STRUCTURE
JURNAL SIPIL

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

ANALISIS PERKUATAN TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN MAKADAM DAN SIRTU PADA AKSES JALAN PERUMAHAN CITRA GARDEN BINTARO TANGERANG SELATAN

Taufik Iswahyudin[1],**Hafiz Abdillah**[2*],**Dine Agustine**[3]
[1,2] Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh-Yusuf, [3]Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Islam Syekh-Yusuf
Jl. Maulana Yusuf No. 10, RT.001/RW.003, Babakan, Kec. Tangerang, Tangerang, Banten
[*]Co Responden Email: hafiz.abdillah@unis.ac.id

Abstrak

Tanah lempung sering kali memiliki daya dukung yang rendah dan karakteristik teknis yang kurang baik, sehingga menjadi salah satu tantangan dalam pembangunan konstruksi jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perkuatan menggunakan makadam dan sirtu terhadap peningkatan nilai kuat tekan bebas, kuat geser, dan California Bearing Ratio (CBR) pada tanah lempung. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Perumahan Citra Garden Bintaro Blok B, Jalan Merpati Raya, Kelurahan Sawah Lama, Kecamatan Ciputat, Kota Tangerang Selatan, Banten. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian karakteristik fisik tanah serta pengujian kuat tekan bebas (Unconfined Compressive Strength/UCS), kuat geser, dan CBR pada tanah asli maupun tanah yang telah diperkuat. Perkuatan dilakukan dengan menggunakan lapisan makadam setebal 25 cm yang dikombinasikan dengan lapisan sirtu setebal 20 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan makadam dan sirtu mampu meningkatkan karakteristik mekanis tanah lempung, yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai kuat tekan bebas, kuat geser, dan CBR dibandingkan variasi perkuatan lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan makadam dan sirtu merupakan alternatif yang efektif untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah lempung sebagai tanah dasar pada konstruksi jalan.
***Kata kunci**: tanah lempung, makadam, sirtu, kuat geser, CBR*

Abstract

Clay soil is often associated with low bearing capacity and poor engineering performance, making it one of the main challenges in road construction. This study aims to evaluate the effect of soil reinforcement using macadam and a sand-gravel mixture (sirtu) on the unconfined compressive strength, shear strength, and California Bearing Ratio (CBR) of clay soil. The soil samples were collected from Citra Garden Bintaro Housing Block B, Merpati Raya Street, Sawah Lama, Ciputat District, South Tangerang City, Banten, Indonesia. The research involved testing the physical characteristics of the soil, followed by Unconfined Compressive Strength (UCS), shear strength, and CBR tests on both natural and reinforced soil specimens. The reinforcement system consisted of a 25 cm thick macadam layer combined with a 20 cm thick sirtu layer. The results showed that the addition of macadam and sirtu improved the mechanical properties of the clay soil, resulting in higher UCS, shear strength, and CBR values compared to the other reinforcement variations. These findings indicate that the use of macadam and sirtu is an effective approach for enhancing the stability and bearing capacity of clay soil as a road subgrade material.
***Keywords**: clay soil, macadam, sand-gravel mixture (sirtu), shear strength, CBR*

I. PENDAHULUAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbaikan stabilitas tanah lempung di akses jalan Perumahan Citra Garden Bintaro, Tangerang Selatan, yang memiliki sifat kembang-susut akibat perubahan kadar air sehingga berpotensi menurunkan daya dukung jalan (Hardiyatmo, 1992; Das, 2019). Untuk mengatasinya digunakan bahan stabilisasi

STRUCTURE
JURNAL SIPIL

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

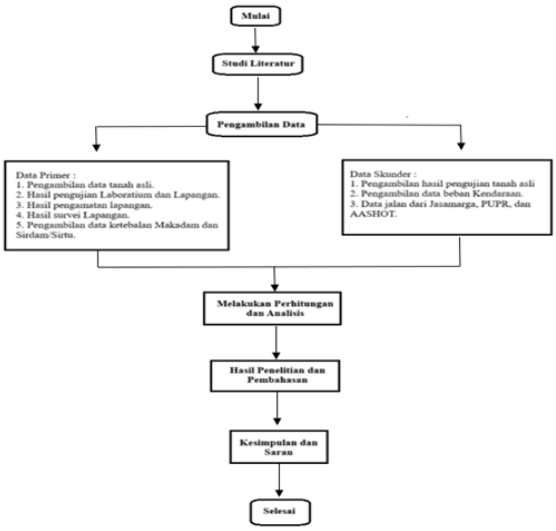
berupa Makadam dan Sirtu, dengan tujuan mengetahui pengaruh campuran tersebut terhadap sifat fisik, kuat tekan bebas, dan kuat geser tanah lempung (Hardiyatmo, 2015; Sukirman, 2010).

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada sampel tanah di akses jalan gerbang Blok B dengan standar uji AASHTO, SNI, dan ASTM (AASHTO, 2012; ASTM D2166, 2019; ASTM D1883, 2018). Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Mengidentifikasi sifat fisik dan mekanis tanah di lokasi penelitian.
2. Menentukan kebutuhan volume Makadam dan Sirtu untuk memperoleh stabilisasi yang optimal.
3. Memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan ilmu geoteknik serta manfaat praktis berupa rekomendasi teknis untuk konstruksi jalan pada tanah lempung ekspansif.

II. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini dirancang untuk mengkaji pengaruh penambahan Makadam dan Sirtu terhadap kuat tekan bebas dan kuat geser tanah lempung pada akses jalan Perumahan Citra Garden Bintaro, Tangerang Selatan. Rangkaian tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian (hasil analisis)

Penelitian yang dilakukan terdiri dari 3 pengujian, di antaranya:

1. Pengujian berat jenis tanah lempung
2. *Unconfined Compression Test* (Uji Kuat Tekan Bebas).
3. *Direct Shear Test* (Uji Geser Langsung)
4. Uji CBR di 6 titik dengan jarak 50m

Penelitian dilakukan di jalan akses Perumahan Citra Garden Bintaro Blok B dan dalam jangka waktu 3 bulan (Desember 2024 – Februari 2025). Gambar 2 di bawah adalah lokasi tempat penelitan dilakukan.

Pada awal penelitian dilakukan perhitungan berat jenis tanah lempung yang ada di lapangan, kemudian dilakukan penilaian kelayakan berat jenis tanah terhadap penggunannya sebagai tanah dasar jalan (*subgrade*) (Kementerian PUPR, 2017; Sukirman, 1999). Apabila tanah lempung tersebut dinilai tidak layak digunakan sebagai tanah dasar jalan, maka perlu adanya stabilitas tanah terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai tanah dasar.

Selanjutnya dilakukan percobaan perkuatan tanah dasar dengan menggunakan makadam dan sirtu.



Gambar 2. Lokasi Penelitian (hasil analisis)

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

Pada Tabel 1 di bawah ini menyajikan uji berat jenis tanah lempung sebagai tanah dasar jalan. Tanah yang diambil untuk pengeujian berat jenis tanah sebanyak 3 sampel.

Tabel 1 Hasil pengujian Berat Jenis Tanah

No. Uji	Berat Jenis (Gs) (g/cm^3)	Berat Jenis Rata-rata (Gs) (g/cm^3)
1	2.38	
2	2.37	2.37
3	2.38	

Sumber.Hasil Analisis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi penelitian memiliki nilai berat jenis rata-rata (Gs) sebesar 2.37g/cm³. Nilai tersebut berada di bawah rentang berat jenis tanah mineral pada umumnya yang berkisar antara 2.50-2.80 gr/cm³ (Das, 2019; Bowles, 1997), sehingga mengindikasikan bahwa tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh material berbutir halus dengan karakteristik lempung yang memiliki daya dukung relatif rendah (Hardiyatmo, 1992; Terzaghi et al., 1996).

Kondisi tersebut menjadi perhatian penting dalam konstruksi jalan karena tanah lempung memiliki sifat mudah mengalami perubahan volume akibat fluktuasi kadar air (Das, 2019; Hardiyatmo, 2002). Pada musim hujan tanah cenderung mengembang, sedangkan pada musim kemarau mengalami penyusutan (Hardiyatmo, 1992). Perubahan volume ini berpotensi menyebabkan deformasi pada struktur perkerasan jalan seperti penurunan, retak, maupun gelombang permukaan (Sukirman, 1999; Kementerian PUPR, 2017).

Berdasarkan kondisi tersebut, tanah asli dinilai belum memenuhi kriteria yang memadai sebagai tanah dasar (subgrade) sehingga diperlukan upaya perbaikan melalui penambahan lapisan perkuatan berupa makadam dan sirtu untuk meningkatkan kapasitas dukung tanah (Hardiyatmo, 2015; Mochtar, 2000).

Pada penelitian ini, digunakan 2 jenis variasi campuran makadam dan sirtu, Variasi 1: 15cm makadam dengan 20cm sirtu, Variasi 2: 25cm makadam dengan 20cm sirtu.

3.2 Pengujian Pemadatan Tanah

Hasil pengujian Proctor Standard menunjukkan bahwa penambahan makadam dan sirtu memberikan pengaruh terhadap karakteristik pemadatan tanah (ASTM D1557, 2018; SNI 1742:2022). Nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dan berat isi kering maksimum mengalami peningkatan seiring bertambahnya ketebalan material perkuatan (Das, 2019).

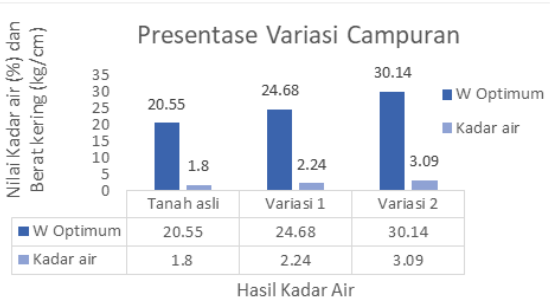
Menurut Bowles (1997) dan Hardiyatmo, (2002), fenomena ini menunjukkan bahwa material granular berupa makadam dan sirtu mampu memperbaiki susunan butiran tanah sehingga rongga-rongga di dalam tanah menjadi lebih kecil dan proses pemadatan berlangsung lebih efektif. Dengan meningkatnya kepadatan tanah, distribusi beban yang diterima oleh lapisan perkerasan menjadi lebih merata (Sukirman, 2010; Kementerian PUPR, 2017), sehingga potensi terjadinya penurunan diferensial dapat diminimalkan.

Secara praktis, kondisi tersebut memberikan keuntungan pada konstruksi jalan karena lapisan tanah dasar yang lebih padat akan memiliki deformasi yang lebih kecil saat menerima beban kendaraan (Terzaghi et al., 1996).

Pada Gambar 3 dapat dilihat hasil tes proctor terhadap tingkat kepadatan tanah.

STRUCTURE
JURNAL SIPIL

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Pemadatan (Proctor Standard) (hasil analisis)

Dari hasil uji pemadatan standar campuran tanah lempung yang telah di variasikan oleh makadam dan sirtu diperoleh peningkatan nilai kadar air optimum (OMC) dan berat kering (yd) maksimum.

3.3 Pengujian Kuat Tekan Bebas

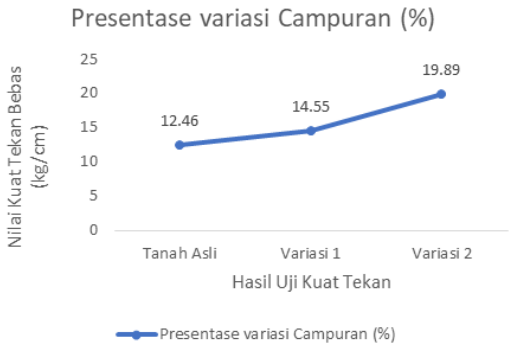
Pengujian kuat tekan bebas menunjukkan adanya peningkatan kemampuan tanah dalam menahan beban aksial setelah dilakukan perkuatan (ASTM D2166, 2019; Das, 2019).

Pada Tabel 2 dan Gambar 3 di bawah, pengujian kuat tekan bebas Variasi 2 memiliki nilai lebih besar bila dibandingkan dengan variasi 1 dan tanah asli lempung.

Tabel 2 Hasil pengujian kuat tekan bebas

Pengujian	Kuat Tekan (kg/cm^2)
Tanah Asli (Lempung)	12.46
Variasi 1	14.55
Variasi 2	19.89

Sumber.Hasil Analisis



Gambar 4. Grafik hasil pengujian kuat tekan bebas (hasil analisis)

Dari hasil tersebut terlihat bahwa Variasi 2 memberikan peningkatan kuat tekan sebesar sekitar 59.63% dibandingkan tanah asli.

Peningkatan ini menunjukkan bahwa lapisan makadam berfungsi sebagai kerangka granular yang mampu menyebarkan beban secara lebih efektif (Sukirman, 2010; Hardiyatmo, 2015), sedangkan sirtu membantu mengisi rongga antar agregat sehingga tercipta struktur yang lebih padat dan stabil (Bowles, 1997). Dengan demikian, tanah yang semula memiliki keterbatasan daya dukung dapat ditingkatkan performanya sehingga lebih layak digunakan sebagai tanah dasar jalan (Mochtar, 2000; Hardiyatmo, 2015).

3.4 Pengujian Kuat Geser

Kuat geser merupakan parameter penting yang menggambarkan kemampuan tanah dalam menahan gaya horizontal atau gaya yang menyebabkan kelongsoran (Terzaghi et al., 1996; Das, 2019).

Pada Tabel 3 menjelaskan hasil pengujian kuat geser tanah.

Tabel 3 Hasil pengujian kuat geser

Pengujian	Kuat Geser (kg/cm^2)	Kuat Rata-Rata (kg/cm^2)
Variasi 1	Titik 1: 1.05 Titik 2: 1.10 Titik 3: 1.20 Titik 4: 1.04 Titik 5: 1.08 Titik 6: 1.09	1.09
Variasi 2	Titik 1: 1.32 Titik 2: 1.33 Titik 3: 1.34 Titik 4: 1.32 Titik 5: 1.33 Titik 6: 1.33	1.33

Sumber.Hasil Analisis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Variasi 1 menghasilkan nilai kuat geser

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

berkisar antara 1.04-1.20 kg/cm², sedangkan Variasi 2 menghasilkan nilai kuat geser berkisar antara 1.32-1.34 kg/cm².

Rata-rata kuat geser Variasi 2 meningkat sekitar 22% dibandingkan Variasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan ketebalan makadam mampu meningkatkan interlocking antar agregat sehingga tahanan geser menjadi lebih besar (Bowles, 1997; Hardiyatmo, 2002).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hermawan et al. (2015) yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan dan perbaikan struktur tanah berpengaruh terhadap kenaikan kuat geser tanah. Demikian pula Pratama et al. (2015) menemukan bahwa material granular yang dicampurkan pada tanah lempung dapat meningkatkan kuat tekan bebas secara signifikan.

Dalam aplikasi lapangan, peningkatan kuat geser tersebut sangat penting karena akan mengurangi risiko deformasi permanen, amblas, maupun kerusakan perkerasan akibat beban lalu lintas berulang (Sukirman, 1999; Kementerian PUPR, 2017).

3.5 Pengujian CBR

Nilai *California Bearing Ratio* (CBR) digunakan sebagai indikator utama dalam menentukan kualitas daya dukung tanah untuk konstruksi jalan (ASTM D1883, 2018; Sukirman, 2010). Tabel 4 menjelaskan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 4 Hasil pengujian CBR

Pengujian	Nilai Rate (%)	CBR Rata-Rata (%)
Variasi 1	Titik 1: 84.77	85.25
	Titik 2: 84.44	
	Titik 3: 87.44	
	Titik 4: 86.10	
	Titik 5: 83.43	
	Titik 6: 85.32	
Variasi 2	Titik 1: 92.45	92.63
	Titik 2: 91.33	
	Titik 3: 92.55	
	Titik 4: 92.22	
	Titik 5: 93.11	
	Titik 6: 94.11	

Sumber.Hasil Analisis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Variasi 2 menghasilkan nilai CBR tertinggi yaitu 92.63%, lebih besar dibandingkan Variasi 1 sebesar 85.25%.

Peningkatan nilai CBR mengindikasikan bahwa lapisan perkuatan mampu meningkatkan kapasitas dukung tanah secara signifikan (Hardiyatmo, 2015; Das, 2019). Nilai tersebut menunjukkan bahwa tanah yang sebelumnya memiliki karakteristik lemah telah berubah menjadi lapisan yang lebih stabil dan lebih siap menerima beban kendaraan (Kementerian PUPR, 2017; Mochtar, 2000).

Dengan kata lain, penggunaan makadam setebal 25 cm dan sirtu 20 cm mampu memberikan fondasi yang lebih kokoh dibandingkan variasi yang lebih tipis.

Temuan penelitian ini juga mendukung hasil penelitian Fahman et al. (2021) dan Yuliani et al. (2022) yang menunjukkan bahwa perbaikan struktur tanah melalui penambahan material granular mampu meningkatkan kapasitas dukung tanah yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai CBR dan kuat geser.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan makadam dan sirtu terhadap tanah lempung pada akses jalan Perumahan Citra Garden Bintaro Tangerang Selatan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian berat jenis tanah menunjukkan nilai rata-rata sebesar 2.37 gr/cm³, yang mengindikasikan bahwa tanah dasar termasuk tanah lempung dengan karakteristik daya dukung relatif rendah sehingga kurang memenuhi persyaratan sebagai lapisan tanah dasar tanpa perbaikan terlebih dahulu.

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

2. Perkuatan menggunakan makadam dan sirtu terbukti mampu meningkatkan kualitas mekanis tanah melalui peningkatan kepadatan, stabilitas, serta kemampuan tanah dalam menerima beban lalu lintas.
3. Hasil pengujian kuat tekan bebas menunjukkan peningkatan dari 12.46 kg/cm² pada tanah asli menjadi 14.55 kg/cm² pada Variasi 1 dan meningkat menjadi 19.89 kg/cm² pada Variasi 2. Hasil ini menunjukkan bahwa ketebalan makadam yang lebih besar memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan daya dukung tanah
4. Hasil pengujian kuat geser menunjukkan bahwa Variasi 2 memiliki nilai kuat geser rata-rata lebih tinggi dibandingkan Variasi 1, yang mengindikasikan peningkatan ketahanan tanah terhadap gaya geser dan potensi deformasi
5. Nilai CBR rata-rata meningkat dari 85.25% pada Variasi 1 menjadi 92.63% pada Variasi 2. Peningkatan ini menunjukkan bahwa lapisan makadam dan sirtu mampu memperbaiki kinerja tanah dasar sehingga memenuhi kebutuhan konstruksi jalan yang lebih stabil dan tahan terhadap beban kendaraan
6. Variasi dengan makadam setebal 25 cm dan sirtu setebal 20 cm merupakan konfigurasi yang paling efektif karena menghasilkan nilai kuat tekan, kuat geser, dan CBR tertinggi dibandingkan variasi lainnya
7. Secara keseluruhan dapat dinyatakan bahwa tanah lempung pada lokasi penelitian tidak direkomendasikan digunakan secara langsung sebagai tanah dasar jalan. Oleh karena itu diperlukan perkuatan menggunakan lapisan makadam dan sirtu. Perkuatan dengan makadam 25 cm dan sirtu 20 cm terbukti mampu meningkatkan daya dukung tanah secara signifikan sehingga layak diterapkan sebagai solusi perbaikan tanah dasar pada akses Jalan Perumahan Citra Garden Bintaro.

V. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO, 2012, *Standard Specifications for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes (M145-91)*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC.

ASTM International, 2018, *ASTM D1557 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort*, ASTM International, Pennsylvania.

ASTM International, 2018, *ASTM D1883 Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*, ASTM International, Pennsylvania.

ASTM International, 2019, *ASTM D2166 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*, ASTM International, Pennsylvania.

Bowles, J.E., 1997, *Foundation Analysis and Design*, Ed.5, McGraw-Hill, New York.

Das, B.M., 2019, *Principles of Geotechnical Engineering*, Ed.9, Cengage Learning, Boston.

Fahman, D., Faisal, A. dan Rustamaji, R.M., 2021, Korelasi kuat tekan bebas dengan kuat geser pada tanah lunak yang dimodifikasi dengan variasi campuran pasir Kota Pontianak, *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil dan Tambang*, No.3, Vol.8.

Hardiyatmo, H.C., 1992, *Mekanika Tanah I*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah II*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2015, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hermawan, M.I., Afriani, L. dan Iswan, 2015, Korelasi kuat tekan bebas dengan kuat geser langsung pada tanah lempung yang dicampur

STRUCTURE TEKNIK SIPIL
Volume 08, No.01 , Maret 2026, Halaman 43-49
e-ISSN: 2580-3824

zeolit, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, No.1, Vol.3, Hal.103-116.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017, *Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 04/SE/Db/2017*, Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.

Mochtar, I.B., 2000, *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah*, Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pratama, A.W., Iswan dan Jafri, M., 2015, Korelasi kuat tekan dengan kuat geser pada tanah lempung yang distabilisasi dengan variasi campuran pasir, *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, No.1, Vol.3, Hal.157-170.

SNI 1742:2022, 2022, *Metode Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

SNI 1964:2008, 2008, *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

SNI 2828:2011, 2011, *Metode Pengujian Kepadatan Lapangan dengan Alat Konus Pasir*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.

Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Sukirman, S., 2010, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Nova, Bandung.

Taufik, 2025, *Analisis Pengaruh Perkuatan Makadam dan Sirtu terhadap Daya Dukung Tanah Lempung pada Akses Jalan Perumahan Citra Garden Bintaro Tangerang Selatan*, *Skripsi*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang, Tangerang.

Terzaghi, K., Peck, R.B. dan Mesri, G., 1996, *Soil Mechanics in Engineering Practice*, Ed.3, John Wiley & Sons, New York.

Yuliani, P., Purwandito, M. dan Lydia, E.N., 2022, Perbandingan kuat tekan dan kuat geser pada tanah lempung dengan variasi campuran pasir pantai dan pasir sungai, *Jurnal Bisnis, Sosial dan Teknologi*, No.1, Vol.12.

Yunus, I. dan Annisa, H., 2023, Analisis pengaruh kuat tekan dan kuat geser sampel kering optimum dan basah optimum pada tanah lempung, *JTEKSIL*, No.2, Vol.1, Hal.49-57