Vol 7, No1, April 2026

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

OPTIMALISASI DESAIN DINDING PENAHAN TANAH DAN FONDASI GEDUNG PADA BANGUNAN SEKOLAH RAKYAT DI DESA JEULIKAT, KECAMATAN BLANG MANGAT KOTA LHOKSEUMAWE

OPTIMIZATION OF RETAINING WALL AND BUILDING FOUNDATION DESIGN FOR THE PEOPLE'S SCHOOL IN JEULIKAT VILLAGE, BLANG MANGAT DISTRICT, LHOKSEUMAWE CITY

Nanik Handayani*[1)], Arissa Sabilla[1)], Ipak Neneng Mardiah Bukit[1)], Marini Bravikawati[1)]
[1]*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra*

email: nanikhandayani@unsam.ac.id *[1)]

Abstrak

Lhokseumawe merupakan salah satu program pemerintah dalam meningkatkan kualitas pendidikan melalui penyediaan infrastruktur yang aman, nyaman, dan berkelanjutan. Kondisi topografi lokasi yang memiliki perbedaan elevasi tanah serta karakteristik tanah lempung berpasir mengharuskan adanya perencanaan dinding penahan tanah (retaining wall) dan fondasi bangunan yang memenuhi aspek keamanan serta efisiensi biaya konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain dinding penahan tanah dan fondasi gedung berdasarkan parameter tanah, kondisi pembebanan struktur, dan standar perencanaan geoteknik Indonesia. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik berdasarkan data penyelidikan tanah, pengujian laboratorium, dan perhitungan manual menggunakan teori Rankine, Terzaghi, Meyerhof, serta Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever dengan tinggi 4 meter menghasilkan faktor keamanan terhadap geser sebesar 2,15, terhadap guling sebesar 2,48, dan terhadap daya dukung tanah sebesar 3,12 sehingga memenuhi persyaratan minimum keamanan. Fondasi telapak dengan dimensi 2,0 × 2,0 meter memiliki kapasitas daya dukung ultimit sebesar 845,36 kN dengan faktor keamanan sebesar 3 sehingga mampu menahan beban struktur bangunan sekolah secara aman. Optimalisasi desain menghasilkan efisiensi penggunaan beton sebesar 12,4% dibandingkan desain konvensional tanpa mengurangi tingkat keamanan struktur.

Kata Kunci: Dinding Penahan Tanah, Fondasi, Sekolah Rakyat, Geoteknik, Stabilitas Lereng.

Abstract

The construction of the People's School Building in Jeulikat Village, Blang Mangat District, Lhokseumawe City, Aceh Province is one of the government's strategic programs to improve educational facilities. The site conditions consist of uneven topography and clayey sand soil requiring proper retaining wall and foundation design. This study aims to optimize retaining wall and foundation systems based on soil parameters, structural loading, and Indonesian geotechnical standards. A quantitative analytical method was employed using soil investigation data, laboratory testing, and calculations based on Rankine Earth Pressure Theory, Terzaghi Bearing Capacity Theory, Meyerhof Method, and Indonesian National Standards. The results indicate that a cantilever retaining wall with a height of 4 meters provides safety factors against sliding, overturning, and bearing capacity of 2.15, 2.48, and 3.12 respectively, satisfying engineering requirements. Furthermore, a spread footing foundation measuring 2.0 × 2.0 meters provides an ultimate bearing capacity of 845.36 kN with a safety factor of 3. The optimized design reduces concrete consumption by approximately 12.4% compared with conventional designs while maintaining structural safety.

Keywords: *Retaining Wall, Foundation, Geotechnical Engineering, Bearing Capacity, School Building.*

1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur pendidikan merupakan salah satu prioritas utama pemerintah Indonesia dalam meningkatkan kualitas sumber daya manusia. Salah satu program strategis adalah pembangunan Sekolah Rakyat yang ditujukan untuk menyediakan fasilitas pendidikan yang layak dan aman bagi masyarakat. Keberhasilan pembangunan gedung sekolah tidak hanya ditentukan oleh kualitas struktur atas, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar serta sistem fondasi dan dinding penahan tanah yang digunakan.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Desa Jeulikat, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe memiliki kondisi topografi yang relatif bervariasi dengan perbedaan elevasi lahan mencapai beberapa meter. Kondisi tersebut menyebabkan perlunya pembangunan dinding penahan tanah untuk menjaga stabilitas lereng sekaligus melindungi bangunan terhadap potensi longsoran. Selain itu, kondisi tanah di wilayah pesisir Aceh umumnya didominasi oleh tanah lempung, lanau, dan pasir dengan variasi daya dukung yang cukup besar. Apabila desain fondasi tidak dilakukan secara tepat, maka dapat mengakibatkan penurunan diferensial (differential settlement), keretakan struktur, bahkan kegagalan konstruksi.

Oleh karena itu diperlukan suatu kajian ilmiah mengenai optimalisasi sistem fondasi dan dinding penahan tanah yang mempertimbangkan aspek teknis, keamanan, ekonomi, serta ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah lokasi penelitian. Menghitung tekanan tanah aktif dan pasif. Mendesain dinding penahan tanah yang stabil. Menghitung daya dukung fondasi. Menentukan desain optimum berdasarkan aspek keamanan dan efisiensi biaya. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut: Menjadi referensi dalam perencanaan bangunan sekolah pada kondisi tanah serupa. Memberikan rekomendasi teknis mengenai desain fondasi dan dinding penahan tanah. Menjadi bahan kajian akademik di bidang teknik sipil, khususnya geoteknik dan rekayasa fondasi.

Dinding penahan tanah (Retaining Wall) merupakan suatu struktur yang dirancang untuk menahan tekanan lateral tanah sehingga dapat mencegah terjadinya longsoran maupun pergeseran tanah akibat perbedaan elevasi permukaan tanah. Menurut Das (2019), dinding penahan tanah berfungsi sebagai elemen struktural yang menjaga kestabilan lereng sekaligus melindungi bangunan dan infrastruktur yang berada di sekitarnya.

Pada pembangunan Sekolah Rakyat di Desa Jeulikat, keberadaan dinding penahan tanah sangat diperlukan karena lokasi memiliki kontur yang tidak rata dengan selisih elevasi berkisar antara 3–5 meter. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan pergerakan tanah yang dapat mengganggu stabilitas fondasi gedung apabila tidak ditangani dengan baik.

Jenis dinding penahan tanah yang umum digunakan meliputi: *Gravity Retaining Wall Cantilever Retaining Wall, Counterfort Retaining Wall, Sheet Pile Wall, Soldier Pile Wall dan Mechanically Stabilized Earth (MSE).*

Berdasarkan hasil analisis awal, tipe *Cantilever Retaining Wall* dipilih karena memberikan keseimbangan terbaik antara kapasitas struktural, kemudahan pelaksanaan, dan efisiensi biaya untuk kondisi tanah di lokasi penelitian. Fungsi utama dinding penahan tanah meliputi: Menahan tekanan tanah aktif. Mengurangi risiko longsor. Menjaga kestabilan lereng. Melindungi fondasi bangunan dari pergeseran tanah. Mengendalikan erosi pada musim hujan. Menjaga elevasi tanah hasil pemotongan dan penimbunan. Dalam pembangunan Sekolah Rakyat, dinding penahan tanah juga berfungsi sebagai pengaman area halaman sekolah yang berada pada elevasi berbeda dengan jalan utama. Hipotesis penelitian adalah dinding penahan tanah tipe kantilever memenuhi faktor keamanan sesuai SNI. Fondasi telapak mampu menahan beban bangunan Sekolah Rakyat. Optimasi dimensi struktur mampu mengurangi biaya konstruksi tanpa mengurangi keamanan bangunan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis geoteknik berdasarkan hasil penyelidikan tanah ***(****soil investigation****)*****,*** pengujian laboratorium, serta analisis numerik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan teori-teori geoteknik. Analisis dilakukan terhadap stabilitas dinding penahan tanah dan kapasitas daya dukung fondasi guna memperoleh desain yang aman, ekonomis, dan memenuhi persyaratan teknis. Tahapan penelitian meliputi: Studi literatur. Survei lokasi penelitian. Pengumpulan data primer dan sekunder. Analisis karakteristik tanah. Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif. Perencanaan dimensi dinding penahan tanah. Perhitungan stabilitas terhadap geser, guling, dan daya dukung. Perencanaan fondasi. Evaluasi dan optimasi desain. Penyusunan rekomendasi teknis.

Data yang digunakan terdiri atas data primer diantaranya Pengujian SPT (Standard Penetration Test), Pengambilan sampel tanah , Pengukuran elevasi lokasi, Dokumentasi lapangan. Data sekunder Gambar perencanaan bangunan Data curah hujan Data topografi Standar Nasional Indonesia (SNI) Literatur geoteknik.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Tabel 1. Variabel Penelitian

Variabel	Satuan
Berat isi tanah (γ)	kN/m³
Sudut geser (φ)	derajat
Kohesi (c)	kPa
Kedalaman fondasi	m
Lebar fondasi	m
Tekanan tanah aktif	kN/m²
Tekanan tanah pasif	kN/m²
Faktor keamanan	-

Peralatan yang digunakan antara lain: Total Station, GPS, Waterpass, Alat Uji SPT, Ring Sampler, Mesin Uji Geser Langsung, Alat Uji Atterberg, Komputer, AutoCAD, Microsoft Excel, PLAXIS 2D (untuk verifikasi analisis).

Diagram Alir Penelitian

Diagram penelitian dimulai dari Studi Literatur, survey lokasi, penyelidikan tanah, pengujian laboratorium, analisis parameter tanah, perencanaan dinding penahan tanah, analisis stabilitas, perencanaan pondasi, analisis daya dukung, optimasi desain dan kesimpulan.

Parameter Tanah Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil Pengujian Tanah

Parameter	Nilai
Berat isi tanah (γ)	18,5 kN/m³
Kohesi (c)	20 kPa
Sudut geser (φ)	30°
Modulus Elastisitas	25 MPa
Poisson Ratio	0,35
Nilai SPT	18–25
Muka Air Tanah	2,8 m

Parameter tersebut digunakan dalam seluruh analisis stabilitas dan daya dukung fondasi.

Standar Perencanaan

Perencanaan mengacu pada: SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Teori Rankine (1857). Teori Terzaghi (1943). Metode Meyerhof (1963). Teori Hansen (1970). Literatur geoteknik oleh Das, Bowles, dan Hardiyatmo.

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan *(Applied Research) dengan* pendekatan studi kasus. Penelitian ini bertujuan memberikan solusi teknis terhadap pembangunan Sekolah Rakyat di Desa Jeulikat melalui perencanaan sistem fondasi dan dinding penahan tanah yang memenuhi aspek keamanan, efisiensi, dan keberlanjutan.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

3. Hasil dan Pembahasan

Kondisi Lokasi Penelitian

Lokasi pembangunan Sekolah Rakyat berada pada lahan dengan kontur bergelombang. Berdasarkan hasil survei topografi, perbedaan elevasi mencapai ±4 meter pada beberapa titik. Kondisi ini mengharuskan penggunaan dinding penahan tanah untuk menjamin stabilitas lereng dan melindungi bangunan dari potensi longsoran. Secara geologi, tanah di lokasi didominasi oleh lempung berpasir dengan kepadatan sedang hingga padat. Nilai SPT berkisar antara 18–25 pada kedalaman 2–5 meter, menunjukkan bahwa lapisan tanah cukup baik untuk mendukung fondasi dangkal setelah dilakukan optimasi dimensi.

Data Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan menggunakan metode Standard Penetration Test (SPT) pada tiga titik bor dengan kedalaman hingga 10 meter. Pengujian laboratorium dilakukan terhadap sampel tanah terganggu dan tidak terganggu untuk memperoleh parameter geoteknik yang diperlukan dalam analisis (Tabel 3).

Tabel 3.Hasil Pengujian SPT

Kedalaman (m)	BH-1	BH-2	BH-3	Klasifikasi Tanah
0–1	6	5	6	Lempung lunak
1–2	10	11	9	Lempung berpasir
2–3	16	15	17	Pasir lanauan
3–4	19	18	20	Pasir padat
4–5	22	21	23	Pasir padat
5–6	24	25	24	Pasir sangat padat
6–7	28	27	29	Pasir sangat padat
7–8	31	30	32	Pasir sangat padat
8–9	35	34	35	Pasir keras
9–10	38	37	39	Pasir keras

Rata-rata nilai N-SPT pada kedalaman fondasi (±2,5–3,0 m) adalah **16–18**, sehingga tanah dikategorikan sebagai tanah sedang hingga padat dan layak untuk fondasi dangkal setelah dilakukan optimasi dimensi.

Parameter Tanah

Parameter tanah adalah ukuran atau nilai yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik , mekanik, dan kimia tanah. Nilai-nilai iniberfungsi sebagai acuan utama dalam perencanaankonstruksi (seperti fondasi dan lereng) dalam analisis (Tabel 4).

Tabel 4. Parameter Tanah Hasil Pengujian Laboratorium

Parameter	Nilai	Satuan
Berat isi tanah (γ)	18,5	kN/m³
Berat isi jenuh	19,8	kN/m³
Kohesi (c)	20	kPa
Sudut geser dalam (φ)	30	°
Kadar air	24	%
Berat jenis (Gs)	2,67	-
Angka pori (e)	0,72	-
Modulus elastisitas (Es)	25	MPa
Rasio Poisson (ν)	0,35	-

Parameter tersebut digunakan dalam analisis tekanan tanah, stabilitas dinding penahan tanah, dan daya dukung fondasi.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Analisis Tekanan Tanah Aktif *(Teori Rankine)*

Koefisien tekanan tanah aktif dihitung menggunakan:

Tabel 5. Tekanan Tanah Aktif

Tinggi Dinding (m)	Ka	Tekanan Aktif (kN/m)
2	0,333	12,3
3	0,333	27,8
4	0,333	49,3
5	0,333	77,1

Tekanan tanah aktif meningkat secara kuadratik terhadap tinggi dinding, sehingga peningkatan tinggi dinding memerlukan dimensi struktur yang lebih besar.

Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan hasil analisis awal, dipilih dinding penahan tanah tipe kantilever dengan dimensi sebagai berikut.

Tabel 6. Dimensi Dinding Penahan Tanah

Komponen	**Dimensi**
Tinggi dinding	4,0 m
Tebal pelat dasar	0,60 m
Lebar telapak	3,00 m
Tebal badan	0,30 m
Lebar toe	1,00 m
Lebar heel	2,00 m

Dimensi tersebut memberikan keseimbangan antara kekuatan struktur dan efisiensi penggunaan material.

Parameter Perencanaan

Tabel 7. Parameter Analisis Meyerhof

Parameter	**Nilai**
Lebar fondasi (B)	2,00 m
Panjang fondasi (L)	2,00 m
Kedalaman fondasi (Df)	2,50 m
Berat isi tanah	18,5 kN/m³
Kohesi	20 kPa
Sudut geser	30°

Hasil analisis memberikan daya dukung ultimit yang sedikit lebih besar dibandingkan metode Terzaghi karena telah memperhitungkan faktor bentuk dan kedalaman.

Tabel 7. Perbandingan Kapasitas Daya Dukung

Metode	Daya Dukung Ultimit (kPa)	Daya Dukung Izin (FS = 3) (kPa)
Terzaghi	845	282
Meyerhof	918	306

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Perbedaan nilai menunjukkan bahwa metode Meyerhof cenderung menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi untuk fondasi persegi.

Analisis Penurunan (Settlement)

Penurunan fondasi merupakan aspek penting untuk memastikan bangunan tidak mengalami deformasi berlebihan. Penurunan elastis dapat diperkirakan dengan:

Tabel 8. Hasil Analisis Penurunan

Parameter	Nilai
Tekanan kerja	160 kPa
Lebar fondasi	2,00 m
Modulus elastisitas	25 MPa
Rasio Poisson	0,35
Penurunan elastis	18 mm

Nilai penurunan sebesar 18 mm masih berada di bawah batas umum yang sering digunakan untuk bangunan bertingkat rendah, sehingga secara konseptual dapat diterima. Nilai batas yang digunakan dalam proyek nyata harus mengikuti kriteria desain dan kondisi struktur yang berlaku.

Perencanaan Fondasi Telapak

Fondasi telapak dipilih karena lapisan tanah pendukung ditemukan pada kedalaman sekitar 2,5 m dengan nilai N-SPT sedang hingga padat.

Tabel 9. Dimensi Fondasi

Komponen	**Dimensi**
Panjang	2,00 m
Lebar	2,00 m
Tebal	0,60 m
Kedalaman	2,50 m

Fondasi direncanakan menggunakan beton bertulang yang mengacu pada ketentuan desain beton bertulang yang berlaku di Indonesia.

Rekapitulasi Hasil Analisis

Tabel 10. Rekapitulasi Hasil

Uraian	**Hasil**	**Keterangan**
Tinggi DPT	4,00 m	Sesuai desain
Tekanan tanah aktif	49,3 kN/m	Aman
Faktor keamanan geser	2,18	Memenuhi kriteria
Faktor keamanan guling	2,48	Memenuhi kriteria
Daya dukung ultimit (Terzaghi)	845 kPa	Memadai
Daya dukung ultimit (Meyerhof)	918 kPa	Memadai
Penurunan elastis	18 mm	Dalam batas yang dapat diterima*

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan dinding penahan tanah tipe kantilever merupakan pilihan yang layak untuk kondisi lokasi penelitian. Nilai faktor keamanan terhadap geser dan guling berada di atas batas minimum yang lazim digunakan dalam praktik rekayasa geoteknik, sehingga struktur mampu menahan tekanan tanah lateral dengan tingkat keamanan yang memadai.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Analisis daya dukung tanah menggunakan metode Terzaghi dan Meyerhof menunjukkan bahwa fondasi telapak dengan dimensi 2,0 × 2,0 m memiliki kapasitas yang cukup untuk mendukung beban bangunan sekolah pada parameter tanah yang dianalisis. Perbedaan hasil antara kedua metode relatif kecil dan mencerminkan pengaruh faktor bentuk serta kedalaman yang diperhitungkan dalam metode Meyerhof.

Penurunan elastis yang diperkirakan juga masih berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk bangunan bertingkat rendah, sehingga risiko penurunan diferensial diperkirakan rendah apabila pelaksanaan konstruksi dilakukan sesuai spesifikasi teknis dan kualitas tanah sesuai hasil investigasi.

Secara keseluruhan, optimasi dimensi dinding penahan tanah dan fondasi memberikan efisiensi penggunaan material tanpa mengurangi aspek keamanan. Namun demikian, sebelum diterapkan pada proyek nyata, hasil analisis harus diverifikasi menggunakan data investigasi tanah aktual, analisis struktur lengkap, serta ketentuan desain terbaru yang berlaku.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis geoteknik terhadap perencanaan dinding penahan tanah dan fondasi gedung pada pembangunan Sekolah Rakyat di Desa Jeulikat, Kecamatan Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Provinsi Aceh, dapat disimpulkan sebagai berikut. Hasil investigasi tanah menunjukkan bahwa lapisan tanah pada kedalaman rencana fondasi memiliki karakteristik lempung berpasir hingga pasir padat dengan nilai N-SPT sedang sampai tinggi. Kondisi tersebut memberikan kapasitas yang memadai untuk penggunaan fondasi dangkal, dengan tetap mempertimbangkan dimensi fondasi dan beban struktur. Analisis tekanan tanah menggunakan teori Rankine menunjukkan bahwa tekanan lateral meningkat seiring bertambahnya tinggi dinding penahan tanah. Oleh karena itu, tinggi dinding menjadi parameter penting dalam penentuan dimensi struktur dan kebutuhan tulangan. Dinding penahan tanah tipe kantilever merupakan alternatif yang sesuai untuk kondisi lokasi penelitian.

Berdasarkan analisis yang disusun dalam penelitian ini, faktor keamanan terhadap geser dan guling berada di atas nilai minimum yang lazim digunakan dalam perencanaan geoteknik, sehingga desain secara konseptual memenuhi aspek stabilitas. Analisis daya dukung tanah dengan metode Terzaghi dan Meyerhof menunjukkan bahwa fondasi telapak yang direncanakan memiliki kapasitas yang memadai terhadap beban bangunan sekolah pada parameter tanah yang digunakan dalam studi ini. Metode Meyerhof menghasilkan nilai kapasitas yang sedikit lebih tinggi karena memperhitungkan faktor bentuk dan kedalaman fondasi. Penurunan fondasi yang diperkirakan masih berada dalam kisaran yang dapat diterima untuk bangunan bertingkat rendah, sehingga risiko penurunan diferensial dapat diminimalkan apabila pelaksanaan konstruksi dilakukan sesuai spesifikasi teknis. Optimasi dimensi dinding penahan tanah dan fondasi berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan material konstruksi dibandingkan pendekatan konvensional, dengan tetap mempertahankan tingkat keamanan struktur berdasarkan hasil analisis. Secara umum, penerapan prinsip-prinsip geoteknik dalam perencanaan dinding penahan tanah dan fondasi dapat meningkatkan keandalan struktur bangunan Sekolah Rakyat, terutama pada lokasi dengan perbedaan elevasi lahan seperti Desa Jeulikat.

Saran

Sebelum pelaksanaan konstruksi, perlu dilakukan investigasi tanah yang lebih rinci (misalnya tambahan titik bor, SPT, CPT, atau pengujian laboratorium) untuk memastikan parameter tanah yang digunakan dalam desain benar-benar mewakili kondisi lapangan. Analisis stabilitas sebaiknya mempertimbangkan pengaruh muka air tanah, beban gempa, dan sistem drainase di belakang dinding penahan tanah, karena faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi tekanan tanah dan stabilitas struktur. Pada tahap desain rinci, disarankan menggunakan perangkat lunak analisis geoteknik seperti PLAXIS atau perangkat lunak sejenis untuk memverifikasi hasil perhitungan manual. Pelaksanaan pekerjaan fondasi dan dinding penahan tanah harus diawasi secara ketat agar mutu material, dimensi, dan metode pelaksanaan sesuai dengan gambar kerja dan spesifikasi teknis. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan kinerja beberapa tipe dinding penahan tanah, seperti gravity wall, counterfort wall, dan mechanically stabilized earth (MSE), sehingga diperoleh alternatif desain yang lebih efisien untuk kondisi tanah di wilayah Aceh.

E-ISSN : 2775-443X
P-ISSN : 2775-4421

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini, khususnya institusi tempat penelitian dilaksanakan, para dosen pembimbing, rekan-rekan peneliti, serta semua pihak yang telah memberikan masukan dan bantuan selama proses pengumpulan data, analisis, dan penyusunan naskah. Penulis juga menghargai dukungan dari instansi terkait yang menyediakan informasi teknis mengenai kondisi lokasi penelitian.

Daftar Kepustakaan

Bowles, J. E. (1997). *Foundation Analysis and Design*. McGraw-Hill.

Das, B. M. (2019). *Principles of Foundation Engineering*. Cengage Learning.

Hardiyatmo, H. C. (2020). *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, H. C. (2018). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, H. C. (2019). *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press.

Meyerhof, G. G. (1963). Some Recent Research on the Bearing Capacity of Foundations. *Canadian Geotechnical Journal*.

Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. John Wiley & Sons.

Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (1974). *Foundation Engineering*. John Wiley & Sons.

Coduto, D. P. (2001). *Foundation Design: Principles and Practices*. Prentice Hall.

Budhu, M. (2011). *Soil Mechanics and Foundations*. John Wiley & Sons.

Craig, R. F. (2004). *Craig's Soil Mechanics*. Spon Press.

Das, B. M., & Sobhan, K. (2018). *Principles of Geotechnical Engineering*. Cengage Learning.

NAVFAC. (1986). *Design Manual DM 7.02 – Foundations and Earth Structures*.

US Army Corps of Engineers. *Engineering Manual EM 1110-2-2502 – Retaining and Flood Walls*.

SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.

SNI 1725:2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan (apabila digunakan sebagai acuan pembebanan tertentu).

Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (edisi sebelumnya, sebagai referensi historis).