



Evaluasi Karakteristik Pemadatan Tanah Menggunakan *Modified Proctor* dengan Dua Metode Berbeda di Aceh Timur

Fara Qamara Elmyra^{1*}, Jumelia Ardika², Yus Yudhyantoro³, Cut Annisa Widya Sari Mastura⁴

^{1,2,3,4}Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

Email: ^{1*}faraqamara@usk.ac.id, ²jumeliaardika10@usk.ac.id, ³yusyudhy@usk.ac.id

Abstract

Soil compaction is crucial in civil engineering as it affects soil shear strength, compressibility, and permeability, which determine infrastructure stability. Natural soils often have low bearing capacity, especially in clay layers, requiring thorough laboratory testing to identify appropriate compaction methods. This study compares the effectiveness of Modified Proctor tests using two procedures: Method A (No. 4 sieve) and Method C (3/4-inch sieve), applied to clay soil from Blan Nisam Village, Julok Subdistrict, East Aceh. Samples were taken from 7 points at the location with the assumption that the local soil is not homogeneous and will obtain representative data variations. Tests included Atterberg Limits, specific gravity, grain size distribution, and compaction per ASTM and SNI standards. Results classify the soil as A-6 (AASHTO) and CL (low to medium plasticity clay, USCS). Method C produced higher maximum dry unit weights which resulting a higher compaction value than Methode A. Meanwhile, Method A showed higher optimum moisture content with lower compaction value. Method C provides more large particles thus reducing the water requirement to achieve maximum density, which is the opposite of Method A testing. These findings confirm that soil compaction is highly sensitive to gradation and plasticity, impacting strength and permeability.

Keywords: Clay Soil, Maximum Dry Density, Modified Proctor, Optimum Moisture Content, Soil Compaction.

Abstrak

Pemadatan tanah sangat krusial dalam rekayasa sipil karena memengaruhi kuat geser, kompresibilitas serta permeabilitas tanah, yang menentukan kestabilan infrastruktur. Tanah alam sering kali memiliki daya dukung rendah, terutama pada lapisan lempung sehingga perlu pengujian laboratorium mendalam untuk menentukan metode pemadatan yang tepat. Penelitian ini membandingkan efektivitas uji Modified Proctordengan dua prosedur: Metode A (saringan No.4) dan Metode C (saringan No. ¾), menggunakan tanah lempung dari Desa Blang Nisam, Kecamatan Julok, Aceh Timur. Sampel diambil dari 7 titik di lokasi dengan asumsi tanah bersifat tidak homogen dan dapat memperoleh variasi data yang representatif. Pengujian mencakup Batas Atterberg, berat jenis, distribusi ukuran butir, serta uji pemadatan sesuai standar ASTM dan SNI. Hasil menunjukkan tanah termasuk kelas A-6 (AASHTO) dan CL (lempung plastisitas rendah-sedang, USCS). Metode C menghasilkan berat isi maksimum lebih tinggi daripada Metode A yang menghasilkan kepadatan yang lebih tinggi dari metode A. Sementara metode A memiliki kadar air optimum lebih besar dengan nilai pemadatan yang lebih rendah. Metode C memberikan lebih banyak partikel besar sehingga mengurangi kebutuhan air untuk mencapai kepadatan maksimum, dimana kondisi ini berbanding terbalik dengan pengujian dengan Metode A. Temuan ini membuktikan bahwa pemadatan tanah sensitif terhadap gradasi dan plastisitas yang berdampak pada kekuatan serta permeabilitas.

Kata Kunci: Berat Isi Kering Maksimum, Kadar Air Optimum, Pemadatan Tanah, Pengujian Kepadatan Berat, Tanah Lempung.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan zaman, perkembangan teknologi mengalami peningkatan yang signifikan, yang turut mendorong bertambahnya kebutuhan akan infrastruktur, terutama akibat pertumbuhan jumlah penduduk yang terus meningkat. Infrastruktur menjadi elemen yang sangat krusial, khususnya dalam bidang teknik sipil, yang mencakup pembangunan jembatan, jalan raya, gedung, waduk, dan lain sebagainya. Untuk menjamin kualitas suatu infrastruktur, diperlukan daya dukung tanah yang memadai sebagai fondasi utama. Tanah memegang peranan penting sebagai elemen awal dalam proses konstruksi, namun tidak semua jenis tanah memiliki kapasitas daya dukung yang cukup untuk menahan beban struktur di atasnya. Oleh karena itu, pengujian terhadap kondisi tanah menjadi langkah esensial guna memastikan kestabilan dan kekokohan infrastruktur. Apabila hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah tidak memenuhi kriteria teknis, maka diperlukan tindakan perbaikan, seperti proses pemadatan, guna meningkatkan daya dukung tanah tersebut.

Tanah merupakan salah satu material utama dalam pekerjaan konstruksi sipil yang memiliki peranan penting dalam kestabilan dan kekuatan struktur. Sifat fisik tanah, seperti kepadatan, kadar air, serta plastisitas, sangat menentukan kualitas daya dukung tanah dasar dalam suatu konstruksi jalan maupun bangunan sipil lainnya (Bella & Jusuf, 2014).

Pemadatan tanah adalah salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan geser, menurunkan kompresibilitas, serta mengurangi permeabilitas tanah. Berbagai metode uji pemadatan telah dikembangkan, di antaranya Standard Proctor dan Modified Proctor. Standard Proctor lebih dahulu diperkenalkan dan digunakan secara luas, namun dalam perkembangannya Modified Proctor dianggap lebih sesuai pada kondisi tanah tertentu karena menghasilkan energi pemadatan yang lebih besar sehingga memberikan nilai kepadatan kering maksimum yang lebih tinggi (Hakam et al., 2010; Taqvim, 2016).

Kajian dasar mengenai mekanika tanah telah lama dibahas oleh (Das, 2019) yang menekankan pentingnya sifat fisis tanah dalam proses perencanaan dan konstruksi. Pemahaman tersebut masih relevan hingga kini dalam penelitian pemadatan tanah. (Spagnoli & Shimobe, 2020) memberikan tinjauan komprehensif mengenai karakteristik pemadatan berdasarkan uji laboratorium, sementara (Alshameri, 2020) menyoroti pentingnya kadar butiran halus terhadap nilai kepadatan kering maksimum. Penelitian internasional ini melengkapi kajian lokal di Indonesia yang menegaskan relevansi metode Modified Proctor untuk kondisi tanah (Adenora et al., 2021; Jabar, 2021; Nurmaidah & Suranto, 2022).

Pemadatan tidak hanya memengaruhi kekuatan tanah, tetapi juga sifat hidrolika. (Julianto et al., 2021) membuktikan bahwa pemadatan Modified Proctor berpengaruh terhadap permeabilitas tanah, di mana tanah yang lebih padat memiliki nilai koefisien permeabilitas yang lebih rendah. (Nurmaidah & Suranto, 2022) juga menunjukkan hasil kepadatan maksimum yang didapatkan dari pengujian kepadatan berat (*modified proctor*) lebih besar dipandikan dengan kepadatan dari hasil uji kepadatan ringan (*standard proctor*).

Dalam bidang mekanika tanah, pemadatan tanah (*soil compaction*) dipahami sebagai proses mekanis untuk meningkatkan kerapatan tanah melalui pengurangan volume udara pada pori-pori tanah dengan penerapan gaya eksternal, seperti penggilasan atau penumbukan. Efektivitas pemadatan sangat dipengaruhi oleh kadar air tanah, yang berperan dalam menentukan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/ OMC*) dan berat volume kering maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) (*Maximum Dry Density/ MDD*). Menurut

prinsip uji kompaksi, MDD merujuk pada berat volume kering tertinggi yang dapat dicapai pada tingkat energi tertentu, sedangkan OMC adalah kadar air spesifik yang memungkinkan pencapaian MDD tersebut secara optimal. Hubungan antara OMC dan MDD menjadi acuan penting dalam perencanaan pekerjaan tanah, terutama untuk menjamin stabilitas dan daya dukung struktur yang dibangun di atasnya.

Peningkatan daya dukung tanah dapat dicapai melalui proses pemadatan. Berdasarkan SNI 1743:2008 (Standar Nasional Indonesia & Badan Standardisasi Nasional, 2008), metode pemadatan tanah dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu kepadatan ringan (*Standard Proctor*) dan kepadatan berat (*Modified Proctor*) (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Pada penelitian ini digunakan metode Modified Proctor dengan cara A yaitu menggunakan saringan berukuran No. 4 (4,75 mm) dan cara C dengan menggunakan saringan No. $\frac{3}{4}$ (19,00 mm), sesuai dengan standar pengujian di laboratorium mekanika tanah. Prosedur Modified Proctor melibatkan pemadatan tanah dalam lima lapisan, masing-masing diberikan 25 pukulan dengan cetakan berdiameter 101,60 mm. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah terganggu (*disturbed soil*) yang diperoleh dari Desa Blang Nisam, Kecamatan Julok, Kabupaten Aceh Timur. Lokasi ini dipilih karena adanya rencana pembangunan infrastruktur di atasnya, dan pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik yang mewakili kondisi tanah setempat.

Studi oleh (Adenora et al., 2021) yang menggunakan pengujian Standard Proctor dan uji tekan modifikasi menyimpulkan bahwa semakin besar nilai tekanan maka semakin rapat kepadatannya. Lalu, studi oleh (Nurmaidah & Suranto, 2022) juga mendapatkan hasil dari pengujiannya yang menunjukkan pemakaian metode Modified Proctor menghasilkan kepadatan kering yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode Standar Proctor.

Oleh karena itu, metode pengujian pada penelitian di dari Desa Blang Nisam, Kecamatan Julok, Kabupaten Aceh Timur hanya menggunakan Modified Proctor yang didasarkan dari dua penelitian tersebut yang telah membuktikan bahwa pengujian ini memberikan energi pemadatan lebih besar tanpa harus membandingkannya lagi dengan metode Standard Proctor. Pengujian dilakukan dengan dua cara, yaitu cara A dan C (berdasarkan nomor saringan), yang bertujuan untuk melihat hasil perbandingan kepadatan tanah berdasarkan ukuran butiran yang berbeda. Lalu dilakukan juga pengujian sifat fisis tanah, yaitu pengujian *Atterberg Limit*, *Grain Size*, *Specific Gravity*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kepadatan maksimum tanah setempat berdasarkan Modified Proctor dengan metode pengujian SNI 1743:2008 dan ASTM.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Pengambilan Sampel

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tanah dan air. Sampel tanah diperoleh dari Desa Blang Nisam, Kecamatan Julok, Kabupaten Aceh Timur, sedangkan air yang digunakan merupakan air bersih dari sumur bor yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Syiah Kuala. Lokasi ini dipilih karena adanya rencana pembangunan infrastruktur di atasnya, dan pengambilan sampel dilakukan pada tujuh titik yang mewakili kondisi tanah setempat.

Lokasi dianggap memiliki kondisi tanah yang tidak homogen, sehingga setiap titik diharapkan dapat mewakili variasi data sehingga hasil yang diperoleh tetap representatif. Pemilihan 7 titik di lokasi ini juga sebagai langkah efisiensi waktu dan biaya. Letak koordinat pengambilan sampel dari titik 1 sampai 7 memiliki jarak sekitar $\pm 3,5$ m antar titiknya.

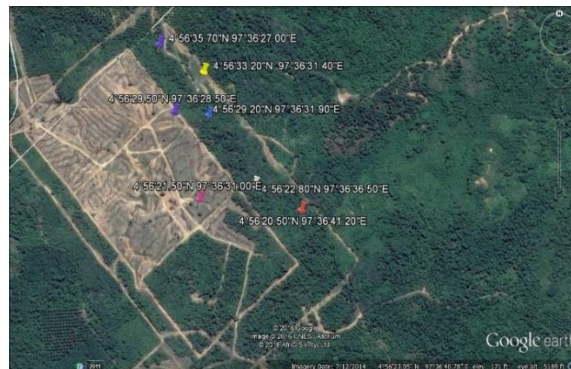
Pada Tabel 1 dapat dilihat titik koordinat pada setiap titik lokasi pengambilan sampel tanah. Lokasi titik pengambilan sampel yang ditampilkan dalam peta disajikan pada Gambar 1.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah

Lokasi pengambilan sampel tanah	Titik Koordinat
Titik 1	N 04° 56' 35,70" E 97° 36' 27,00"
Titik 2	N 04° 56' 32,20" E 97° 36' 31,40"
Titik 3	N 04° 56' 29,50" E 97° 36' 28,50"
Titik 4	N 04° 56' 29,20" E 97° 36' 31,90"
Titik 5	N 04° 56' 21,50" E 97° 36' 31,00"
Titik 6	N 04° 56' 22,80" E 97° 36' 36,50"
Titik 7	N 04° 56' 20,50" E 97° 36' 41,20"

2.2 Pengujian Sifat-Sifat Fisis

Metode ASTM (*American Society for Testing and Material*) digunakan untuk pengujian sifat-sifat fisis tanah. Hasil dari pengujian ini lalu digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah berdasarkan 2 teori, yaitu AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Trasportation Officials*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*). Pengujian sifat-sifat fisis yang dilakukan di pengujian ini meliputi pengukuran berat jenis yang berdasarkan ASTM D 854-58, batas cair berdasarkan ASTM D 423-66, batas plastis berdasarkan ASTM D 424-74, dan analisa butiran berdasarkan ASTM D 422-72.



Gambar 1. Peta Lokasi Sampel Tanah
Sumber: Google Earth

Pengujian berat jenis menggunakan alat-alat seperti tiga buah labu ukur (*flask*), mikrowap, dan *thermometer*. Pengujian dimulai dengan mengeringkan tanah sebanyak \pm 100 gram di dalam oven selama 24 jam pada temperatur 105°C. Tanah yang sudah dikeringkan kemudian dimasukkan ke dalam tiga buah labu ukur, yang sebelumnya sudah ditimbang dalam keadaan kosong, masing-masing sebanyak 25 gram. Labu ukur ini kemudian diisi dengan air hingga 2/3 bagian atau sampai tanah terendam. Udara dalam pori-pori tanah lalu dihilangkan dengan pompa vakum kurang lebih selama 10 menit hingga gelembung udara dalam tanah tidak tersisa. Setelahnya, labu ukur dikeluarkan dari pompa vakum dan ditambahkan air sampai batas 100 cc, lalu ditimbang beratnya dan diukur temperaturnya (T2).

2.3 Pengujian Pemadatan Berat (*Modified Proctor*)

Metode Modified Proctor dilakukan dengan dua cara, yaitu cara A yaitu menggunakan saringan berukuran No. 4 (4,75 mm) dan cara C dengan menggunakan saringan No. $\frac{3}{4}$ (19,00 mm), sesuai dengan standar pengujian di laboratorium mekanika tanah. Prosedur *Modified Proctor* melibatkan pemadatan tanah dalam lima lapisan, masing-masing diberikan 25 pukulan dengan cetakan berdiameter 101,60 mm. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah terganggu (*disturbed soil*).

Pemilihan metode Modified Proctor dalam penelitian ini didasarkan pada energi pemadatan yang lebih tinggi dibandingkan Standard Proctor, sebagaimana ditegaskan oleh (Soltani et al., 2021, 2023) juga mengembangkan pendekatan konversi rasional untuk sifat pemadatan tanah berbutir halus.

Standard Proctor cenderung kurang menggambarkan kondisi lapangan di Indonesia (Sutrisna & Pratama, 2022). Hasil uji Modified Proctor juga disebutkan berhubungan erat dengan koefisien permeabilitas tanah (Julianto et al., 2021). Hal ini selaras dengan studi yang mengatakan bahwa plastisitas tanah sangat menentukan perilaku geser, sehingga kondisi lingkungan harus diperhatikan pada analisis jangka panjang (Dewi et al., 2022).

Sampel tanah yang digunakan pada pengujian ini merupakan tanah dalam kondisi kering udara yang dipersiapkan untuk kedua metode A dan C. Tanah dibagi menjadi lima sub-sampel, masing-masing seberat 2.200 gram, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik. Setiap sub-sampel dicampur dengan air pada kadar air yang berbeda, diaduk hingga homogen, lalu disimpan kembali dalam kantong plastik dan dibiarkan selama 24 jam di tempat terlindung dari cahaya. Tahap penyimpanan ini bertujuan untuk memastikan distribusi kadar air yang merata, sedangkan penghindaran dari cahaya dilakukan untuk mencegah penguapan akibat panas yang dapat mengurangi kadar air tanah.

Proses pemadatan dilakukan menggunakan cetakan (*mold*) berukuran kecil yang diisi sampel tanah dalam lima lapisan. Setiap lapisan dipadatkan dengan menjatuhkan *hammer* sebanyak 25 kali, dimulai dari tepi menuju bagian tengah sampel untuk memperoleh kepadatan yang seragam. Setelah pemadatan, kelebihan tanah pada bibir cetakan diratakan menggunakan pisau perata tanah. Selanjutnya, benda uji beserta cetakan ditimbang, lalu sampel dikeluarkan menggunakan *extruder*. Pengukuran kadar air dilakukan setelah pemadatan, dengan dua kontainer terpisah untuk bagian atas dan bawah benda uji. Data yang diperoleh dari pengujian ini meliputi berat cetakan kosong, berat cetakan berisi tanah, volume cetakan, serta kadar air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian adalah sifat-sifat fisis, klasifikasi tanah berdasarkan AASTHO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*), serta pengujian pemadatan tanah (*Modified Proctor*).

3.1. Sifat Fisis Tanah

Hasil dari pengujian sifat fisis tanah dapat dilihat pada Tabel 2. Masing-masing parameter dari pengujian ini digunakan untuk mengelompokkan jenis tanah berdasarkan klasifikasi AASHTO dan USCS.

Berdasarkan klasifikasi AASHTO, data hasil analisa saringan pada tabel menunjukkan bahwa tanah yang lolos saringan No. 200 lebih dari 35% pada seluruh 7 titik pengambilan sampel tanah. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah pada lokasi termasuk katategori kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisis Tanah

Parameter Pengujian	Hasil						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
Berat Jenis	2,619	2,552	2,629	2,522	2,516	2,527	2,646
Batas Cair (%)	35,76	35,49	35,14	38,24	37,21	39,19	36,11
Batas Plastis (%)	22,26	22,89	23,07	23,13	20,62	21,18	23,22
Indeks Plastis (%)	13,51	12,59	12,08	15,10	16,60	17,93	12,88
Analisa Saringan (lolos No.200) (%)	77,68	78,07	76,18	76,85	60,38	77,12	71,44

Untuk parameter batas cair (LL) dan indeks plastis (PI), pengujian pada tanah di semua 7 titik lokasi mendapatkan hasil batas cair (LL) < 40% dan indeks plastis (PI) > 11%. Hasil ini menunjukkan tanah di lokasi dikategorikan dalam kelompok A-6. Berdasarkan klasifikasi USCS, hasil pengujian analisa saringan yang lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 yang di semua titik menunjukkan bahwa tanah dikategorikan sebagai tanah berbutir halus.

Pada Tabel 2, dapat dilihat dari hasil analisa saringan lolos no. 200 bahwa pada Titik 6 ini didapatkan nilai indeks plastisitas tertinggi senilai 17,93% dengan persentase tanah berbutir halus sebesar 77,12%. Dari hasil ini dapat dilihat semakin halus butiran tanah, maka semakin tinggi indeks plastisitasnya.

Untuk perhitungan indeks kelompok (GI), diuraikan sebagai berikut:

Tanah titik 1

$$GI = (77,68 - 35) [0,2 + 0,005 (35,761 - 40)] + 0,01 (77,68 - 15) (22,26 - 10) = 15,32 \approx 15$$

Tanah titik 2

$$GI = (78,07 - 35) [0,2 + 0,005 (35,487 - 40)] + 0,01 (78,07 - 15) (22,89 - 10) = 15,77 \approx 16.$$

Tanah titik 3

$$GI = (76,18 - 35) [0,2 + 0,005 (35,142 - 40)] + 0,01 (76,18 - 15) (23,07 - 10) = 15,23 \approx 15$$

Tanah titik 4

$$GI = (76,85 - 35) [0,2 + 0,005 (38,235 - 40)] + 0,01 (76,85 - 15) (23,13 - 10) = 16,12 \approx 16$$

Tanah titik 5

$$GI = (60,38 - 35) [0,2 + 0,005 (37,212 - 40)] + 0,01 (60,38 - 15) (20,62 - 10) = 9,54 \approx 10$$

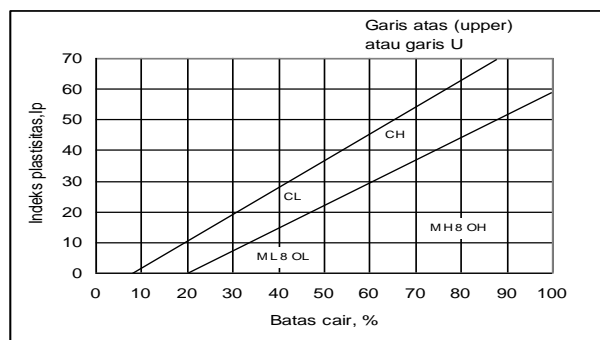
Tanah titik 6

$$GI = (77,12 - 35) [0,2 + 0,005 (39,108 - 40)] + 0,01 (77,12 - 15) (21,18 - 10) = 15,18 \approx 15$$

Tanah titik 7

$$GI = (71,44 - 35) [0,2 + 0,005 (36,108 - 40)] + 0,01 (71,44 - 15) (23,22 - 10) = 14,04 \approx 14$$

Data dari parameter batas cair dan indeks plastis dianalisa menggunakan grafik pada Gambar 2. Dengan hasil batas cair (LL) < 50% maka tanah masuk dalam kategori CL, ML, dan OL. Lalu dengan menghubungkan nilai batas cair dengan nilai indeks plastis (PI) yang berada antara 12% – 18%, Maka disimpulkan tanah di lokasi tergolong dalam jenis tanah CL.



Gambar 2. Grafik klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Hasil analisis saringan dan pengujian sifat-sifat fisis tanah pada tujuh titik lokasi menunjukkan bahwa, menurut klasifikasi AASHTO, tanah lempung yang berasal dari Desa Blang Nisam, Kecamatan Julok, Kabupaten Aceh Timur termasuk dalam kelompok A-6. Klasifikasi ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki sifat dasar sebagai lempung dengan kualitas sedang hingga rendah dalam mendukung konstruksi. Selanjutnya, berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah tersebut digolongkan ke dalam kelompok CL, yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, yang dapat disertai dengan fraksi berkerikil, berpasir, maupun berlanau.

3.2. Pemadatan (*Compaction*)

Pengujian pemadatan ini dilaksanakan berdasarkan pengujian kepadatan berat (*modified proctor*) untuk memperoleh berat volume kering maksimum/MDD ($\gamma_{d \text{ maks}}$) dan kadar air optimum (OMC). Pengujian ini dilakukan dengan dua cara (A dan C), yaitu dengan menggunakan nomor saringan yang berbeda. Hasil pengujian pemadatan disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

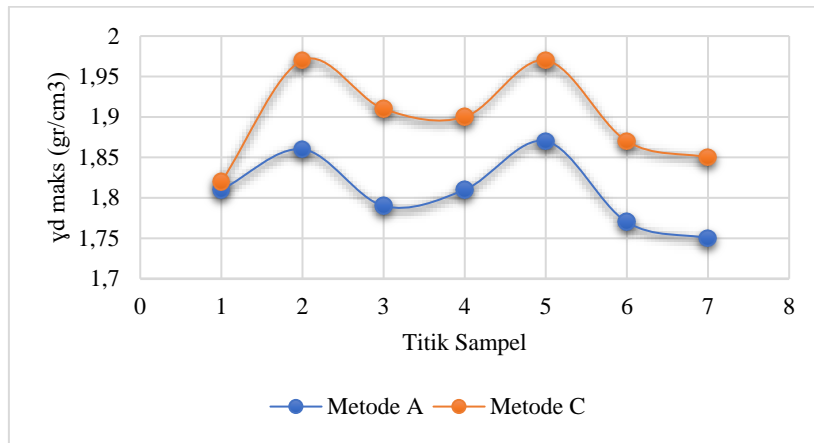
Tabel 3. Hasil pengujian pemadatan cara A

Parameter Pengujian Pemadatan	Hasil						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
Berat volume kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$) (gr/cm ³)	1,81	1,86	1,79	1,81	1,87	1,77	1,75
Kadar air optimum (%)	12,2	12,85	14,86	13,34	9,46	14,9	15,52

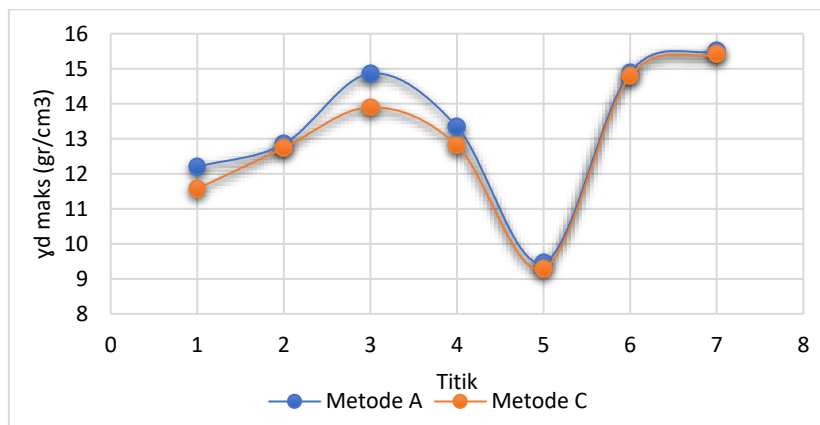
Tabel 4. Hasil pengujian pemadatan cara C

Parameter Pengujian Pemadatan	Hasil						
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	Titik 6	Titik 7
Berat volume kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$) (gr/cm ³)	1,82	1,97	1,91	1,90	1,97	1,87	1,85
Kadar air optimum (%)	11,57	12,74	13,9	12,81	9,29	14,79	15,42

Hasil pengujian pemadatan menunjukkan bahwa parameter utama yang diperoleh adalah kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dengan menggunakan cara A dan C. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kadar air optimum dari tanah asli sebagai acuan. Berdasarkan hasil pengujian pemadatan menggunakan *Modified Proctor*, diperoleh nilai berat volume kering maksimum terendah pada metode A sebesar 1,75 dan memiliki kadar air optimum tertinggi sebesar 15,52% pada sampel Titik 7. Sementara itu, berat volume kering maksimum tertinggi pada sampel Titik 5 bernilai 1,87 dengan kadar air optimum terendah sebesar 9,46%. Pada metode C, berat volume kering maksimum tertinggi bernilai 1,97 dengan kadar air optimum terendah sebesar 9,29% terdapat di sampel Titik 5. Di sisi lain, berat volume kering maksimum dengan nilai terendah didapatkan di sampel Titik 7 bernilai 1,85 dengan kadar air optimum tertinggi sebesar 15,42%. Hasil ini juga didukung oleh hasil dari studi oleh (Fondjo et al., 2021) yang menunjukkan bahwa nilai kadar air optimum akan semakin tinggi jika konten butiran halus juga meningkat, yang berbanding terbalik dengan nilai berat volume kering maksimum yang akan menurun. Menurut studi (Fondjo et al., 2021), berat volume kering maksimum menurun seiring dengan meningkatnya kandungan butiran halus dikarenakan berat satuan tanah per volumenya berkurang.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian berat volume kering maksimum



Gambar 4. Grafik hasil pengujian kadar air optimum

Berdasarkan hasil perbandingan pengujian *Modified Proctor* dengan metode A (saringan No. 4) dan metode C (saringan No. $\frac{3}{4}$) yang dilakukan di laboratorium, diketahui bahwa nilai pemadatan yang diperoleh dengan metode C lebih tinggi dibandingkan metode A. Hal ini disebabkan oleh penggunaan saringan No. $\frac{3}{4}$ yang memungkinkan lebih banyak partikel berukuran besar dan fragmen batuan masuk ke dalam sampel, sehingga menghasilkan berat volume kering maksimum yang lebih besar. Sebaliknya, nilai kadar air optimum pada metode A lebih tinggi daripada metode C.

Kondisi ini terjadi karena penggunaan saringan No. 4 menghasilkan sampel dengan dominasi partikel halus, sehingga pori-pori tanah lebih kecil dan distribusi air menjadi lebih merata, yang pada akhirnya meningkatkan kebutuhan kadar air untuk mencapai kondisi pemadatan optimum. (Alshameri, 2020) juga melaporkan hubungan linear antara kandungan butiran halus dengan nilai kepadatan kering maksimum. Tabel 5 menampilkan selisih nilai pemadatan dengan cara A dan cara C.

Tabel 5. Hasil selisih pemadatan cara A dan C

Tanah CPP Balang Nisam Blok A	Berat volume kering maksimum ($\gamma_{d \text{ maks}}$)			Kadar air optimum (%)		
	Cara A	Cara C	% Rasio	Cara A	Cara C	% Rasio
Titik 1	1,81	1,82	0,5	12,20	11,57	5,2
Titik 2	1,86	1,97	5,6	12,85	12,74	0,9
Titik 3	1,79	1,91	6,3	14,86	13,90	6,5
Titik 4	1,81	1,90	4,7	13,34	12,81	4,0
Titik 5	1,87	1,97	5,1	9,46	9,29	1,8
Titik 6	1,77	1,87	5,3	14,90	14,79	0,7
Titik 7	1,75	1,85	5,4	15,52	15,42	0,6

4. KESIMPULAN

Aspek gradasi dan plastisitas tanah terbukti memengaruhi hasil pemadatan sebagaimana ditunjukkan oleh (Dewi et al., 2022). Pemadatan yang lebih baik juga menghasilkan penurunan koefisien permeabilitas (Julianto et al., 2021) yang penting dalam perencanaan perkerasan jalan dan konstruksi lainnya. Studi oleh (Idiata & Okonofua, 2026) juga menyimpulkan bahwa pemadatan bagus dapat diperoleh jika tanah secara konsisten memiliki nilai berat jenis kering maksimum yang tinggi dan kadar air optimum yang rendah. Hal ini dikarenakan sifat tersebut mencirikan tanah yang tersusun dari butiran-butiran yang padat dan bergradasi baik, yang sangat bagus untuk pembangunan jalan karena dapat menahan beban berat dan juga tidak menahan kelembapan.

Berbanding terbalik dengan tanah yang mengandung butiran / partikel tanah yang lebih halus, yang dimana ciri ini akan membuat tanah menahan lebih banyak air dan menurunkan berat volume kering pada tanah tersebut. Tanah berbutir halus cenderung menahan air di dalam strukturnya yang membuat ini lebih sulit untuk dipadatkan (Idiata & Okonofua, 2026). Maka hasil uji pemadatan dengan nilai berat volume kering maksimum yang paling rendah didapatkan dari sampel tanah dengan kandungan butiran halus yang cenderung tinggi, yaitu di Titik 7 pada metode A dan Titik 1 pada metode C.

Temuan penelitian ini menguatkan bahwa metode *Modified Proctor* lebih sesuai untuk kondisi tanah di Indonesia (Adenora et al., 2021; Nurmaidah & Suranto, 2022). Selain itu, pendekatan prediktif berbasis model seperti dapat menjadi arah penelitian lanjutan dalam pemadatan tanah di masa depan (Khatti & Grover, 2023), terutama dalam mengintegrasikan data laboratorium dengan pemodelan berbasis kecerdasan buatan.

REFERENCES

- Adenora, N., Afriani, L., . I., & Putra, A. D. (2021). Perbandingan Nilai Derajat Kepadatan Tanah Metode Standard Proctor dengan Alat Uji Tekan Modifikasi dan Uji Sand Cone di Lapangan. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 9(4), 739–748. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v9i4.2130>
- Alshameri, B. (2020). Maximum dry density of sand–kaolin mixtures predicted by using fine content and specific gravity. *SN Applied Sciences*, 2(10), 1693. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03481-9>
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). " Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ". *SNI 4513:2008 Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT*, 12.
- Bella, R. A., & Jusuf, R. (2014). Pengaruh Waktu Dan Tempat Penyimpanan Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah Pasir. *Jurnal Teknik Sipil*, III(2), 189–204.
- Bowles, J. E., & Hainim, J. K. (1984). *SIFAT - SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH : (Mekanika Tanah)* (2nd ed.). Erlangga.
- Das, B. M. (2019). Mekanika Tanah Jilid 1(Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik. In *Penerbit Erlangga*.
- Dewi, O. Y., Hendri, O., & Sarie, F. (2022). Hubungan Batas Cair Dan Indeks Plastisitas Tanah Lempung Disubstitusi Pasir Terhadap Nilai Kohesi Tanah Pada Uji Geser Langsung. *Jurnal Deformasi*, 7(2), 183–192. <https://doi.org/10.31851/deformasi.v7i2.8603>
- Fondjo, A. A., Theron, E., & Ray, R. P. (2021). Estimation of optimum moisture content and maximum dry unit weight of fine-grained soils using numerical methods. *Walailak Journal of Science and Technology*, 18(16), 1–22. <https://doi.org/10.48048/wjst.2021.22792>

- Hakam, A., Yuliet, R., & Donal, R. (2010). STUDI PENGARUH PENAMBAHAN TANAH LEMPUNG PADA TANAH PASIR PANTAI TERHADAP KEKUATAN GESER TANAH. *Jurnal Rekayasa Sipil (JRS-Unand)*, 6(1), 11. <https://doi.org/10.25077/jrs.6.1.11-22.2010>
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I Jilid III*. Gadjah Mada University Press, 1.
- Idiata, D. J., & Okonofua, E. S. (2026). *Impact of Specific Gravity on Soil Compaction Characteristics for Road-Base*. 21(1), 5–19.
- Jabar, N. (2021). PEMADATAN PADA TANAH DAERAH NYALINDUNG DENGAN METODE MODIFIED PROCTOR. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 3(2), 357–364. <https://doi.org/10.37150/jsts.v3i2.1495>
- Julianto, A., Afriani, L., . I., & Putra, A. D. (2021). Pengujian Permeabilitas Tanah Yang Dipadatkan Dengan Metode Modified Proctor Cubic Permeameter. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Desain*, 9(4), 911–920. <https://doi.org/10.23960/jrsdd.v9i4.2256>
- Khatti, J., & Grover, K. S. (2023). Prediction of compaction parameters for fine-grained soil: Critical comparison of the deep learning and standalone models. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 15(11), 3010–3038. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.12.034>
- Masherni, & Saputra, F. S. (2018). ANALISIS UJI PEMADATAN STANDARD DAN UJI PEMADATAN MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG BERKERIKIL. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi)*, 8(1).
- Nurmaidah, & Suranto. (2022). UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI PEMADATAN MODIFIED TERHADAP TANAH YANG DICAMPUR KAPUR. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 6(1), 50–60. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v6i1.6828>
- Soltani, A., Azimi, M., & O’Kelly, B. C. (2021). Modeling the Compaction Characteristics of Fine-Grained Soils Blended with Tire-Derived Aggregates. *Sustainability*, 13(14), 7737. <https://doi.org/10.3390/su13147737>
- Soltani, A., Azimi, M., O’Kelly, B. C., & Horpibulsuk, S. (2023). Converting optimum compaction properties of fine-grained soils between rational energy levels. *Transportation Geotechnics*, 42, 101096. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101096>
- Spagnoli, G., & Shimobe, S. (2020). An overview on the compaction characteristics of soils by laboratory tests. *Engineering Geology*, 278, 105830. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105830>
- Standar Nasional Indonesia, & Badan Standardisasi Nasional. (2008). Cara uji kepadatan berat untuk tanah. *SNI 1743:2008 Cara Uji Kepadat*.
- Sutrisna, I. G. U. H., & Pratama, I. A. (2022). PENGUJIAN TANAH METODE PEMADATAN STANDARD PROCTOR. *JURNAL ILMIAH SANGKAREANG MATARAM*, 9(3). <https://sangkareang.org/index.php/SANGKAREANG/article/view/514/380>
- Taqwim, A. (2016). ANALISIS PERBANDINGAN NILAI CBR BERDASARKAN PENGUJIAN DCP DAN BATAS-BATAS ATTERBERG PADA RUAS JALAN BIREUN-TAKENGON STA. 232+600 DESA ALUE LHOK KALA 1 (KABUPATEN BIREUN). *Universitas Syiah Kuala*.
- Wesley, L. D. (2012). *Mekanika Tanah : Untuk Tanah Endapan dan Residu* (1st ed.). Andi Publisher.
- Yuniarti, R., Suarini, I., & Ismawati, I. (2008). PERBANDINGAN NILAI DAYA DUKUNG TANAH DASAR BADAN JALAN YANG DISTABILISASI SEMEN DAN ABU SEKAM PADI. *Media Teknik Sipil Universitas Kristen Petra*, 8(151229).