

Analisis Pengaruh Karakteristik Fisis dan Mekanis Tanah Dasar terhadap Kerusakan Perkerasan Lentur pada Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang, Kabupaten Pasaman Barat

Wecori Nanda, Hendri Nofrianto, Novy Haryati*, Meli Muchlian & Muhammad Ridwan

Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Padang, Indonesia

Current affiliation:

Novy Haryati saat ini berada di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Adzkia

Email: novy.haryati@gmail.com

Dikirim: 16 Oktober 2024

Direvisi: 24 Mei 2026

Diterima: 26 Mei 2026

ABSTRAK

Kerusakan perkerasan jalan sering dipengaruhi oleh kondisi tanah dasar yang memiliki daya dukung rendah. Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang di Kabupaten Pasaman Barat mengalami kerusakan berupa retak dan penurunan permukaan meskipun telah dilakukan perbaikan perkerasan. Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik fisis dan mekanis tanah dasar serta pengaruhnya terhadap kerusakan perkerasan lentur. Investigasi lapangan dilakukan menggunakan *Hand Auger Boring* pada STA 0+500 hingga STA 0+900, dilanjutkan dengan pengujian laboratorium meliputi kadar air, berat jenis, analisis saringan, batas Atterberg, dan uji triaxial. Hasil penelitian menunjukkan kadar air rata-rata sebesar 54,19%, nilai berat jenis (G_s) 2,34, dan persentase lolos saringan No. 200 sebesar 79,17%. Nilai *Liquid Limit* (LL) sebesar 51,02% dan *Plasticity Index* (PI) sebesar 5,42 mengindikasikan tanah tergolong lanau inorganik (ML) berdasarkan klasifikasi USCS. Hasil uji triaxial menunjukkan nilai kohesi rata-rata 4,69 kPa dan sudut geser dalam (ϕ) 2,75°, yang menandakan kuat geser tanah sangat rendah. Kondisi tersebut menyebabkan tanah dasar rentan mengalami deformasi dan penurunan sehingga berkontribusi terhadap kerusakan perkerasan jalan.

Kata kunci: tanah dasar, tanah lunak, perkerasan lentur, uji triaxial, kerusakan jalan

1. PENDAHULUAN

Perkembangan infrastruktur jalan memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat dan pertumbuhan ekonomi wilayah. Perkerasan jalan yang baik harus mampu menyalurkan beban lalu lintas secara aman ke lapisan tanah dasar (subgrade). Tanah dasar merupakan elemen utama yang memengaruhi stabilitas dan umur layanan perkerasan jalan karena seluruh beban kendaraan pada akhirnya diteruskan ke lapisan tanah tersebut (Bowles, 1996). Oleh karena itu, karakteristik tanah dasar perlu diperhatikan secara menyeluruh pada tahap perencanaan maupun evaluasi kerusakan jalan. Tanah dengan daya dukung rendah, kadar air tinggi, dan kuat geser kecil berpotensi menyebabkan deformasi, penurunan diferensial, serta retak pada lapisan perkerasan jalan.

Kerusakan perkerasan jalan pada tanah lunak masih menjadi permasalahan utama di berbagai daerah di Indonesia, khususnya di wilayah dengan curah hujan tinggi dan kondisi tanah yang jenuh air. Tanah lunak umumnya memiliki permeabilitas rendah, kompresibilitas tinggi, serta daya dukung rendah sehingga rentan mengalami penurunan dan deformasi permanen pada struktur jalan (Syahril et al., 2022). Selain itu, perubahan kadar air yang tinggi pada tanah dasar dapat menyebabkan penurunan tegangan efektif tanah dan mempercepat kerusakan perkerasan lentur berupa retak, amblas, dan deformasi permukaan jalan (Fadhilah et al., 2025; Hardiyatmo, 2019).

Beberapa penelitian menyatakan bahwa karakteristik tanah dasar memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja perkerasan jalan. bahwa tanah lanau dan lempung dengan kadar air tinggi memiliki sensitivitas besar terhadap pembebanan lalu lintas berulang sehingga menyebabkan penurunan daya dukung tanah dasar (Maizir et al., 2024; Ningsih et al., 2021). Penelitian Setiawan et al. (2024) pada ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang menunjukkan bahwa tanah dasar berbutir halus dengan nilai plastisitas tertentu menyebabkan penurunan kinerja struktur perkerasan jalan. Iskandar et al. (2023) menjelaskan bahwa tanah lempung lunak memiliki kapasitas dukung yang rendah sehingga diperlukan stabilisasi tanah untuk meningkatkan kekuatan dan kelayakan tanah dasar pada konstruksi jalan. Titu-Eki dan Dethan (2023) menjelaskan bahwa tanah lempung dengan kadar air tinggi mengalami penurunan kuat geser secara signifikan sehingga berpotensi menurunkan stabilitas tanah dasar. Selain itu, Revin dan Prihatiningsih (2024) menggunakan pengujian triaxial untuk menganalisis hubungan parameter kuat geser tanah dan nilai N-SPT pada investigasi geoteknik tanah.

Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang di Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu ruas jalan yang mengalami kerusakan berupa retak dan penurunan permukaan meskipun telah dilakukan peningkatan badan jalan menggunakan perkerasan lentur dan bahu beton. Berdasarkan observasi lapangan, kerusakan terjadi pada beberapa segmen jalan yang berada pada kondisi tanah lunak dengan indikasi kadar air tinggi. Kondisi kerusakan di lapangan ditunjukkan dengan adanya retak permukaan, deformasi lokal, dan penurunan badan jalan yang mengindikasikan rendahnya stabilitas tanah dasar. Dokumentasi investigasi lapangan dipaparkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Investigasi tanah dasar menggunakan Hand Auger Boring pada STA 0+500 di Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang, Kabupaten Pasaman Barat.

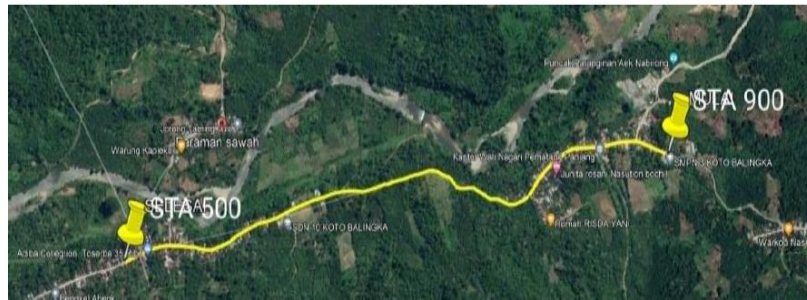
Kajian mengenai karakteristik tanah dasar juga telah dilakukan menggunakan beberapa metode pengujian geoteknik. Revin dan Prihatiningsih (2024) menggunakan pengujian triaksial untuk menganalisis hubungan parameter kuat geser dan nilai N-SPT pada proyek di Ciawi. Titu-Eki dan Dethan (2023) meneliti korelasi sifat fisik dan mekanis tanah lempung Bobonaro di Timor dan menunjukkan bahwa kadar air tinggi menyebabkan penurunan kuat geser tanah secara signifikan. Tania and Wulandari (2024) mengevaluasi karakteristik kuat geser tanah menggunakan pengujian triaxial dan direct shear serta menunjukkan adanya perbedaan nilai kohesi dan sudut geser berdasarkan kondisi pengujian tanah menggunakan kombinasi pengujian triaxial dan direct shear untuk mengevaluasi karakteristik tanah dasar pada proyek konstruksi di Kalimantan Timur. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait karakteristik tanah dasar, sebagian besar kajian masih berfokus pada parameter kuat geser, stabilisasi tanah, dan klasifikasi tanah secara parsial. Kajian yang mengintegrasikan karakteristik fisis dan mekanis tanah dasar terhadap kerusakan perkerasan lentur pada kondisi lapangan nyata masih relatif terbatas, khususnya pada tanah lunak dengan kadar air tinggi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik fisis dan mekanis tanah dasar serta pengaruhnya terhadap kerusakan perkerasan lentur pada Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang Kabupaten Pasaman Barat. Analisis dilakukan melalui pengujian parameter sifat fisis tanah meliputi kadar air, berat jenis, analisis saringan, dan batas Atterberg, serta parameter mekanis tanah menggunakan uji triaxial guna mengevaluasi kondisi daya dukung dan kuat geser tanah dasar terhadap kerusakan jalan yang terjadi.

2. METODE PENELITIAN

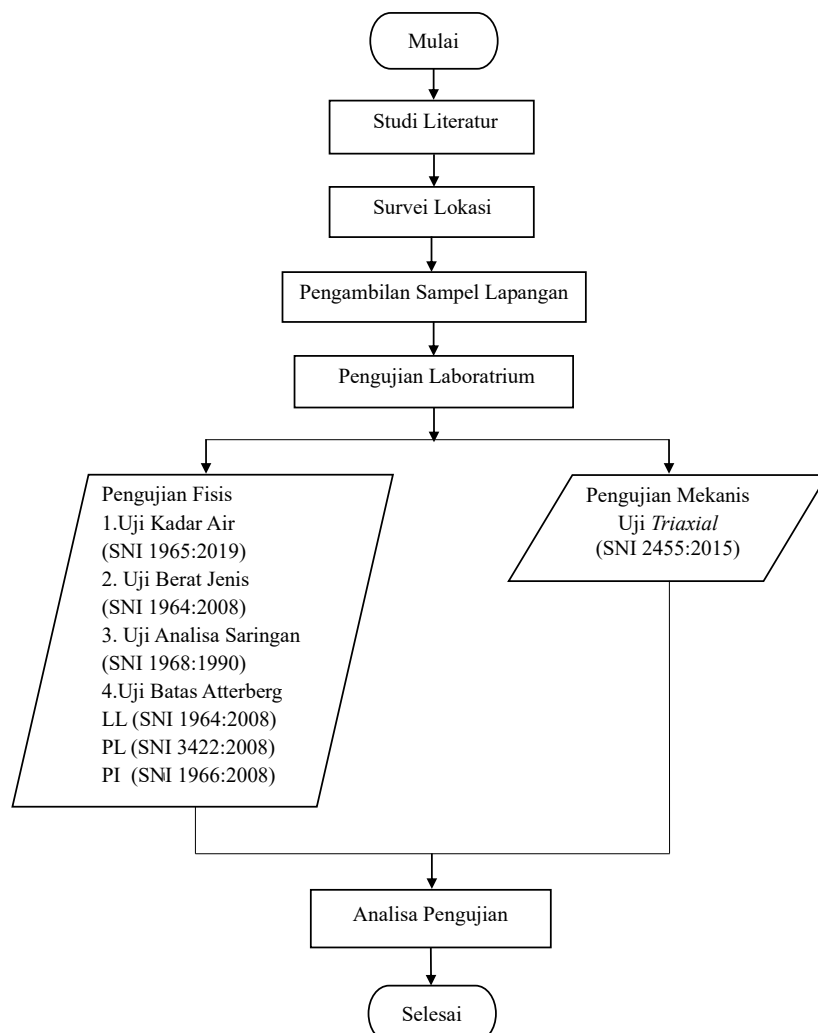
Lokasi penelitian berada pada Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang, Kabupaten Pasaman Barat, dengan panjang segmen penelitian dari STA 0+500 hingga STA 0+900. Pengambilan sampel dilakukan pada 9 titik dari total 26 titik pengamatan dengan interval setiap 50 meter. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Secara topografi, daerah penelitian ini berada pada kawasan bergelombang hingga berbukit yang termasuk bagian dari jalur Pegunungan Bukit Barisan. Bentang alam wilayah ini dipengaruhi oleh aktivitas vulkanik, tektonik, dan proses sedimentasi aluvial sehingga membentuk dataran aluvial dan kipas aluvial pada beberapa segmen wilayah (Lumbanbatu, 2009).

STA 0+500–0+900 dipilih sebagai lokasi penelitian berdasarkan hasil survei lapangan awal yang menunjukkan bahwa segmen tersebut mengalami tingkat deformasi dan kerusakan perkerasan paling dominan dibandingkan segmen lainnya. Kerusakan yang ditemukan berupa retak dan penurunan lokal pada badan jalan. Selain itu, segmen ini berada pada kondisi tanah dasar dengan indikasi kadar air tinggi dan dominasi tanah berbutir halus, sehingga dianggap representatif untuk menganalisis hubungan karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan perkerasan lentur.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2024)

Pengujian tanah dasar dilakukan untuk mengetahui jenis dan karakteristik tanah pada lokasi penelitian. Pengujian lapangan dilakukan menggunakan metode *Hand Auger Boring* Metode *Hand Auger Boring* digunakan untuk memperoleh data kondisi tanah, jenis tanah, serta karakteristik lapisan tanah melalui pengambilan sampel hingga kedalaman 3 meter. Sampel tanah yang diambil terdiri dari *disturbed sample* untuk pengujian sifat fisis tanah dan *undisturbed sample* untuk pengujian mekanis menggunakan uji triaxial, sehingga parameter kuat geser tanah yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi tanah asli di lapangan. Pengujian dilakukan dengan menentukan titik pengamatan di sepanjang ruas jalan, melakukan pengeboran tanah menggunakan bor tangan, mengamati kondisi visual tanah seperti warna dan tekstur tanah, serta mengambil sampel tanah untuk pengujian laboratorium. Tahapan penelitian ini dibagi dalam beberapa bagian dipaparkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Metode Penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

Hasil investigasi lapangan menunjukkan bahwa ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang STA 0+500–0+900 mengalami kerusakan perkerasan berupa retak permukaan dan penurunan lokal pada beberapa segmen jalan. Kerusakan tersebut diduga berkaitan erat dengan kondisi tanah dasar yang memiliki kadar air tinggi dan didominasi tanah berbutir halus. Tingginya kadar air tanah menyebabkan peningkatan tekanan air pori dan penurunan tegangan efektif tanah sehingga daya dukung tanah dasar menjadi rendah. Kondisi ini mengakibatkan lapisan perkerasan lentur tidak mampu menahan beban lalu lintas secara optimal dan rentan mengalami deformasi permanen.

a. Pengujian Sifat Fisis Tanah

Berdasarkan Tabel 1, tanah dasar pada lokasi penelitian menunjukkan karakteristik tanah berbutir halus dengan kadar air tinggi dan dominasi fraksi lanau. Nilai kadar air rata-rata sebesar 54,19% menunjukkan kondisi tanah sangat jenuh, yang berpotensi meningkatkan tekanan air pori dan menurunkan tegangan efektif tanah. Kondisi tersebut menyebabkan daya dukung tanah dasar menjadi rendah sehingga perkerasan jalan rentan mengalami deformasi dan retak.

Nilai berat jenis (specific gravity) rata-rata sebesar 2,36 tergolong lebih rendah dibandingkan tanah mineral normal pada umumnya, yang mengindikasikan adanya kandungan material halus dan kadar air yang tinggi. Tanah di lokasi penelitian mengandung persentase besar material berukuran lebih kecil, kemungkinan merupakan kombinasi dari pasir halus dan lempung. Hasil analisis saringan menunjukkan rata-rata tanah lolos saringan No.200 sebesar 79,17%, sehingga tanah didominasi oleh butiran halus berupa lanau dan lempung. Gradasi buruk yang diidentifikasi sebelumnya mungkin disebabkan oleh distribusi ukuran butir yang tidak merata, yang artinya tanah ini memiliki lebih banyak partikel halus daripada kasar. Berdasarkan klasifikasi USCS, tanah tersebut cenderung termasuk kelompok lanau anorganik (inorganic silt–ML).

Tabel 1. Rekapitan Hasil Parameter sifat fisik tanah (STA 0+500 – 0+900)

Parameter Pengujian	Kadar air tanah lapangan (w)	Berat jenis	Analisa Saringan	Batas cair (LL)	Batas plastis (PL)	Indeks plastis (PI)	Batas susut (SL)
Satuan	%	-	%	%	%	%	%
0+500	39,06	2,34	77,47	48,1	46,51	1,59	35,73
0+550	57,48	2,09	65,47	43,8	41,54	2,25	20,21
0+600	51,83	2,18	87,97	60,55	51,11	9,44	27,82
0+650	51,99	2,36	65,63	54,1	48,51	5,59	41,06
0+700	70,16	2,45	79,25	52,51	52,31	0,2	39,41
0+750	61,11	2,49	93,48	47,53	37,49	10,04	21,67
0+800	53,08	2,72	77,38	48,7	43,86	4,84	34,34
0+850	53,72	2,11	89,78	55,99	46,32	9,67	15,93
0+900	49,25	2,46	76,08	47,87	42,74	5,12	20,17
Nilai Rata-rata	54,19	2,36	79,17	51,02	45,60	5,42	28,48

Nilai Liquid Limit (LL) rata-rata sebesar 51,02% dan Plasticity Index (PI) sebesar 5,42 menunjukkan bahwa tanah memiliki plastisitas rendah hingga sedang dengan dominasi fraksi lanau. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, tanah dengan persentase lolos saringan No.200 lebih dari 35%, nilai LL > 40%, dan PI < 10 termasuk kelompok A-5, yaitu tanah lanau dengan daya dukung rendah dan sensitif terhadap perubahan kadar air. Nilai batas susut (shrinkage limit) rata-rata sebesar 28,48% menunjukkan tanah masih memiliki potensi perubahan volume akibat perubahan kadar air. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah memiliki stabilitas yang rendah pada kondisi jenuh sehingga berpotensi menyebabkan deformasi dan kerusakan pada perkerasan jalan. Secara umum, karakteristik tanah dasar pada lokasi penelitian menunjukkan kondisi tanah lunak dengan stabilitas yang rendah pada kondisi jenuh air. Hal ini diduga menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan kerusakan perkerasan lentur pada ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang Kabupaten Pasaman Barat.

b. Pengujian Triaxial

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian triaxial UU menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi penelitian memiliki nilai kohesi dan sudut geser dalam yang relatif rendah. Nilai kohesi rata-rata sebesar 4,69 kN/m² menunjukkan bahwa tanah memiliki kemampuan ikatan antarpartikel yang lemah, sedangkan nilai sudut geser dalam rata-rata sebesar 2,75° mengindikasikan rendahnya tahanan geser akibat gesekan antarbutir tanah. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanah dasar pada lokasi penelitian tergolong tanah lunak dengan kekuatan geser yang rendah.

Nilai kohesi tertinggi terdapat pada STA 0+900 sebesar 6,78 kN/m², sedangkan nilai terendah terdapat pada STA 0+500 sebesar 0,77 kN/m². Rendahnya nilai kohesi pada beberapa titik pengamatan diduga dipengaruhi oleh tingginya kadar air tanah yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif

tanah. Selain itu, nilai sudut geser dalam yang berkisar antara $2,11^{\circ}$ – $4,13^{\circ}$ menunjukkan bahwa tanah memiliki stabilitas yang rendah terhadap pembebanan lalu lintas.

Berdasarkan klasifikasi kuat geser tanah, nilai kohesi dan sudut geser dalam tersebut menunjukkan bahwa tanah termasuk kategori tanah lanau lunak dengan daya dukung rendah. Kondisi ini sejalan dengan hasil pengujian sifat fisis tanah yang menunjukkan kadar air tinggi dan dominasi butiran halus. Rendahnya parameter kuat geser tanah menyebabkan tanah dasar mudah mengalami deformasi dan penurunan ketika menerima beban kendaraan secara berulang, sehingga berkontribusi terhadap terjadinya retak dan kerusakan pada perkerasan lentur di lokasi penelitian.

Tabel 2. Rekapitan Hasil Pengujian Triaxial UU (STA 0+500 – 0+900)

Parameter Pengujian	Kohesi tanah (c)	Sudut geser tanah (ϕ)
Satuan	kN/m ²	°
0+500	0,77	4,13
0+550	4,41	3,03
0+600	3,22	3,2
0+650	6,31	2,11
0+700	6,2	2,11
0+750	6,13	3,16
0+800	2,19	2,2
0+850	6,2	2,16
0+900	6,78	2,63
Nilai rata-rata	4,69	2,75

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil investigasi lapangan pada ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang STA 0+500–0+900, perkerasan lentur mengalami kerusakan berupa retak permukaan dan penurunan lokal. Kondisi tersebut mengindikasikan rendahnya stabilitas dan daya dukung tanah dasar akibat dominasi tanah lunak dengan kadar air tinggi. Tanah dasar didominasi oleh tanah berbutir halus dengan kadar air rata-rata sebesar 54,19%, nilai berat jenis sebesar 2,36, dan persentase lolos saringan No.200 sebesar 79,17%. Nilai Liquid Limit (LL) sebesar 51,02% dan Plasticity Index (PI) sebesar 5,42 menunjukkan bahwa tanah tergolong lanau anorganik (ML) dengan plastisitas rendah hingga sedang. Berdasarkan klasifikasi AASHTO, tanah termasuk kelompok A-5 yang memiliki daya dukung rendah dan sensitif terhadap perubahan kadar air. Hasil pengujian triaxial UU menunjukkan nilai kohesi rata-rata sebesar 4,69 kN/m² dan sudut geser dalam rata-rata sebesar 2,75°, yang mengindikasikan bahwa tanah dasar memiliki kekuatan geser dan stabilitas yang rendah. Kondisi tanah yang jenuh air serta rendahnya parameter kuat geser menyebabkan daya dukung tanah dasar menurun sehingga perkerasan lentur pada lokasi penelitian rentan mengalami deformasi, penurunan, dan retak permukaan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2008) SNI 1964:2008. Cara uji berat jenis tanah. Status standar: berlaku. Komite Teknis: 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2008) SNI 1966:2008. Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah. Status standar: berlaku. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2008) SNI 1967:2008. Cara uji penentuan batas cair tanah. Status standar: berlaku. Komite Teknis: 91-01-S2 Rekayasa Jalan Jembatan. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2008) SNI 3422:2008. Cara uji penentuan batas susut tanah. Status standar: berlaku. ICS: 93.020 Pekerjaan tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2008) SNI 3423:2008. Cara uji analisis ukuran butir tanah. Status standar: berlaku. ICS: 93.020 Pekerjaan tanah. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2015) SNI 2455:2015 Metode Pengujian Triaksial untuk Tanah Kohesif dalam Kondisi Unconsolidated-Undrained (UU). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2017) SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2019) SNI 1965:2019. Metode uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium (ASTM D2216-10, MOD). Jakarta: BSN.
- Bowles, J.E., 1996. Foundation analysis and design, 5th ed. ed. McGraw-Hill, New York.
- Fadhilah, N., Mase, L.Z., Hardiansyah, H., Misliniyati, R., Amri, K., 2025. Analisis Penurunan Tanah Lunak terhadap Perkerasan Jalan Kaku Menggunakan Metode Elemen Hingga (Studi Kasus: Jalan Srijaya Raya, Kota Palembang). MATEKSI JTS UNS 13, 34. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v13i1.102203>
- Google Earth, 2024. Citra satelit lokasi penelitian Ruas Jalan Paroman Sawah–Kampung Pinang Kabupaten Pasaman Barat, STA 0+500–0+900.

- Hardiyatmo, H.C., 2019. Mekanika Tanah I, 7th ed. UGM PRESS.
- Iskandar, D., Putri, E.E., Hakam, A., Fitri, A., 2023. Effectiveness Of Portland Cement Type 1 In Stabilizing Soft Clay Soil As Subgrade For Road Construction. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)* 19, 44–53. <https://doi.org/10.25077/jrs.19.1.44-53.2023>
- Lumbanbatu, U.M., 2009. Morfogenetik Daerah Lubuksikaping Provinsi Sumatera Barat. *Geo-Sciences* 19.
- Maizir, H., Suryanita, R., Harnedi, R.A., 2024. Peningkatan Kepadatan dan Daya Dukung Tanah dengan Pencampuran Tanah Lempung dan Pasir. *JTS ITB* 31, 267–274. <https://doi.org/10.5614/jts.2024.31.3.4>
- Ningsih, R., Ikhwani, Suradji, 2021. Pengaruh Perubahan Kadar Air pada Tanah Lempung Terhadap Uji Geser Langsung dan Uji Kuat Tekan Bebas. *SIGMA:JurnalTeknikSipil* 1.
- Revin, R., Prihatiningsih, A., 2024. Analisis hubungan parameter kuat geser dan nilai N-SPT pada suatu proyek di Ciawi. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil* 107–114. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.24962>
- Setiawan, A., Antonius, A., Rochim, A., 2024. Studi Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar terhadap Kerusakan Struktur Perkerasan Kaku Ruas Jalan HOS Cokroaminoto Pemalang. *Rang Teknik Journal* 7, 391–406. <https://doi.org/10.31869/rtj.v7i2.4684>
- Syahril, S., Suyono, A., Muchtar, M., Hendry, H., Prajudi, R., Riandi, R., 2022. Perbaikan Tanah Problematik Lempung Lunak dengan Metode Stabilisasi Kimiawi Ditinjau dari Nilai Kadar Air dan Indeks Plastisitas. *WahanaTS* 27, 244. <https://doi.org/10.32497/wahanats.v27i2.4145>
- Tania, E., Wulandari, T.E., 2024. Analisis korelasi kuat geser tanah menggunakan uji triaksial & uji direct shear test Nickel Smelter Kalimantan Timur. *Pondasi: Journal of Applied Science Engineering* 1, 21–29.
- Titu-Eki, A., Dethan, N.K.F., 2023. Correlations of physical-mechanical properties of the Bobonaro clay in Timor, and its implications in geotechnical work: Korelasi dan implikasi geoteknik terhadap sifat kuat geser lempung Bobonaro di Timor. *INTAN Jurnal Penelitian Tambang* 6, 1–11. <https://doi.org/10.56139/intan.v6i1.172>