Footing by Viscoplasticity Finite-Element Analysis,” *Int. J. Geomech.*, vol. 22, no. 1, 2022, doi: 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0002256.
- [21] H. Handoko, “Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Penjadwalan Ruko 3 Lantai Di Kota Balikpapan,” *J. Tugas Akhir Tek. Sipil*, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <http://ojsmhs.poltekba.ac.id/ojs/index.php/jutateks/article/view/217>
- [22] A. Karundeng, H. Manalip, and S. E. Wallah, “Analisis Teoritis Struktur Perkuatan Pondasi Telapak Pada Bangunan Gedung Untuk Bangunan Alih Fungsi Dengan Menggunakan Sap 2000,” *J. Ilm. Media Eng.*, vol. 11, no. 1, pp. 67–74, 2021.
- [23] S. Apandi, O. Veza, S. Majid, and P. Pratiwi, “Penentuan Bonus Karyawan dengan Menggunakan Metode Analytic Network Process di PT. Global Harvest Precision Engineering,” *J. Eng. Technol. Appl. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 51–58, 2020, doi: 10.36079/lamintang.jetas-0201.94.
- [24] V. Rumbiak, A. I. N. D. E. Silva, J. O. A. Da Costa, and Y. D. G. Cahyono, “Pengaruh Uji Kuat Geser Terhadap Batu Andesit,” *Pros. Semin. Teknol. Kebumihan dan Kelaut.*, vol. 2, no. 1, pp. 605–609, 2020.
- [25] D. Mahendra, A. I. Candra, F. W. M. Aisyah, R. Heru, and A. Rivianto, “Stabilitas Tanah Lempung Berpasir Melalui Uji Kuat Geser Langsung Dengan Menggunakan Mesin Direct Shear Test,” *J. Sustain. Civ. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 80–88, 2022, doi: <https://doi.org/10.47080/josce.v4i02.2042>.
- [26] S. O. Setia, R. I. Sophian, and Z. Zakaria, “PENURUNAN MUKA TANAH AKIBAT BEBAN FONDASI PADA TEMPAT CALON PEMBANGUNAN EMBUNG UNPAD, JATINANGOR, SUMEDANG, JAWA BARAT,” *Geosci. J.*, vol. 11, no. 1, pp. 23–29, 2020.
- [27] M. Anastasya Untu, A. T. Mandagi, and J. E.R.Sumampouw, “Pengaruh Penggunaan Jerami Padi Dan Gypsum Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Ekspansif,” *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 2337–6732, pp. 849–858, 2020.
- [28] H. H. Abdullah, P. P. Putra, and I. Nurtjahjaningtyas, “Analisis Perkuatan Soil Nailing pada Lereng Bawah Jembatan Gantung Alas Bayur Kecamatan Mlandingan Kabupaten Situbondo,” *J. Tek. Sipil*, vol. 13, no. 1, pp. 1–11, 2021.
- [29] R. K. Rustam, H. Purwanto, Adiguna, and dan I. T. Putri, “Pengaruh Penambahan Abu Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Di Daerah Makarti Jaya,” vol. 4, pp. 86–95, 2019.
- [30] A. Y. Trinanda, “Tinjauan Daya Dukung Pondasi Sumuran Pada Gedung-X Di Kota Bukittinggi,” *J. Rivet*, vol. 1, no. 01, pp. 26–31, 2021, doi: 10.47233/rivet.v1i01.237