

Identifikasi Potensi Pengembangan Tanah Dasar (*Subgrade*) dengan Metode Korelasi Sifat-Sifat Indeks dan Mineralogi

Identification of Subgrade Development Potential Using Index Properties and Mineralogy Correlation Methods

Rina Yuliet^{1,2}, Rizki Satria Putra², Oknovia Susanti^{1,3}

¹ Program Studi Pendidikan Profesi Insinyur, Sekolah Pascasarjana, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

³ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 25, November, 2024

Revised 30, Februari, 2025

Accepted 28, April, 2025

Kata Kunci

Aktivitas

Kuat geser

Perkerasan

Retak

Tanah ekspansif

Abstrak

Potensi pengembangan adalah cara untuk menggambarkan sifat tanah ekspansif. Fenomena tanah ekspansif memiliki dampak terhadap kerusakan pada struktur dan infrastruktur. Retak yang terjadi pada perkerasan kaku adalah salah satu kerusakan pada infrastruktur jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi pengembangan pada tanah dasar (*subgrade*) untuk jalan dengan metode korelasi sifat-sifat indeks dan mineralogi. Berdasarkan sistem klasifikasi unifikasi, tanah di kawasan Universitas Andalas dapat diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas rendah dengan pasir (CL) dan nilai kuat geser tanah rata-rata yang cukup tinggi 0,685 kg/cm². Hasil identifikasi potensi pengembangan menggunakan korelasi batas-batas atterberg menunjukkan bahwa *subgrade* jalan bersifat tidak ekspansif. Berdasarkan korelasi pengembangan dengan aktivitas (A) dengan nilai antara 0,02 hingga 0,25. Identifikasi mineralogi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *X-Ray Diffraction* (XRD) didapatkan kandungan mineral *gibbsite* yang memiliki potensi mengembang yang rendah dan *illite* yang memiliki potensi mengembang ketika terpapar air. Hasil potensi pengembangan (S) didapatkan nilai yang bervariasi antara $6,35 \times 10^{-8} \%$ hingga 0,29 %, nilai ini memiliki derajat pengembangan yang rendah. Dari hasil identifikasi menggunakan korelasi sifat-sifat indeks dan korelasi mineralogi dapat diketahui bahwa *subgrade* jalan di kawasan Universitas Andalas memiliki potensi pengembangan yang rendah, sehingga retak yang terjadi pada perkerasan kaku di ruas jalan tersebut bukanlah disebabkan oleh sifat *subgrade* yang ekspansif. Retak yang terjadi kemungkinan disebabkan oleh penyusutan beton, kelebihan beban, kualitas beton yang tidak sesuai dan sebagainya. Untuk perbaikan keretakan pada perkerasan kaku dapat menggunakan bahan yang sesuai, seperti *epoxy* atau *grouting* khusus untuk beton, agar keretakan tidak berkembang lebih lanjut.

Abstract

Swelling potential is a way to describe the nature of expansive soil. The phenomenon of expansive soil has an impact on damage to structures and infrastructure. Cracks that occur in rigid pavements are one of the damages to road infrastructure. This study aims to identify the swelling potential in the subgrade for roads using the correlation method of index properties and mineralogy. Based on the unified classification system, the soil in the Universitas Andalas

Keywords:

Activity

Shear strength

Pavement

Crack

Expansive soil

area can be classified as low plasticity clay with sand (CL) and a fairly high average soil shear strength value of 0,685 kg/cm². The results of the identification of swelling potential using the atterberg limits correlation indicate that the road subgrade is not expansive. Based on the correlation of swelling with activity (A) with a value between 0,02 and 0,25. Mineralogy identification using Scanning Electron Microscope (SEM) and X-Ray Diffraction (XRD) obtained Gibbsite mineral content which has a low swelling potential and illite which has the potential to swell when exposed to water. The results of the swelling potential (S) obtained values that vary between $6,35 \times 10^{-8}\%$ to 0,29%, this value has a low degree of swelling. From the results of identification using index properties correlation and mineralogical correlation, it can be seen that the road subgrade in the Universitas Andalas area has a low swelling potential, so that the cracks that occur in the rigid pavement on the road section are not caused by the expansive nature of the subgrade. The cracks that occur are likely caused by concrete shrinkage, overloading, inappropriate concrete quality, etc. To repair cracks in rigid pavements, appropriate materials can be used, such as epoxy or special grouting for concrete, so that the cracks do not develop further.

Corresponding Author: Susanti, oknovia.s@eng.unand.ac.id

A. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif dicirikan oleh perubahan volume yang signifikan dengan kadar air yang bervariasi dalam massa tanah (Abden dkk., 2024; Inkoom dkk., 2019; Melese dkk., 2024; Rosenbalm & Zapata, 2016; Tiwari & Satyam, 2020). Tanah ekspansif memiliki perilaku penyusutan dan pengembangan yang tinggi serta kekuatan geser yang rendah (Punthutaecha dkk., 2006; Tiwari & Satyam, 2020). Karena sifat pengembangan dan penyusutan dari tanah ekspansif, hal ini menimbulkan masalah dalam membangun struktur dan infrastruktur seperti gedung bertingkat dan perkerasan jalan (Tiwari & Satyam, 2020). Kerusakan pada perkerasan kaku akibat pengembangan lebih parah bila dibandingkan dengan perkerasan lentur (Hardiyatmo, 2024). Kerusakan pada perkerasan sering juga disebabkan oleh beban lebih (*overloading*) (Aptarila, dkk., 2020).

Subgrade jalan yang buruk atau tidak stabil dapat menjadi penyebab utama retaknya perkerasan kaku (*rigid pavement*). Salah satu penyebab retaknya

perkerasan kaku adalah kondisi tanah yang rentan terhadap perubahan volume. Jenis tanah ini biasanya adalah tanah ekspansif. Tanah jenis ini sangat bermasalah karena mengembang saat basah dan menyusut saat kering (Amakye & Abbey, 2021). Perubahan volume ini menyebabkan pergerakan vertikal yang tidak seragam. Akibatnya pelat beton tidak fleksibel terhadap pergerakan tersebut, sehingga muncul retak atau bahkan pecah. Gambar 1 dan Gambar 2 berturut-turut menunjukkan kerusakan pada perkerasan kaku yang terjadi di ruas jalan di kawasan Universitas Andalas berupa retak longitudinal dan retak transversal.

Banyak penelitian sebelumnya fokus pada sifat indeks dan sifat-sifat mekanikal dari *subgrade* jalan tanpa mempertimbangkan hubungan yang lebih detail antara komposisi mineralogi dan sifat indeks tanah. Keterbaruan pada penelitian ini terletak pada pendekatan korelasi antara sifat indeks dan analisis mineralogi untuk mengidentifikasi potensi pengembangan *subgrade* jalan, dan hubungannya dengan retak yang

terjadi pada perkerasan kaku pada ruas jalan di kawasan Universitas Andalas.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah ekspansif merupakan tanah bermasalah yang menimbulkan resiko terhadap keselamatan struktur teknik sipil. Struktur yang dibangun di atas tanah ekspansif mengalami kerusakan karena aktivitas mengembang dan menyusut yang menyebabkan retakan pada struktur (Amakye & Abbey, 2021).

Kerusakan perkerasan jalan akibat pengembangan yang terjadi pada *subgrade* jalan dapat mengganggu kenyamanan lalu lintas (Hardiyatmo, 2024). Beberapa contoh kerusakan jalan dengan perkerasan yang disebabkan oleh tanah ekspansif adalah terjadinya retakan, pengangkatan tanah (*heaving*), penurunan dan longsor jalan (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).



Gambar 1. Retak longitudinal



Gambar 2. Retak transversal

Kerusakan yang disebabkan oleh tanah ekspansif sering kali diabaikan, karena mungkin butuh waktu bertahun-tahun sebelum kerusakan parah pada infrastruktur jalan dapat terlihat. Di Amerika Serikat, biaya perbaikan struktur yang rusak akibat tanah ekspansif diperkirakan dua kali lipat dari kerusakan akibat bencana alam (Rosenbalm & Zapata, 2016).

Perkerasan jalan yang berada di atas *subgrade* yang ekspansif, kenaikan kadar air dapat menyebabkan terjadinya pengembangan pada *subgrade* dan diikuti oleh terjadinya gerakan ke atas pada

perkerasan jalan. Gerakan ke atas yang berbeda-beda akan merusak perkerasan dan mengganggu kenyamanan lalu lintas (Hardiyatmo, 2024).

Struktur yang dibangun di atas tanah ekspansif mengalami tekanan ke atas yang lebih tinggi karena sifat tanah ekspansif yang mengembang dan menyusut. India memiliki 15 – 20% tanah ekspansif, yang menyebabkan kerusakan parah pada struktur yang ada, termasuk perkerasan jalan, bendungan, bangunan bertingkat, dinding penahan (Tiwari & Satyam, 2020). Kerusakan parah terjadi pada perkerasan di ruas jalan di

Purwodadi - Geyer km 66+650 hingga km 87+180, walaupun pemeliharaan jalan telah dilakukan dengan baik, namun hasilnya tidak memberikan perubahan. Hal ini disebabkan karena *subgrade* pada ruas jalan tersebut teridentifikasi memiliki potensi pengembangan yang tinggi (Chasanah, 2015).

Pelaksanaan peningkatan ruas jalan Bireuen - Takengon yang berada di wilayah Kabupaten Bener Meriah Kecamatan Timang Gajah pada Sta.70+175 hingga Sta.74+925 disebabkan karena *subgrade* jalan memiliki daya dukung yang rendah. Hasil klasifikasi tanah pada ruas jalan tersebut adalah tanah lanau plastisitas tinggi (MH dan OH). Berdasarkan nilai aktivitas tanah diketahui bahwa tanah memiliki kandungan mineral *illite* dengan potensi pengembangan sedang sampai dengan (Yunus dkk., 2024). Kerusakan badan jalan di wilayah sekitar Solo Raya mengganggu lalu lintas di daerah tersebut. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada tiga lokasi yaitu Trucuk, Pedan, dan Nogosari diketahui bahwa tanah memiliki potensi pengembangan yang tinggi (Surjandari dkk., 2021).

C. METODE PENELITIAN

1. Metode Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif maka uji

eksperimental di laboratorium dilakukan dengan metode identifikasi mineralogi dan korelasi sifat-sifat indeks. Metode identifikasi tanah ekspansif sering kali memerlukan kombinasi dari beberapa uji di atas untuk memperoleh gambaran yang lengkap tentang potensi pengembangan tanah. Hasil dari berbagai uji ini kemudian digunakan untuk menilai stabilitas tanah dalam konteks konstruksi atau pengembangan lahan dan jika perlu, merancang teknik mitigasi untuk mengurangi efek ekspansi tanah pada bangunan dan infrastruktur.

2. Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan di 10 (sepuluh) lokasi di kawasan kampus Universitas Andalas (Gambar 3). Pada peta ini terdapat beberapa titik pengambilan sampel yang diberi label titik 1 hingga titik 10 dan ditandai dengan ikon pin berwarna kuning. Ikon pin menunjukkan titik lokasi pengambilan sampel, peta menggunakan latar citra satelit (dari *Google Earth*) untuk memberikan gambaran geografis area kampus Universitas Andalas. Pada penelitian ini pengambilan tanah dilakukan menggunakan cangkul dengan menggali permukaan tanah sampai kedalaman ± 30 cm dari permukaan tanah. Kemudian sampel tanah dimasukan kedalam karung plastik untuk dibawa ke laboratorium.



Gambar 3. Lokasi pengambilan contoh tanah

3. Pengujian Laboratorium

Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari *subgrade* jalan di kawasan Universitas Andalas. Pengujian mengacu pada [SNI 8460:2017](#). Berikut adalah uji laboratorium yang dilakukan:

- a. Pengujian klasifikasi
 - 1) Uji batas-batas atterberg:
 - a) Batas cair (*Liquid Limit*, LL), [SNI 1967:2008](#)
 - b) Batas Plastic (*Plastic Limit*, PL), [SNI 1966:2008](#)
 - c) Indeks plastisitas (*Plastic Index*, PI), [SNI 1966:2008](#)
 - 2) Distribusi ukuran butiran [SNI 3423:2008](#)
 - 3) Klasifikasi unifikasi
 Klasifikasi tanah adalah informasi mengenai sifat-sifat teknik tanah yang didapat dari hasil pengujian kadar air, batas-batas atterberg dan distribusi ukuran. Berdasarkan pengujian tersebut dapat dilakukan klasifikasi tanah mengacu pada ([SNI 6371:2015](#)).
- b. Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength Test*, UCST). Uji ini mengacu pada [SNI 3638:2012](#). Pengujian mineralogi tanah:
 - 1) *Scanning Electron Microscopic* (SEM)
 - 2) *X-Ray Diffraction* (XRD)
- c. Identifikasi potensi pengembangan tanah dilakukan menggunakan

korelasi sifat-sifat indeks dan korelasi mineralogi tanah. Korelasi sifat-sifat indeks menggunakan korelasi dengan batas-batas atterberg dan korelasi pengembangan dengan aktivitas (A). Identifikasi mineralogi dilakukan menggunakan XRD dan SEM.

4. Identifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi tanah ekspansif terdiri dari :

- a. Korelasi dengan batas-batas atterberg
 Korelasi dengan batas-batas atterberg merupakan cara sederhana untuk mengidentifikasi potensi pengembangan tanah yang dikaitkan dengan batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI). Tabel 1 menunjukkan hubungan antara derajat pengembangan tanah dengan indeks plastisitas menurut [ASTM D1883-21](#). Tabel 2 menunjukkan hubungan potensi pengembangan lempung dengan indeks plastisitas (PI) yang disarankan oleh Chen (1988) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#).

Hubungan antara derajat pengembangan dengan batas-batas atterberg menurut beberapa peneliti dapat dilihat pada Tabel 3. Umumnya tabel-tabel yang digunakan untuk mengetahui potensi pengembangan atau derajat pengembangan hanya digunakan sebagai petunjuk awal saja.

Tabel 1. Perkiraan derajat dan persen pengembangan tanah berdasarkan indeks plastisitas (PI) menurut [ASTM D1883-21](#)

Indeks Plastisitas (ASTM D-424)	Derajat Pengembangan	Proses Pengembangan (ASTM D1883-21)
0-10	Tidak ekspansif	≤ 2
10-20	Agak ekspansif	2-4
>20	Ekspansif tinggi	>4

(Sumber : [Hardiyatmo, 2024](#))

Tabel 2. Hubungan potensi pengembangan dan PI menurut Chen (1988)

Indeks Plastisitas (PI)	Potensi Pengembangan
>35	Sangat tinggi
20-55	Tinggi
10-35	Sedang
0-15	Rendah

(Sumber : [Hardiyatmo, 2024](#))

Tabel 3. Klasifikasi derajat pengembangan berdasarkan batas-batas atterberg menurut beberapa peneliti

Derajat Pengembangan	Indeks Plastisitas (PI)	Indeks Susut	Indeks Susut	Batas Cair (LL)
Rendah	<12	<15	<20	20-35
Sedang	12-23	15-30	20-30	35-50
Tinggi	23-32	30-60	30-60	50-70
Sangat Tinggi	>32	>60	>60	70-90
Ekstra Tinggi	-	-	-	>90
Referensi	Raman (1967)	Rangahatam dan Satyanarayana (1965)	Ladd dan Lambe (1961)	

(Sumber : [Hardiyatmo, 2024](#))

- b. Korelasi pengembangan dengan aktivitas

$$A = \frac{PI}{C - 10} \quad (3)$$

Nilai aktifitas (A) menurut beberapa ahli sbb:

- 1) Skempton (1953)

$$A = \frac{PI}{C} \quad (1)$$

- 2) Seed, dkk., (1962)

$$A = \frac{PI}{C - C'} \quad (2)$$

- 3) Seed, dkk., (1962)

Keterangan :

PI = Indeks plastisitas

C = Persentase fraksi ukuran lempung (diameter butiran <0,002 mm)

C' = 9 dan 5

- 4) Nelson Miller (1992)

Karakteristik beberapa mineral lempung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik beberapa mineral lempung menurut Nelson dan Miller (1992)

Kelompok Mineral	Permukaan Spesifik (m ² /g)	Batas-batas Atterberg			Aktivitas, A (%)
		LL (%)	PL (%)	SI (%)	
<i>Kaolinite</i>	7	30-100	25-40	25-29	0,38
<i>Illite</i>	38	60-120	35-60	15-17	0,90
<i>Montmorillonite</i>	104	100-900	50-100	8,5-15	7,20

(Sumber : [Hardiyatmo, 2024](#))

- c. Kriteria pengembangan

Seed, dkk., (1962), [Hardiyatmo, \(2024\)](#) menyarankan klasifikasi potensi pengembangan seperti pada Tabel 5.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Uji Sifat-Sifat Indeks dan Klasifikasi

Rekapitulasi hasil uji analisis saringan dan uji batas-batas atterberg

dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan sistem klasifikasi unifikasi maka tanah dapat diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas rendah dengan pasir (CL). Dimana tanah jenis ini memiliki penilaian sebagai *subgrade* jalan sedang sampai jelek (Tabel 6).

2. Hasil Kuat Tekan Bebas

Dari hasil uji kuat tekan bebas (UCST) didapatkan nilai kuat geser tanah rata-rata dari 10 (sepuluh) lokasi sebesar $0,685 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 7). Nilai ini lebih besar dari nilai kuat geser minimum $0,204 \text{ kg/cm}^2$ (20 kPa), sehingga penilaian sebagai *subgrade* untuk jalan memenuhi syarat kekuatan geser. Tanah

lempung dan lanau memiliki kekuatan geser yang rendah, terutama dalam kondisi basah. Hal ini menyebabkan jalan mudah mengalami deformasi seperti penurunan atau keretakan ketika menerima beban kendaraan.

Tabel 5. Klasifikasi potensi mengembang (Seed, 1962)

Derajat Pengembangan	Potensi Pengembangan, S (%)
Rendah	0-1,5
Sedang	1,5-5
Tinggi	5-25
Sangat tinggi	>25

(Sumber : [Hardiyatmo, 2024](#))

Tabel 6. Hasil rekapitulasi uji sifat indeks atau klasifikasi

Jenis uji/ Standar uji	Lokasi										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Distribusi ukuran butiran:											
% Tertahan # No. 4	0,00	0,00	0,63	0,37	0,00	0,40	0,07	0,57	0,07	0,77	0,30
% Lolos # No. 4 dan tertahan # No. 200	4,53	27,40	27,20	26,50	9,37	11,50	11,70	15,80	32,30	28,30	19,50
% Lolos # No. 200	95,40	72,50	72,10	73,10	90,60	88,0	88,10	83,60	67,60	70,80	80,20
Batas Atterberg :											
Batas cair, LL (%)	53,20	46,20	42,20	53,20	52,30	53,20	47,00	46,20	48,20	45,50	48,80
Batas plastis, PL (%)	43,70	44,80	33,87	44,89	40,97	43,76	36,84	37,23	34,07	40,82	40,10
Indeks plastisitas, PI (%)	9,44	1,38	8,35	8,38	11,40	9,44	10,23	9,05	14,14	4,77	8,70
Klasifikasi tanah	CL = Lempung plastisitas rendah dengan pasir										
Penilaian umum sebagai tanah dasar (<i>subgrade</i>)	Sedang sampai jelek										

2. Hasil Kuat Tekan Bebas

Dari hasil uji kuat tekan bebas (UCST) didapatkan nilai kuat geser tanah rata-rata dari 1 sepuluh lokasi sebesar $0,685 \text{ kg/cm}^2$ (Tabel 7). Nilai ini lebih besar dari nilai kuat geser minimum $0,204 \text{ kg/cm}^2$ (20 kPa), sehingga penilaian sebagai *subgrade* untuk jalan memenuhi syarat kekuatan geser. Tanah lempung dan lanau memiliki kekuatan geser yang rendah, terutama dalam kondisi basah. Hal ini menyebabkan jalan mudah mengalami deformasi seperti penurunan atau keretakan ketika menerima beban kendaraan.

3. Hasil Identifikasi Potensi Pengembangan

Hasil identifikasi potensi pengembangan berdasarkan korelasi batas-batas konsistensi atterberg (Tabel 8), menunjukkan bahwa menurut [ASTM D1883-21](#), *subgrade* jalan tidak ekspansif hampir disemua lokasi kecuali lokasi 5 dan lokasi 7 yang dikategorikan agak ekspansif. Menurut Chen (1988) dan Raman (1967) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#), semua lokasi memiliki potensi pengembangan yang rendah. Sementara menurut Ladd dan Lambe (1961) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#), menilai bahwa pada

lokasi 1, 4, 5 dan 6 memiliki potensi pengembangan yang tinggi sedangkan lokasi 2, 3, 7, 8, 9 dan 10 memiliki potensi pengembangan sedang.

Tabel 9 merupakan nilai aktivitas (A) berdasarkan analisis beberapa persamaan

(1), persamaan (2) dan persamaan (3). Hasil dari ketiga persamaan tersebut didapatkan rentang nilai aktivitas 0,02-0,25 dimana menurut Nelson dan Miller (1992) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#) pada Tabel 4, *subgrade* jalan mengandung kelompok mineral *kaolinite* dan *illite*.

Tabel 7. Hasil uji kuat tekan bebas (UCST) [SNI 3638:2012](#)

Keterangan	Lokasi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kuat tekan bebas benda uji tidak terganggu, q_{uu} (kg/cm ²)	2,010	0,560	0,34	0,450	4,000	2,010	1,020	0,740	1,810	2,470
Kuat geser, S_u (kg/cm ²)	1,005	0,280	0,17	0,275	2,000	1,005	0,510	0,370	0,905	1,235
Kuat tekan bebas benda uji yang di cetak ulang, q_{ur} (kg/cm ²)	1,200	0,410	0,210	0,400	2,000	1,200	0,940	0,310	0,800	1,030
Sensitivitas tanah, S_t	1,670	1,360	1,640	1,120	1,500	1,670	1,080	2,370	2,260	2,390

Tabel 8. Hasil uji potensi pengembangan berdasarkan korelasi batas-batas atterberg

Potensi Pengembangan Berdasarkan Batas-batas Atterberg	Lokasi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ASTM D-1883	Tidak ekspansif	Tidak ekspansif	Tidak ekspansif	Tidak ekspansif	Agak ekspansif	Tidak ekspansif	Agak ekspansif	Tidak ekspansif	Agak ekspansif	Tidak ekspansif
Chen (1988)	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Raman (1967)	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Rendah
Ladd dan Lambe (1961)	Tinggi	Sedang	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi	Sedang	Sedang	Sedang	Sedang

Tabel 9. Nilai aktivitas

Persamaan yang digunakan	Aktifvitas (A)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Skempton, (1953)	0,10	0,02	0,12	0,11	0,13	0,11	0,12	0,11	0,21	0,07
Seed, dkk., (1962), $C'=9$	0,11	0,02	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,12	0,24	0,08
Seed, dkk., (1962), $C'=5$	0,10	0,02	0,12	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,23	0,07
Seed, dkk., (1962), $C'=10$	0,11	0,02	0,13	0,13	0,14	0,12	0,13	0,12	0,25	0,08

Tabel 10 menyajikan hasil potensi pengembangan menggunakan persamaan (4), persamaan (5) dan persamaan (6) dari Seed, dkk., (1962) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#). Hasil analisis didapatkan nilai potensi pengembangan yang bervariasi

dari $6,35 \times 10^{-8} \%$ hingga 0,29 %. Nilai ini berada pada rentang 0-1,5% dimana menurut kriteria Seed, dkk., (1962) dalam [Hardiyatmo, \(2024\)](#) pada Tabel 5 memiliki potensi pengembangan yang rendah.

Tabel 10. Hasil potensi pengembangan (S) berdasarkan aktivitas, PI dan fraksi lempung

Kriteria Pengem- bangan	Potensi Pengembangan, S (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Seed, dkk., (1962), C'=9	0,140	0,00	0,08	0,09	0,21	0,13	0,16	0,11	0,29	0,02
Seed, dkk., (1962), C'=5	6,93E -06	6,36E -08	5,14E -06	5,18E -06	1,09E -05	6,93E -06	8,43E -06	6,23E -06	1,86E -05	1,31E -06
Seed, dkk., (1962), C'=10	0,000 070	0,000 001	0,000 051	0,000 051	0,000 108	0,000 070	0,000 083	0,000 061	0,000 183	0,000 013

4. Hasil Identifikasi Mineralogi

Gambar 4 merupakan hasil citra SEM dari partikel tanah, dengan perbesaran 500 kali. Gambar 4 tersebut menunjukkan butiran-butiran tanah yang bervariasi. Partikel terbesar yang diukur memiliki panjang sekitar 43,8 μm , sementara partikel lainnya memiliki ukuran sekitar 42,7 μm , 30,5 μm , dan 24,4 μm . Citra ini diambil pada 20,0 kV dengan jarak kerja 5,7 mm. Pada Gambar 4 dapat diamati tekstur dan bentuk butiran yang tampak cukup kasar dan tidak beraturan, dengan beberapa partikel yang tampak lebih tajam atau bersudut.

Gambar 5 merupakan hasil analisis XRD dari sampel tanah lempung plastisitas rendah. Pada grafik tersebut, terdapat beberapa puncak dengan intensitas tinggi pada posisi sudut tertentu, yang menandakan kehadiran mineral-mineral dalam sampel lempung tersebut. Puncak-puncak tersebut diberi label dengan nama-nama mineral yang diidentifikasi, seperti *gibbsite*, *cristobalite*, *quartz*, dan *illite*. Mineral-mineral ini kemungkinan adalah komponen utama dalam sampel lempung. Pola XRD ini membantu dalam mengidentifikasi dan menentukan komposisi mineral yang ada di dalam sampel tanah, yang penting dalam studi karakterisasi material tanah.

Pada Tabel 11, puncak-puncak yang muncul pada posisi tertentu menunjukkan keberadaan mineral-mineral dalam sampel lempung, dimana *gibbsite*, *illite*, *cristobalite*, dan *quartz*

sebagai komponen utamanya. Keempat mineral memiliki potensi pengembangan yang rendah hingga sangat rendah. Ini berarti tanah yang mengandung mineral-mineral tersebut tidak akan mengalami perubahan volume yang drastis akibat perubahan kelembapan, sehingga tidak akan menyebabkan masalah struktural yang biasa terjadi pada tanah ekspansif.

Dari hasil analisis dapat diidentifikasi potensi pengembangan pada *subgrade* berdasarkan uji sifat-sifat indeks dimana *subgrade* jalan memiliki potensi pengembangan yang rendah. Sementara hasil identifikasi berdasarkan uji SEM dan XRD dimana tanah mengandung mineral yang didominasi oleh *gibbsite*. Keberadaan mineral lempung lainnya yang tidak terlalu mendominasi seperti *illite* harus lebih diperhatikan.

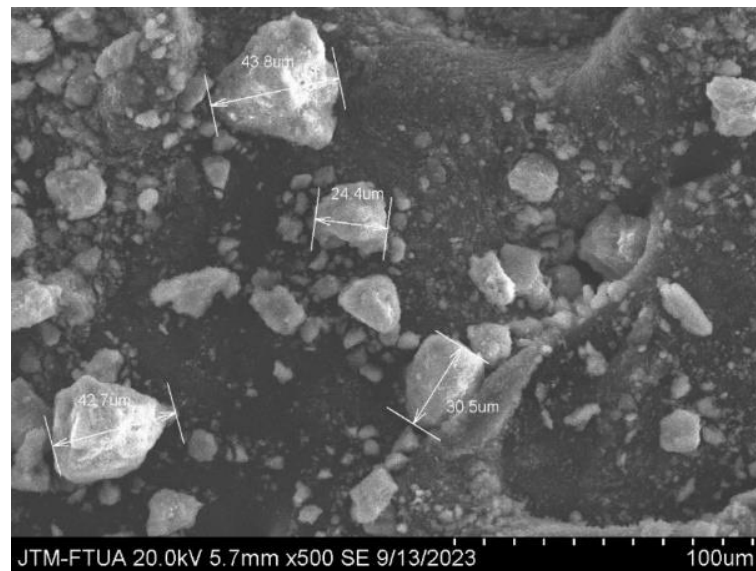
Meskipun mineral *gibbsite* dan *illite* tidak langsung menyebabkan retakan pada perkerasan kaku, kandungan mineral lempung yang ekspansif, terutama *illite*, dapat mempengaruhi stabilitas *subgrade*. Jika *subgrade* yang mengandung mineral tersebut tidak dikelola dengan baik atau jika perkerasan tidak cukup kuat, perubahan volume tanah yang diakibatkan oleh pengembangan atau penyusutan akibat kelembapan bisa menyebabkan kerusakan atau retak pada perkerasan kaku. Oleh karena itu, sangat penting untuk memperhatikan kondisi tanah di bawah perkerasan dan melakukan penanganan yang tepat seperti stabilisasi

tanah atau desain *subgrade* yang baik untuk mencegah masalah ini.

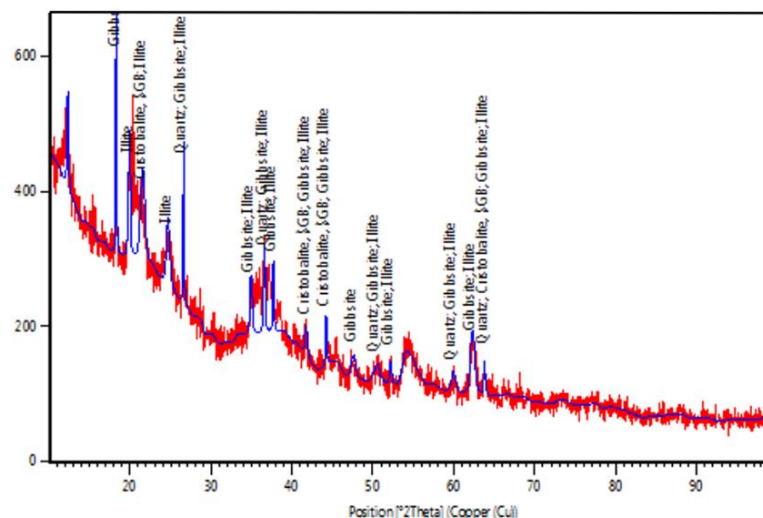
Gibbsite sendiri tidak menunjukkan ekspansi yang signifikan seperti mineral lempung lainnya, karena strukturnya lebih padat dan tidak memiliki lapisan-lapisan seperti lempung yang bisa mengembang. Namun, kemampuan untuk menyerap air dapat menyebabkan tanah yang mengandung *gibbsite* menjadi lebih lembek atau mengalami penurunan kekuatan ketika kondisi tanah basah. Walaupun *gibbsite* tidak sangat ekspansif, akumulasi air dalam tanah

yang mengandung mineral ini dapat menurunkan kestabilan *subgrade* jalan.

Illite memiliki kemampuan untuk mengembang ketika terpapar air. Meskipun tidak seekspansif mineral lempung lain seperti *montmorillonite* (yang lebih dikenal dengan sifatnya yang sangat ekspansif), *illite* tetap dapat mengalami perubahan volume yang signifikan akibat absorpsi air. Proses ini terjadi karena air dapat memasuki lapisan-lapisan antara partikel mineral lempung, menyebabkan jarak antar lapisan menjadi lebih lebar dan mineral mengalami ekspansi.



Gambar 4. Hasil uji SEM



Gambar 5. Hasil uji XRD

Table 11. Hasil uji mineralogi pada tanah di kawasan Universitas Andalas

Nama Mineral	Nama Senyawa	Rumus Kimia	Potensi Pengembangan
<i>Gibbsite</i>	Aluminum Hydroxide	Al(OH)_3	Potensi pengembangan rendah
<i>Illite</i>	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide	$\text{K(Al}_4\text{Si}_2\text{O}_9\text{(OH)}_3\text{)}$	Potensi pengembangan rendah
<i>Cristobalite</i>	Silicon Oxide	SiO_2	Potensi pengembangan sangat rendah (non-ekspansif)
<i>Quartz</i>	Silicon Oxide	SiO_2	Potensi pengembangan sangat rendah (non-ekspansif)

E. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan di kawasan Kampus Universitas Andalas Limau Manis Padang maka dapat disimpulkan bahwa menurut sistem klasifikasi unifikasi tanah di kampus Universitas Andalas Limau Manis diklasifikasikan sebagai tanah lempung plastisitas rendah dengan pasir (CL), dimana penilaian sebagai *subgrade* jalan sedang hingga jelek, berdasarkan nilai kuat geser tanah rata-rata didapatkan $0,685 \text{ kg/cm}^2$ lebih besar dari syarat minimum sehingga memenuhi syarat sebagai *subgrade* untuk jalan. Identifikasi potensi pengembangan berdasarkan sifat indeks menunjukkan bahwa tanah dasar (*subgrade*) tidak ekspansif sehingga memenuhi syarat sebagai *subgrade* jalan. Identifikasi berdasarkan uji mineralogi yaitu XRD dan SEM menunjukkan bahwa mineral yang terkandung pada *subgrade* didominasi oleh *gibbsite* yang memiliki potensi pengembangan yang rendah dan *illite* yang mengembang ketika terpapar air. Retak pada perkerasan kaku dapat disebabkan oleh kandungan mineral lempung walaupun secara tidak langsung, tapi dapat juga disebabkan karena penyusutan beton, kelebihan beban, kualitas beton yang tidak sesuai. Retak yang terjadi dapat diperbaiki menggunakan bahan seperti *epoxy* atau *grouting* agar retak tidak berkembang lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abden, A., Al-Shamrani, M., Dafalla, M., & Siddiqui, N. (2024). Assessment of the Performance of Spread Footings and Mat Foundations on Expansive Soils. *Results in Engineering*, 23, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102782>
- Amakye, S. Y., & Abbey, S. J. (2021). Understanding the Performance of Expansive Subgrade Materials Treated with Non-Traditional Stabilisers: A Review. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 1-15.
<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100159>
- American Society for Testing and Materials. (2021). *ASTM D1883-21 Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*.
<https://store.astm.org/standards/d1883>
- Aptarila, G., Lubis, F., & Saleh, S. (2020). Analisis Kerusakan Jalan Metode SDI Taluk Kuantan - Batas Provinsi Sumatera Barat. *Siklus: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 195–203.
<https://doi.org/10.31849/siklus.v6i2.4647>

- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/593/sni-1967-2008>
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/592/sni-1966-2008>
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). *SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/591/sni-3423-2008>
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *SNI 3638:2012 Metode Uji Kuat Tekan-Bebas Tanah Kohesif*.
https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/582/preview_582-1-5
- Badan Standarisasi Nasional. (2015). *SNI 6371:2015 Tata Cara Pengklasifikasian Tanah untuk Keperluan Teknik dengan Sistem Klasifikasi Unifikasi Tanah*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/554/sni-6371-2015>
- Badan Standarisasi Nasional. (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*.
<https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/546/sni-84602017>
- Chasanah, F. (2015). Analisis Peningkatan Jalan Akibat Kerusakan Struktur Perkerasan di Atas Tanah Ekspansif. *Jurnal Teknisia*, XX(1), 12-21.
<https://journal.uui.ac.id/index.php/teknisia/article/view/3619>
- Departemen Pekerjaan Umum. (2005). *Pedoman Konstruksi dan Bangunan: Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan*.
<https://perpustakaan.ciptakarya.pu.go.id>
- Hardiyatmo, H. C. (2024). *Tanah Ekspansif, Permasalahan dan Penanganan* (Cetakan Ketiga). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
ISBN: 978-979-420-935-6
- Inkoom, S., Sobanjo, J., Barbu, A., & Niu, X. (2019). Prediction of the Crack Condition of Highway Pavements Using Machine Learning Models. *Structure Infrastructure Engineering*, 15, 940–953.
<https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1581230>
- Melese, D. T., Jida, G., Beyene, R., Woldesenbet, T. T., Meshesha, A. E., & Geleta, W. S. (2024). Expansive Clay Subgrade Soil Improvement Using Municipal Solid Waste Fly Ash: Experimental and Numerical Approach. *Environmental Challenges*, 16, 1-14.
<https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100998>
- Punthutaecha, K., Puppala, A. J., Vanapalli, S. K., & Inyang, H. (2006). Volume Change Behaviors of Expansive Soils Stabilized with Recycled Ashes and Fibers. *Journal Mater. Civil Engineering*, 18, 295–306.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2006\)18:2\(295\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2006)18:2(295))
- Rosenbalm, D., & Zapata, C. E. (2016). Effect of Wetting and Drying Cycles on the Behavior of Compacted Expansive Soils.

- Journal Mater Civil Engineering*, 29.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001689](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001689)
- Surjandari, N. S., Djarwanti, N., Purwana, Y. M., Setiawan, B., Dananjaya, H., Prakosa, B. B., & Fitri, S. N. (2021). Potensi Kembang Susut Tanah Ekspansif di Wilayah Solo Raya (Studi Kasus di Trucuk, Pedan, dan Nogosari). *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 9(4), 283–287.
<https://doi.org/10.20961/mateksi.v9i4.55171>
- Tiwari, N., & Satyam, N. (2020). An Experimental Study on the Behavior of Lime and Silica Fume Treated Coir Geotextile Reinforced Expansive Soil Subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 23(5), 1214–1222.
<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.12.006>
- Yunus, M., Muhlisah, N., Wicaksono, C., & Aditya, F. (2024). Kajian Nilai CBR Tanah Dasar Landasan Pacu Pesawat dengan Pengujian CBR Lapangan. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 91–102.
<http://dx.doi.org/10.31849/siklus.v10i1.15248>



© 2025 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)