

**TUGAS AKHIR  
DESAIN PONDASI YANG TEPAT BERDASARKAN HASIL  
UJI SONDIR  
(Studi Kasus Villa Amari Bali Ananta)**



**POLITEKNIK NEGERI BALI**

**OLEH:  
ADITYA WIJAYA  
2215113050**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN  
TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI BALI  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI D3 TEKNIK SIPIL  
2025**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364  
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. [poltek@pnb.ac.id](mailto:poltek@pnb.ac.id)

---

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

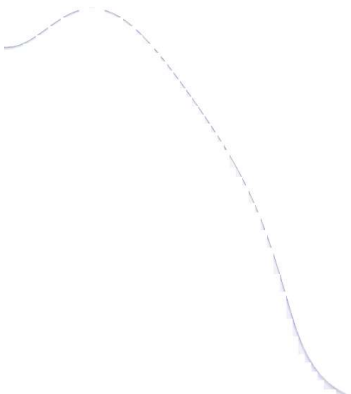
Nama Mahasiswa : Aditya Wijaya  
NIM : 2215113050  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : DESAIN PONDASI YANG TEPAT BERDASARKAN HASIL UJI SONDIR (STUDI KASUS VILLA AMARI BALI ANANTA)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 10 Agustus 2025  
Dosen Pembimbing 1



I Gede Sastra Wibawa, ST.,MT  
NIP. 196804071998021001



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,  
DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali-80364  
Telp. (0361) 701981 | Fax. 701128 | Laman. <https://www.pnb.ac.id> | Email. [poltek@pnb.ac.id](mailto:poltek@pnb.ac.id)

---

Yang bertanda tangan dibawah ini, Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Aditya Wijaya  
NIM : 2215113050  
Program Studi : Teknik Sipil  
Judul Tugas Akhir : DESAIN PONDASI YANG TEPAT BERDASARKAN HASIL UJI  
SONDIR (STUDI KASUS VILLA AMARI BALI ANANTA)

Telah diperiksa ulang dan dinyatakan selesai serta dapat diajukan dalam ujian Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali.

Bukit Jimbaran, 10 Agustus 2025  
Dosen Pembimbing 2



Ir.I.G.A.G Surya Negara Dwipa R.S.,MT  
NIP. 196410281994031003



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI BALI**

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali - 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax: 701128

Laman: [www.pnb.ac.id](http://www.pnb.ac.id) Email: [politeknik@pnbb.ac.id](mailto:politeknik@pnbb.ac.id)

---

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

---

**DESAIN PONDASI YANG TEPAT BERDASARKAN UJI SONDIR  
(Studi Kasus Villa Amari Bali Ananta)**

Oleh:

**Aditya Wijaya**

**2215113050**

**Laporan ini Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Program Pendidikan Diploma III Pada Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali**

Disetujui oleh :

Bukit Jimbaran, 1 September 2025

Ketua Jurusan Teknik Sipil

R. I Nyoman Suardika, MT  
NIP. 196510261994031001

Koordinator Program Studi D-III  
Teknik Sipil

I Wawan Suasira, ST, MT  
NIP. 197002211995121001



POLITEKNIK NEGERI BALI

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI BALI

Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Kabupaten Badung, Bali – 80364

Telp. (0361) 701981 (hunting) Fax. 701128

Laman: [www.pnb.ac.id](http://www.pnb.ac.id) Email: [poltek@pnb.ac.id](mailto:poltek@pnb.ac.id)

---

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI


---

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Aditya Wijaya  
Nim : 2215113050  
Jurusan : Teknik Sipil  
Prodi : DIII Teknik Sipil  
Tahun Akademik : 2024/2025  
Judul :Desain Pondasi Yang Tepat Berdasarkan Uji Sondir  
(Studi Kasus Villa Amari Bali Ananta)

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul di atas, benar merupakan hasil karya Asli/Original.

Demikianlah keterangan ini saya buat dan apabila ada kesalahan dikemudian hari, maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan.

1 September 2025  
  
Aditya Wijaya

## **ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain pondasi yang tepat pada proyek pembangunan Villa Amari Bali Ananta di Canggu, Bali, berdasarkan hasil uji laboratorium tanah. Analisis difokuskan pada jenis pondasi telapak dengan mempertimbangkan data hasil uji sondir (CPT), karakteristik tanah, serta beban yang bekerja pada struktur bangunan. Metode penelitian meliputi studi pustaka, observasi lapangan, pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis teknis menggunakan perhitungan daya dukung tanah metode Terzaghi dan pemodelan struktur dengan perangkat lunak SAP2000. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa lapisan tanah terdiri dari lempung dan pasir dengan parameter mekanik yang mendukung penggunaan pondasi telapak. Perencanaan dilakukan pada dua titik kolom (K1 dan K5) untuk mewakili pondasi tengah dan pondasi pinggir.

Hasil analisis menunjukkan pondasi telapak yang dirancang memenuhi persyaratan keamanan terhadap daya dukung tanah, penurunan, dan geser sesuai standar SNI. Desain yang dihasilkan dinilai aman secara teknis dan ekonomis untuk kondisi tanah setempat, serta dapat menjadi acuan dalam proyek sejenis yang memiliki karakteristik tanah serupa.

Kata kunci: pondasi telapak, daya dukung tanah, uji sondir, Terzaghi, SAP2000.

## **ABSTRACT**

*The purpose of this study is to design an appropriate foundation for the construction project of Villa Amari Bali Ananta in Canggu, Bali, based on the results of laboratory soil tests. The analysis focuses on the spread footing type of foundation, taking into account cone penetration test (CPT) data, soil characteristics, and the loads acting on the building structure. The research methodology includes a literature review, field observations, collection of primary and secondary data, and technical analysis using Terzaghi's bearing capacity calculations combined with structural modeling through SAP2000 software. Laboratory test results indicate that the soil layers consist of clay and sand with mechanical parameters that support the use of spread footings. The design process was carried out at two column points (K1 and K5) to represent the central and edge foundations.*

*The analysis results show that the designed spread footing meets the safety requirements for bearing capacity, settlement, and shear in accordance with SNI standards. The resulting design is considered technically and economically feasible for the local soil conditions and can serve as a reference for similar projects with comparable soil characteristics.*

**Keywords:** *spread footing, bearing capacity, cone penetration test, Terzaghi, SAP2000*



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat Rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pengaruh Tanah Terhadap Stabilitas Pondasi Pada Kasus Proyek Villa Amari Bali Ananta” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Dalam penyusunan ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M. eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali
2. Bapak Ir. I Nyoman Suardika, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan pengarahan dan masukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak I Wayan Suasira, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Sipil Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Kadek Adi Suryawan, S.T., M.Si., selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sipil
5. Bapak I Gede Sastra Wibawa, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir . I.G.A.G Surya Negara Dwipa R.S., M.T., selaku Dosen Pembimbing II.
6. Dewa Ayu Sintyawati, Rekan-rekan, keluarga, serta seluruh pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, mengingat masih terbatasnya pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan demi kesempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Badung, November 2024

Penulis



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	iv
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian .....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Tanah .....	3
2.2 Pondasi .....	3
2.2.1 Komponen – komponen Pondasi .....	4
2.3 Berat Volume Tanah .....	6
2.3.1 Kekuatan Geser Tanah .....	8
2.4 Perencanaan Pondasi.....	9
2.4.1 Pondasi Dangkal.....	9
2.4.2 Jenis – jenis Pondasi Dangkal .....	10
2.4.3 Pondasi Dalam .....	13
2.4.4 Jenis – jenis Pondasi Dalam.....	13
2.5 Berdasarkan Uji Sondir.....	14
2.5.1 Pondasi Telapak Berdasarkan Uji Sondir.....	14

BAB III.....	16
METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Jenis Penelitian.....	16
3.1.1 Penelitian Geoteknik.....	16
3.1.2 Studi Beban bangunan.....	16
3.2 Lokasi Penelitian.....	16
3.3 Waktu Pengumpulan Data.....	17
3.4 Pengumpulan Data.....	17
3.4.1 Data Sekunder.....	18
3.5 Metode Penelitian.....	18
3.6 Jadwal Penelitian.....	19
3.7 Bagan Alir.....	20
BAB IV.....	22
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Interpretasi Tanah.....	22
4.1.1 Hasil Penelitian Sondir.....	22
4.1.2 Tabel Dan Grafik Pengujian Sondir.....	22
4.2 Data Eksisting.....	24
4.3 Pembebanan.....	24
4.3.1 Beban Mati.....	24
4.3.2 Beban Mati Pada Pelat.....	24
4.3.3 Beban Mati Pada Dinding.....	27
4.3.4 Beban Mati Pada Tangga.....	29
4.4 Beban Hidup.....	31
4.4.1 Beban Hidup Pada Pelat Lantai.....	31

4.4.2 Beban Hidup Atap.....	32
4.5 Beban Hujan.....	32
4.6 Beban Angin.....	33
4.7 Beban Gempa.....	38
4.8 Data Perencanaan.....	41
4.8.1 Uji Sondir Yang Ditinjau.....	41
4.8.2 Pondasi Yang Ditinjau.....	41
4.8.3 Pemodelan SAP 2000.....	42
4.9 Perencanaan Pondasi K1.....	43
4.9.1 Kapasitas Daya Dukung Tanah.....	44
4.9.2 Kontrol Tegangan Tanah.....	44
4.9.3 Gaya Geser Pada Footplat.....	45
4.9.4 Pembesian Footplat.....	48
4.10 Perencanaan Dimensi Pondasi K5.....	52
4.10.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah.....	53
4.10.2 Kontrol Tegangan Tanah.....	53
4.10.3 Gaya Geser Pada Footplat.....	54
4.10.4 Pembesian Footplat.....	57
BAB V.....	62
PENUTUP.....	62
5.1 Simpulan.....	62
5.2 Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	61

## **DAFTAR GAMBAR**

<u>Gambar 2.1 Diagram Fase Tanah (Hardiyatmo, 2022)</u> .....	7
<u>Gambar 2.2 Kriteria Keruntuhan Mohr dan Coulomb</u> .....	9
<u>Gambar 3.1 Peta Lokasi Proyek Villa Amari Bali Ananta</u> .....	18
Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Tabel SNI 2647 : 2019.....	24
Gambar 4.2 Spesifikasi Plafond Gypsum.....	25
Gambar 4.3 Berat Jenis Bata Hebel.....	27
Gambar 4.4 Prakiraan Cuaca di Canggü.....	33
Gambar 4.5 Faktor Arah Mata Angin.....	33
Gambar 4.6 Faktor Elevasi Permukaan Tanah.....	34
Gambar 4.7 Klasifikasi Ketertutupan Bangunan.....	35
Gambar 4.8 Konstanta Eksposur Dataran.....	36
Gambar 4.9 Denah Kolom Villa Amari Bali Ananta.....	41
Gambar 4.10 Pemodelan SAP 2000.....	42
Gambar 4.11 Kontrol Tegangan Tanah.....	45
Gambar 4.12 Tinjauan Geser Arah X.....	46
Gambar 4.13 Tinjauan Geser Arah Y.....	47
Gambar 4.14 Tinjauan Geser Dua Arah (PONS).....	48
Gambar 4.15 Tulangan Lentur Arah X.....	49
Gambar 4.16 Tulangan Lentur Arah Y.....	51
Gambar 4.17 Potongan Tulangan Pondasi Telapak.....	51
Gambar 4.18 Kontrol Tegangan Tanah.....	54
Gambar 4.19 Tinjauan Geser Arah X.....	55
Gambar 4.20 Tinjauan Geser Arah Y.....	56
Gambar 4.21 Tinjauan Geser Dua Arah.....	57
Gambar 4.22 Tulangan Lentur Arah X.....	58
Gambar 4.23 Tulangan Lentur Arah Y.....	59
Gambar 4.24 Potongan Tulangan Pondasi Telapak.....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Berat spesifik jenis tanah.....	9
Tabel 4.1 Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa	38
Tabel 4.2 Faktor keutamaan gempa.....	38
Tabel 4.3 Klasifikasi situs jenis.....	39
Tabel 4.4 Faktor R, Cd, Dan $\Omega_0$ untuk istem pemikul gaya seismic.....	40
Tabel 4.5 Perhitungan dimensi pondasi telapak kolom K1.....	43
Tabel 4.6 Perhitungan kontrol tegangan tanah.....	44
Tabel 4.7 Perhitungan tinjauan geser arah X.....	45
Tabel 4.8 Perhitungan tinjauan geser arah Y.....	46
Tabel 4.9 Perhitungan geser dua arah pondasi.....	47
Tabel 4.10 Perhitungan tulangan lentur arah X.....	48
Tabel 4.11 Rasio tulagan arah X.....	49
Tabel 4.12 Perhitungan tulangan lentur arah Y.....	50
Tabel 4.13 Rasio tulangan arah Y.....	50
Tabel 4.14 Rasio tulangan susut.....	52
Tabel 4.15 Perhitungan dimensi pondasi telapak kolom K5.....	52
Tabel 4.16 Perhitungan kontrol tegangan tanah.....	53
Tabel 4.17 Perhitungan tinjauan arah X.....	54
Tabel 4.18 Perhitungan tinjauan arah Y.....	55
Tabel 4.19 Perhitungan geser dua arah pondasi.....	56
Tabel 4.20 Perhitungan tulangan lentur arah X.....	57
Tabel 4.21 Rasio tulangan arah X.....	58
Tabel 4.22 Perhitungan tulangan lentur arah Y.....	59
Tabel 4.23 Rasio tulangan arah Y.....	59
Tabel 4.24 Rasio tulangan susut.....	61

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan salah satu elemen penting dalam konstruksi bangunan, karena berfungsi menyalurkan beban struktur ke tanah dasar sehingga bangunan dapat berdiri kokoh dan stabil. Pemilihan jenis pondasi yang tepat harus mempertimbangkan kondisi tanah, beban yang bekerja, serta metode konstruksi yang digunakan. Kesalahan dalam perencanaan pondasi dapat mengakibatkan penurunan (*settlement*) yang berlebihan hingga kegagalan struktur (Bowles, 1997).

Dalam perencanaan pondasi dangkal, data tanah menjadi faktor utama yang menentukan kapasitas daya dukung. Salah satu metode investigasi tanah yang banyak digunakan adalah uji penetrasi konus atau **sondir** (*Cone Penetration Test/CPT*), yang dapat memberikan informasi mengenai nilai tahanan konus ( $q_c$ ) dan hambatan lekat ( $f_s$ ). Data tersebut sangat berguna dalam memperkirakan daya dukung tanah dan kedalaman pondasi yang diperlukan (Das, 2011).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa hasil uji sondir dapat diolah menggunakan berbagai metode empiris untuk menghitung daya dukung tanah, seperti metode Schmertmann, Meyerhof, dan De Ruitter. Penelitian oleh Hardiyatmo (2012) mengungkapkan bahwa metode-metode tersebut memberikan hasil yang bervariasi tergantung pada kondisi tanah setempat, sehingga pemilihan metode perhitungan harus disesuaikan dengan karakteristik lokasi penelitian.

Selain itu, penelitian oleh Wahyudi (2018) menunjukkan bahwa daya dukung pondasi yang dihitung dari uji sondir cenderung lebih mendekati kondisi aktual di lapangan dibandingkan dengan pendekatan teoritis semata. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan data sondir dalam perencanaan pondasi memberikan hasil yang lebih akurat dan ekonomis.

Berdasarkan uraian tersebut, perencanaan pondasi telapak dengan memanfaatkan data hasil uji sondir sangat penting untuk memastikan keamanan, efisiensi, dan ketahanan struktur. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada

analisis desain pondasi telapak dengan menggunakan data uji sondir dari lokasi penelitian sebagai dasar perhitungan daya dukung tanah dan kedalaman pondasi.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Mengacu pada latar belakang yang telah diuraikan, terdapat sejumlah permasalahan yang akan menjadi fokus pembahasan penulis, yaitu:

- a. Pada kedalaman berapa pondasi dapat diletakkan?
- b. Berapa dimensi pondasi pada Villa Amari Bali Ananta?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan dimensi pondasi pada Villa Amari Bali Ananta
- b. Menentukan kedalaman pondasi yang tepat pada Villa Amari Bali Ananta

## **1.4 Manfaat Penelitian**

- a. Dengan menganalisis tanah, penulis dapat menentukan jenis pondasi pada proyek Pembangunan Villa Amari Bali Ananta.
- b. Pemilihan pondasi berdasarkan jenis tanah dapat mengurangi risiko kegagalan konstruksi, yang berpotensi menghindari kerugian besar dan menjaga keselamatan pengguna bangunan.
- c. Memperpanjang umur pakai bangunan. Pondasi yang cocok dengan kondisi tanah tertentu dapat meminimalkan kerusakan struktural dalam jangka panjang, sehingga meningkatkan durabilitas bangunan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Adapun ruang lingkup yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah:

- a. Perencanaan pondasi mengacu pada standar nasional seperti SNI 8460:2017, serta referensi teori daya dukung tanah seperti dari Terzaghi, Meyerhof, atau Bowles.
- b. Fokus pengujian tanah lapangan pada uji Sondir
- c. Hanya menghitung dimensi pondasi K1 pada titik Tengah bangunan, dan K5 sebagai pondasi pinggir untuk menghitung eksentrisitas pada pondasi.



## **BAB II**

### **PENUTUP**

#### **2.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang dilakukan terhadap perencanaan pondasi telapak menggunakan data hasil uji sondir, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Jenis tanah pada lokasi proyek berdasarkan hasil uji sondir terdiri dari lapisan tanah lempung dan pasir dengan karakteristik fisik dan mekanik yang telah diketahui, seperti berat isi tanah, kadar air, kohesi, dan sudut gesek dalam.
2. Menggunakan titik sondir yang ditinjau, pondasi dapat diletakkan pada kedalaman 2,8 meter dengan permukaan tanah yang paling keras.
3. Dengan permukaan tanah paling keras dikedalaman 2,8 meter, dimensi pondasi pada K1 dan K5 adalah 1,1 x 1,1 meter dengan tebal pondasi pada K1 0,4 meter dan K5 0,3 meter.

#### **2.2 Saran**

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan tentang design pondasi yang tepat di Villa Amari Bali Ananta Canggu, berikut saran yang dapat diberikan:

1. Perlu dilakukan evaluasi ekonomi terhadap beberapa alternatif ukuran dan tipe pondasi guna mendapatkan desain yang paling efisien dari sisi teknis maupun biaya.
2. Dalam merencanakan pondasi telapak, perlu dilakukan analisis perbandingan antara beberapa metode perhitungan daya dukung tanah, seperti metode Meyerhof, dan Hansen, untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.
3. Apabila hasil uji sondir menunjukkan nilai kohesi rendah atau sudut geser dalam yang kecil, sebaiknya melakukan perkuatan tanah atau pemilihan pondasi alternatif, seperti pondasi dalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: BSN.
- [2] Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 8460:2017 – Perencanaan pondasi untuk rumah dan gedung*. Jakarta: BSN.
- [3] Bowles, J. E. (1997). *Foundation analysis and design* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- [4] Budhu, M. (2011). *Soil mechanics and foundations* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- [5] Das, B. M. (2011). *Principles of foundation engineering* (7th ed.). Stamford, CT: Cengage Learning.
- [6] Hardiyatmo, H. C. (2010). *Teknik pondasi 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [7] Lambe, T. W., & Whitman, R. V. (1969). *Soil mechanics*. New York: John Wiley & Sons.
- [8] Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1967). *Soil mechanics in engineering practice* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- [9] Tomlinson, M. J., & Woodward, J. (2015). *Foundation design and construction* (7th ed.). London: Routledge.
- [10] Coduto, D. P., Yeung, M. R., & Kitch, W. A. (2011). *Foundation design: Principles and practices* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.