

PERILAKU PEMADATAN TANAH EKSPANSIF DI BAWAH STANDAR MAXIMUM DRY DENSITY (MDD) (Studi Kasus Susteran Marcederia, Oesusu, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang)

Maria Fransiska Salu¹, Paulus Sianto^{2*}, Kristantus S. W. Pedo², Priseila Pentewati²,
Krisantos Ria Bela²

¹Mahasiswa Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira, Jl. San Juan No. 1 Penfui, Kupang, NTT, Indonesia

²Program Studi Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira, Jl. San Juan No. 1 Penfui, Kupang, NTT, Indonesia

email : paul.sianto.unwira@gmail.com

Abstrak: Tanah ekspansif memiliki perubahan volume signifikan akibat fluktuasi kadar air yang dapat mengancam stabilitas konstruksi. Pemadatan tanah berfungsi untuk menurunkan porositas dan meningkatkan berat isi kering, sehingga memperbaiki sifat mekanik tanah. Penelitian ini mengevaluasi pengaruh pemadatan di bawah Maximum Dry Density (MDD) pada tingkat 95%, 90%, dan 85% terhadap karakteristik fisik dan mekanik tanah ekspansif di wilayah Kupang. Metode meliputi pengujian kadar air, berat isi kering, California Bearing Ratio (CBR), dan uji kuat geser langsung. Hasil menunjukkan penurunan pemadatan menyebabkan peningkatan kadar air dan porositas, serta penurunan berat isi kering dan nilai CBR. Meskipun kohesi meningkat, sudut geser dalam menurun signifikan, mengindikasikan penurunan kestabilan tanah. Studi ini menegaskan pentingnya pencapaian MDD untuk menjamin keandalan struktur pada tanah ekspansif.

Kata Kunci: tanah ekspansif, pemadatan, Maximum Dry Density, CBR, kuat geser

Abstract: Expansive soils experience significant volume changes due to water content fluctuations, threatening structural stability. Soil compaction reduces porosity and increases dry density, improving mechanical properties. This study evaluates the effect of compaction below Maximum Dry Density (MDD) at 95%, 90%, and 85% on physical and mechanical properties of expansive soil in Kupang. Methods include water content, dry density, California Bearing Ratio (CBR), and direct shear tests. Results indicate that reduced compaction increases water content and porosity, decreases dry density and CBR. Cohesion increases while internal friction angle decreases, indicating reduced soil stability. This study emphasizes the importance of achieving MDD to ensure structural reliability on expansive soils.

Keywords: expansive soil, compaction, Maximum Dry Density, CBR, shear strength

1. PENDAHULUAN

Tanah ekspansif adalah tanah yang mengalami perubahan volume besar akibat variasi kadar air, terutama dipengaruhi mineral lempung montmorillonit. Fenomena ini menyebabkan kerusakan serius pada pondasi, jalan, dan struktur bangunan lainnya yang berdiri di atasnya (Chen, 1988; Nelson & Miller, 1992). Di Indonesia, keberadaan tanah ekspansif tersebar luas di beberapa daerah, termasuk Kupang, sehingga menimbulkan tantangan konstruksi yang signifikan.

Pemadatan tanah merupakan salah satu metode utama untuk mengurangi porositas dan meningkatkan berat isi kering, sehingga memperbaiki sifat mekanik tanah seperti daya

dukung dan stabilitas geser (Lambe & Whitman, 1979). Berbagai penelitian sebelumnya menegaskan pentingnya mencapai atau mendekati Maximum Dry Density (MDD) dalam proses pemadatan agar tanah memiliki kekuatan optimal (Nelson & Miller, 1992; Fredlund & Rahardjo, 1993). Namun, kondisi lapangan yang variatif sering membuat pemadatan tidak mencapai MDD, menimbulkan kerentanan terhadap penurunan kualitas tanah.

Kurangnya data empiris lokal mengenai pengaruh pemadatan di bawah MDD terhadap perilaku tanah ekspansif menyebabkan kesulitan dalam menentukan standar dan prosedur pemadatan yang efektif di wilayah Kupang. Ketiadaan pedoman yang tepat dapat

menyebabkan kegagalan struktur yang merugikan secara ekonomi dan sosial.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak variasi pemadatan di bawah MDD (95%, 90%, dan 85%) terhadap sifat fisik dan mekanik tanah ekspansif di Susteran Marcederia, Kupang. Hasilnya diharapkan dapat menjadi acuan teknis dan ilmiah bagi pengelolaan tanah ekspansif di wilayah tersebut.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk data dan analisis yang mendukung pengembangan prosedur pemadatan yang aman dan efisien, sekaligus membantu mengurangi risiko kerusakan konstruksi. Kontribusi ini sangat penting bagi peningkatan kualitas infrastruktur dan kesejahteraan masyarakat yang tinggal di daerah berkarakter tanah ekspansif.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lapangan dan pengujian laboratorium terhadap sampel tanah ekspansif dari lokasi penelitian. Data sekunder diperoleh dari peta lokasi, literatur ilmiah, dan dokumen pendukung lain yang relevan dengan karakteristik tanah dan parameter geoteknik.

Penelitian dilakukan di Susteran Marcederia, Desa Oesusu, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Lokasi ini dipilih karena memiliki sebaran tanah ekspansif yang signifikan. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada tanggal 8 Oktober 2024, dengan titik pengambilan ditunjukkan pada Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel.

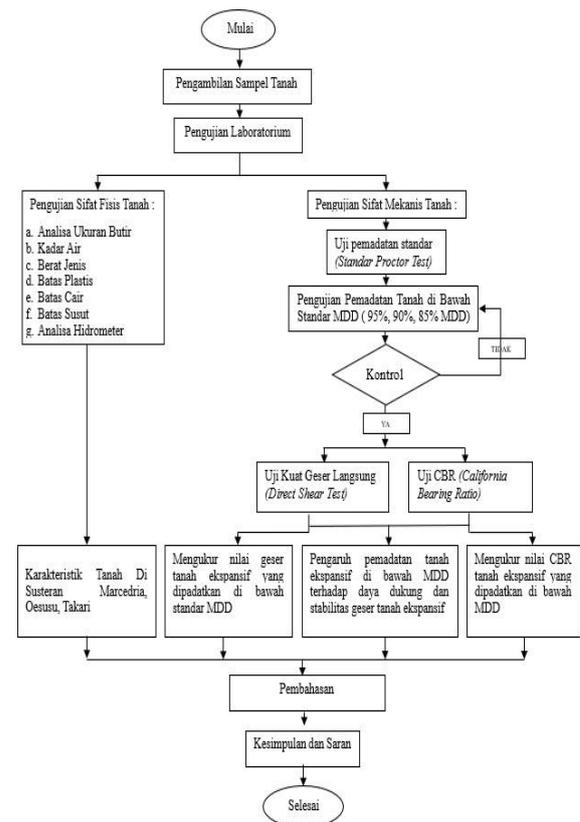
Sampel tanah diambil pada kedalaman ±50 cm dari permukaan menggunakan tabung silinder untuk sampel tidak terganggu, serta tanah lepas ±100 kg untuk keperluan pengujian fisik dan mekanik di laboratorium. Tabung sampel ditutup menggunakan parafin sesuai SNI 03-4148.1-2000 untuk menjaga kadar air asli.

Sampel tak terganggu: diambil menggunakan tabung baja dan ditutup dengan parafin pada kedua ujungnya. Sampel terganggu: diambil dalam karung plastik/kantong besar untuk kebutuhan uji fisik dan pemadatan.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil UNWIRA, mencakup uji fisik dan mekanik tanah. Uji sifat fisik tanah meliputi analisa ukuran butir, kadar air, berat jenis (Gs), atterberg limits dan klasifikasi tanah – menggunakan sistem USCS.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Uji sifat mekanik tanah terdiri dari uji pemadatan standar, uji kuat geser langsung dan uji CBR.

Uji pemadatan standar dilakukan untuk mendapatkan nilai Maximum Dry Density (MDD) dan Optimum Moisture Content (OMC) menggunakan metode Standard Proctor.

Nilai MDD (γ_d max) diperoleh dari hubungan antara berat isi kering tanah dan kadar air (moisture content) melalui pengujian laboratorium. Berat isi kering dihitung menggunakan rumus : $\gamma_d = \frac{W_d}{V}$

Di mana :

- γ_d = berat isi kering tanah (g/cm^3)
- W_d = berat kering tanah (gram)
- V = volume cetakan (cm^3)

Sementara OMC adalah kadar air yang memberikan nilai berat isi kering maksimum pada kurva hubungan kadar air dan berat isi kering. Pemadatan tanah di bawah MDD dilakukan pada tiga level yaitu 95%, 90%, dan 85% dari MDD. Perhitungan massa tanah untuk setiap target MDD dilakukan berdasarkan rumus : $W = \gamma_d \times V$. Dengan W adalah berat kering tanah yang dibutuhkan dalam cetakan dengan volume V . Uji kontrol dilakukan untuk memastikan bahwa nilai berat isi kering hasil pemadatan sesuai dengan target persentase MDD.

Uji Kuat Geser Langsung (Direct Shear Test), untuk memperoleh parameter geser: kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari sampel tanah pada setiap tingkat pemadatan.

Uji CBR (California Bearing Ratio), untuk mengetahui daya dukung tanah hasil pemadatan, dilakukan pada tiap persentase MDD.

Seluruh proses penelitian divisualisasikan dalam **Gambar 2**. Diagram Alir Penelitian, yang mencakup : pengumpulan data, pengambilan sampel di lapangan, uji laboratorium tanah (fisik dan mekanik), analisa dan pembahasan serta kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Mengidentifikasi Karakteristik Fisik Tanah di Lokasi Penelitian

Hasil pengujian laboratorium terhadap sampel tanah dari lokasi Susteran Marcederia menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki sifat ekspansif yang signifikan. Kadar air alami yang tinggi sebesar 30,91% menunjukkan bahwa tanah memiliki kelembapan berlebih yang dapat memicu perubahan volume. Berdasarkan parameter Atterberg, batas cair (LL) sebesar 55,14% dan indeks plastisitas (PI) sebesar 29,48% mengindikasikan bahwa tanah ini tergolong sangat plastis (lihat Tabel 1). Dengan klasifikasi CH (Clay with High Plasticity) dalam sistem USCS, tanah tersebut dipastikan memiliki potensi besar untuk mengembang saat basah dan menyusut saat kering.

Distribusi ukuran butiran menunjukkan bahwa lebih dari 50% partikel tanah lolos saringan No. 200, yang mengindikasikan dominasi fraksi lempung. Kombinasi ini

menjelaskan tingginya plastisitas dan rendahnya permeabilitas, sehingga tanah sangat responsif terhadap perubahan kadar air. Karakteristik ini menjadi penting dalam merancang solusi stabilisasi dan pemadatan di lapangan.

Tabel 1. Hasil Uji Fisis Tanah

Parameter	Hasil Uji	Kriteria Ekspansif	Keterangan
Kadar Air	30,91%	>30%	Tanah memiliki kelembapan tinggi
Batas Cair (LL)	55,14%	>50%	Rentan terhadap perubahan volume besar
Batas Plastis (PL)	25,66%	>20%	Menunjukkan plastisitas tinggi
Indeks Plastisitas (PI)	29,48%	>20%	Mempertegas sifat plastisitas tinggi
Kepadatan	1,32 g/cm^3	<1,6 g/cm^3	Struktur tanah longgar, memungkinkan ekspansi

Kepadatan tanah yang hanya mencapai 1,32 g/cm^3 menunjukkan bahwa tanah memiliki struktur yang longgar, sehingga porositasnya tinggi dan mudah mengalami perubahan volume. Selain itu, hasil analisis gradasi menunjukkan bahwa lebih dari 50% partikel tanah lolos saringan No. 200, memperkuat klasifikasinya sebagai lempung halus dengan plastisitas tinggi. Sifat ini menyebabkan tanah memiliki permeabilitas rendah, namun daya serap air yang tinggi, yang memperburuk potensi ekspansi saat terjadi kenaikan kadar air.

Sifat ekspansif tanah seperti ini sangat umum ditemukan di wilayah tropis dan subtropis, termasuk Kabupaten Kupang, di mana perubahan musim dan curah hujan memicu fluktuasi kadar air tanah secara drastis. Fluktuasi tersebut berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada bangunan, jalan, dan infrastruktur lain yang berdiri di atas tanah tersebut. Oleh karena itu, identifikasi sifat fisik dan mineralogi tanah ekspansif menjadi dasar penting dalam perencanaan teknik sipil di wilayah ini.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian

memiliki karakteristik fisik yang sangat tidak stabil dan memerlukan penanganan khusus. Untuk mencegah kerusakan struktural akibat ekspansi dan susut tanah, dibutuhkan strategi perencanaan dan stabilisasi yang tepat, termasuk pengendalian kadar air, pemadatan optimal, atau penggunaan bahan stabilisasi seperti kapur atau fly ash. Identifikasi awal terhadap karakteristik ini merupakan langkah krusial dalam memastikan keberhasilan desain dan keberlanjutan konstruksi di daerah dengan tanah ekspansif.

3.2. Evaluasi Pengaruh Pemadatan di Bawah MDD terhadap Daya Dukung dan Stabilitas Geser

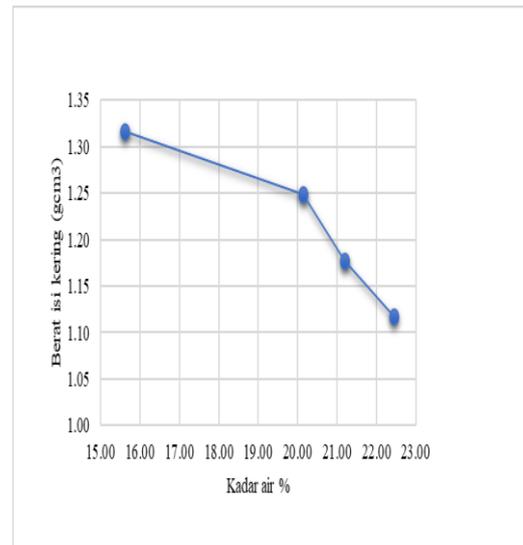
Pengujian pemadatan dilakukan pada empat tingkat kepadatan, yaitu 100%, 95%, 90%, dan 85% dari Maximum Dry Density (MDD). Hasil menunjukkan bahwa penurunan tingkat pemadatan berbanding lurus dengan penurunan berat isi kering serta peningkatan kadar air, sebagaimana disajikan pada Tabel 4.2.

Pada pemadatan 100% MDD, berat isi kering mencapai 1,32 g/cm³ dengan kadar air 15,61%, sedangkan pada 85% MDD berat isi kering menurun menjadi 1,12 g/cm³ dan kadar air meningkat menjadi 22,45%. Hubungan ini menunjukkan bahwa tanah dengan tingkat pemadatan rendah memiliki porositas lebih tinggi dan kemampuan retensi air yang lebih besar.

Tabel 2. Kepadatan Kering dan Kadar Air untuk 85%, 90%, 95%, dan 100% MDD

Prosentase	100%	95%	90%	85%
Berat Isi Kering (g/cm ³)	1.32	1.25	1.18	1.12
Kadar air (%)	15.61	20.13	21.19	22.45

Peningkatan porositas pada tanah yang kurang dipadatkan berimplikasi langsung terhadap penurunan daya dukung tanah. Tanah yang longgar memungkinkan infiltrasi air dalam jumlah besar, yang dapat memicu ekspansi mineral lempung serta meningkatkan risiko deformasi dan penurunan stabilitas struktur di atasnya. Selain itu, struktur tanah yang tidak rapat membuat gaya friksi antar partikel melemah, sehingga resistensi terhadap gaya geser juga berkurang.



Gambar 3. Hubungan Kadar Air dan Kepadatan Kering

Stabilitas geser tanah sangat bergantung pada interaksi antar partikel. Ketika pemadatan tidak optimal, ruang antar partikel semakin besar dan memudahkan pergerakan tanah saat menerima beban. Kondisi ini membuat tanah ekspansif lebih rentan terhadap pergeseran lateral dan deformasi vertikal, terutama pada struktur bangunan atau jalan. Oleh karena itu, pencapaian MDD secara penuh bukan hanya penting untuk kekuatan tanah, tetapi juga sebagai tindakan preventif terhadap kerusakan akibat dinamika kelembaban tanah.

Dari sudut pandang teknik sipil, pemadatan tanah ekspansif hingga mendekati atau mencapai 100% MDD sangat dianjurkan untuk menjamin kestabilan dan keamanan konstruksi. Pemadatan optimal berperan dalam menurunkan porositas, mengendalikan perubahan volume, dan meningkatkan kekuatan dukung tanah. Sebaliknya, pemadatan di bawah standar dapat menurunkan integritas struktur, memperpendek umur layanan bangunan, dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Oleh karena itu, kontrol pemadatan menjadi kunci utama dalam manajemen tanah ekspansif.

Penurunan berat isi kering mencerminkan peningkatan porositas tanah. Porositas yang tinggi memungkinkan infiltrasi air lebih besar, meningkatkan risiko ekspansi tanah serta penurunan daya dukung dan stabilitas geser. Oleh karena itu, pencapaian MDD secara penuh menjadi hal strategis dalam mengurangi deformasi dan kerusakan struktur di atas tanah ekspansif.

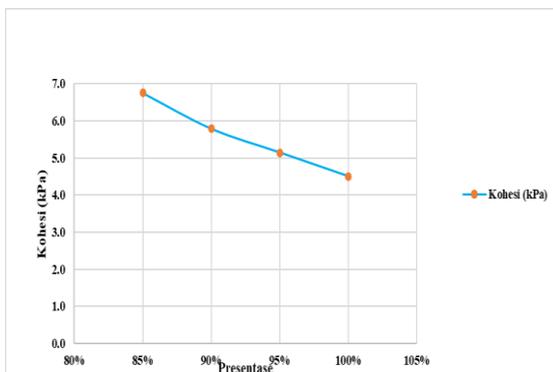
3.3. Mengukur Nilai Kuat Geser Tanah Ekspansif pada Berbagai Tingkat Pematatan

Tabel 3. Nilai Kohesi dan Sudut Geser Dalam pada Berbagai Pematatan

Prosentase	Kohesi (kPa)	Sudut Geser Dalam (°)
100%	4.5	27
95%	5.1	24
90%	5.8	17
85%	6.8	13

Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh tingkat pematatan tanah ekspansif terhadap dua parameter utama kuat geser: kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian dilakukan pada empat tingkat pematatan, yaitu 85%, 90%, 95%, dan 100% dari Maximum Dry Density (MDD). Hasilnya menunjukkan bahwa nilai kohesi mengalami peningkatan dari 4,5 kPa (100% MDD) menjadi 6,8 kPa (85% MDD), sedangkan sudut geser dalam mengalami penurunan drastis dari 27° ke 13° pada rentang pematatan yang sama.

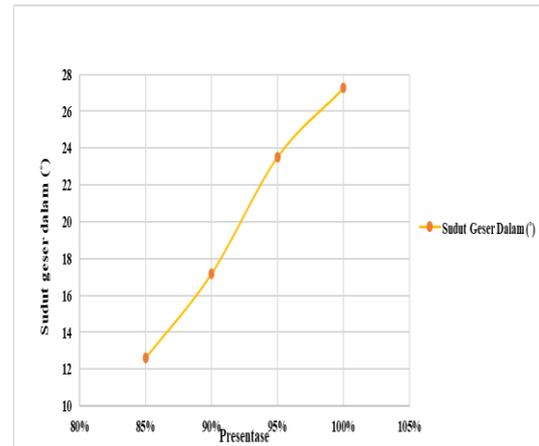
Peningkatan kohesi pada tanah dengan kepadatan rendah mengindikasikan adanya pengaruh dari gaya tarik kapiler antar partikel tanah akibat porositas yang tinggi. Ketika pematatan rendah, ruang pori dalam tanah meningkat, memungkinkan air tertahan dan menciptakan daya rekat semu antar butir tanah. Namun, daya rekat ini tidak sepenuhnya meningkatkan stabilitas karena pengaruh air juga dapat melemahkan struktur tanah dalam jangka panjang, terutama saat terjadi kejenuhan.



Gambar 4. Hubungan Nilai Kohesi terhadap % Pematatan

Sebaliknya, penurunan sudut geser dalam mencerminkan melemahnya friksi antar partikel

tanah. Berkurangnya kontak langsung antar butiran akibat pematatan rendah mengurangi daya kunci mekanis, yang merupakan komponen utama dari kekuatan geser dalam tanah berbutir halus seperti lempung. Dengan demikian, meskipun kohesi meningkat, penurunan sudut geser dalam secara signifikan menurunkan kemampuan tanah untuk menahan gaya geser, terutama saat menerima beban dari struktur di atasnya.



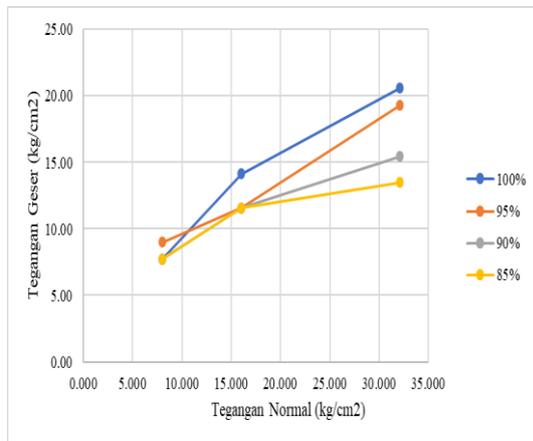
Gambar 5. Hubungan Sudut Geser Dalam terhadap % Pematatan

Tabel 4. Nilai Tegangan Normal dan Tegangan Geser

Prosentase	Tegangan Normal (kPa)	Tegangan Geser (kPa)
100%	8.020	7.72
	16.040	14.15
	32.080	20.58
95%	8.020	9.00
	16.040	11.58
	32.080	19.30
90%	8.020	7.72
	16.040	11.58
	32.080	15.44
85%	8.020	7.72
	16.040	11.58
	32.080	13.51

Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa pematatan yang rendah menyebabkan ketidakseimbangan antara gaya rekat dan gaya friksi, yang berdampak negatif terhadap stabilitas tanah ekspansif. Oleh karena itu, pematatan optimal sangat penting untuk mencapai kombinasi kohesi dan sudut geser dalam yang mampu memberikan kekuatan tanah maksimal. Tanpa

pemadatan yang memadai, tanah menjadi lebih rentan terhadap deformasi geser dan pergeseran lateral yang membahayakan kestabilan struktur fondasi atau perkerasan jalan.



Gambar 6. Hubungan Tegangan Geser terhadap Tegangan Normal

3.4. Pengaruh Pemadatan terhadap Nilai CBR Tanah

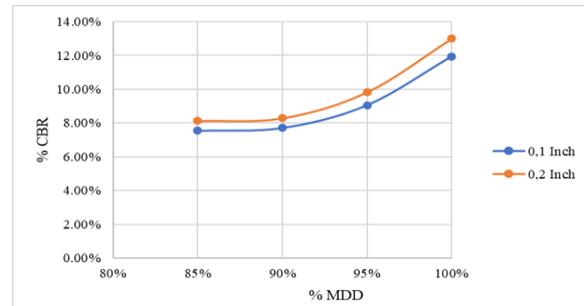
Pengujian nilai California Bearing Ratio (CBR) dilakukan untuk menilai daya dukung tanah ekspansif yang dipadatkan pada berbagai tingkat kepadatan, yaitu 100%, 95%, 90%, dan 85% dari Maximum Dry Density (MDD). Hasil menunjukkan bahwa semakin rendah tingkat pemadatan, semakin rendah pula nilai CBR. Pada kondisi 100% MDD, nilai CBR sebesar 11,94% (penetrasi 0,1 inch), menurun menjadi 7,54% pada 85% MDD. Penurunan ini mencerminkan melemahnya kapasitas tanah dalam menahan beban vertikal akibat peningkatan porositas dan kadar air.

Tabel 5. Nilai CBR Berdasarkan Penetrasi 0,1 inch dan 0,2 inch

Prosentase	0,1 Inch	0,2 Inch
100%	11.94%	13.01%
95%	9.06%	9.84%
90%	7.72%	8.30%
85%	7.54%	8.13%

Tanah yang dipadatkan kurang dari optimal cenderung memiliki struktur yang lebih longgar, memungkinkan air masuk ke dalam pori-pori tanah secara lebih intensif. Kondisi ini menyebabkan lemahnya ketahanan terhadap deformasi saat menerima beban dari kendaraan

atau bangunan. Akibatnya, tanah dengan nilai CBR rendah memerlukan penanganan tambahan seperti penambahan tebal lapisan perkerasan atau stabilisasi kimia sebelum digunakan sebagai subgrade jalan atau dasar fondasi.



Gambar 7. Hubungan Nilai CBR dan Persentase MDD

Sebaliknya, pemadatan tanah yang tinggi memberikan peningkatan signifikan terhadap nilai CBR, karena struktur tanah menjadi lebih rapat dan mampu menyebarkan beban secara merata. Dengan meningkatnya kepadatan, daya dukung tanah pun meningkat dan risiko deformasi vertikal berkurang. Temuan ini menunjukkan bahwa nilai CBR sangat sensitif terhadap tingkat kepadatan tanah, dan menjadi indikator penting dalam penilaian kelayakan lapisan dasar tanah ekspansif untuk aplikasi infrastruktur.

Secara praktis, tanah ekspansif yang digunakan dalam konstruksi jalan atau fondasi harus dipadatkan hingga setidaknya 95% MDD atau lebih untuk memastikan kinerja optimal sebagai subgrade. Jika pemadatan dilakukan di bawah standar, risiko kerusakan dini pada struktur menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, pengendalian pemadatan selama konstruksi merupakan faktor krusial yang harus diprioritaskan dalam pengelolaan tanah ekspansif.

4. IMPLIKASI HASIL STUDI

Pemadatan yang mendekati MDD penting untuk mencegah kerusakan konstruksi akibat tanah ekspansif. Studi ini mendukung pengembangan metode stabilisasi tanah yang berkelanjutan, meningkatkan keamanan dan kenyamanan infrastruktur serta kualitas hidup masyarakat.

Di lokasi seperti Takari yang jauh dari pusat kota dan minim fasilitas, pemadatan hingga 100% MDD seringkali tidak tercapai. Berdasarkan hasil, pemadatan 90% MDD dapat menjadi alternatif realistis, khususnya untuk pembangunan ringan

seperti rumah sederhana, jalan desa, dan halaman asrama, asalkan disertai dengan sistem drainase yang baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai perilaku pemadatan tanah ekspansif di bawah standar Maximum Dry Density (MDD) pada lokasi studi kasus di Susteran Marcederia, Kecamatan Takari, Kabupaten Kupang, dapat disimpulkan beberapa hal penting sebagai berikut :

1. Karakteristik Fisik Tanah : Tanah di lokasi penelitian diklasifikasikan sebagai Clay High Plasticity (CH) menurut sistem klasifikasi USCS. Kadar air alami sebesar 30,91% menunjukkan kelembapan tinggi dan kecenderungan perubahan volume akibat fluktuasi kadar air. Dominasi fraksi halus dalam distribusi butiran memperkuat sifat ekspansif dan rendahnya permeabilitas tanah.
2. Pengaruh Pemadatan terhadap Daya Dukung dan Stabilitas : Penurunan tingkat pemadatan hingga 85% MDD menyebabkan meningkatnya porositas dan kadar air tanah, yang berimplikasi langsung pada menurunnya daya dukung dan bertambahnya risiko ekspansi dan deformasi. Sebaliknya, pemadatan optimal (mendekati 100% MDD) memberikan kepadatan kering maksimal yang secara signifikan memperbaiki stabilitas tanah dan mengurangi risiko pergeseran maupun kerusakan struktural.
3. Kuat Geser Tanah terhadap Variasi Pemadatan : Uji geser menunjukkan bahwa peningkatan pemadatan justru menyebabkan penurunan kohesi (dari 6,8 kPa pada 85% MDD menjadi 4,5 kPa pada 100% MDD), namun terjadi peningkatan sudut geser dalam dari 13° menjadi 27° , yang lebih mempengaruhi stabilitas tanah terhadap gaya geser. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan geser tanah secara keseluruhan meningkat dengan naiknya tingkat pemadatan, meskipun nilai kohesi menurun.
4. Nilai CBR Tanah terhadap Tingkat Pemadatan : Nilai CBR menunjukkan hubungan langsung dengan tingkat pemadatan, di mana CBR tertinggi

(11,94%) diperoleh pada 100% MDD, dan terendah (7,54%) pada 85% MDD.

Temuan ini menegaskan bahwa pemadatan tanah ekspansif yang tinggi berkontribusi langsung pada peningkatan daya dukung tanah, sehingga penting untuk perencanaan subgrade dan lapisan dasar perkerasan jalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Chen, F.H., 1988. Foundations on Expansive Soils (2nd Edition). Elsevier, New York.
- [2]. Gunarso, A., Nuprayogi, R., Partono, W., Pardoyo, B., 2017. Stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan campuran larutan NaOH 7,5%. Jurnal Dinamika Saintifik, 5(2), 1–8. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v5i2.1098>
- [3]. Hidayat, R., 2016. Pengaruh pemadatan tanah dibawah standar 95% MDD terhadap perilaku tanah ekspansif di kawasan Lippo Cikarang, Bekasi, Jawa Barat. Skripsi Sarjana, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- [4]. Holtz, R.D., Kovacs, W.D., 1981. An Introduction to Geotechnical Engineering. Prentice-Hall, New Jersey, USA.
- [5]. Lambe, T.W., Whitman, R.V., 1979. Soil Mechanics. John Wiley & Sons, New York.
- [6]. Sianto, P., Gayasih, S., 2003. Praktikum Mekanika Tanah I. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang.
- [7]. Sianto, P., Gayasih, S., 2018. Buku Ajar Mekanika Tanah. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira, Kupang.
- [8]. SNI 03-4148.1-2000, 2000. Tata Cara Pengambilan Contoh Tanah dengan Tabung Dinding Tipis. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

- [9]. SNI 3423:2008, 2008. Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, ICS 93.020, hlm. 1–27.
- [10]. Suraji, A., Sudjianto, A.T., Riman, R., 2021. Identifikasi dan klasifikasi tanah ekspansif pada jalan nasional ruas Caruban-Ngawi. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, [online], [akses Mei 2025].
- [11]. Direktorat Jenderal Bina Marga, 2005. Pd T-10-2005-B: Pedoman Penanganan Tanah Ekspansif untuk Konstruksi Jalan (Handling of Expansive Soil for Road Construction). Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/730/pedoman-penanganan-tanah-ekspansif-untuk-konstruksi-jalan.pdf>