Jurnal Sosial dan Teknologi (SOSTECH)
Volume 6, Number 11, November 2026, pp. 3348-3360
e-ISSN 2774-5155
https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v6i11.33033

Analisis Pengaruh Penambahan Semen Portland Terhadap Stabilisasi Tanah Laterit pada Pekerjaan Jalan Hauling Berdasarkan Nilai CBR, CIV, UCS dan Durabilitas

Karminto* , Ramdan Pramedis Setya, Efry andhana, Gilang Rahmat Dani, Jorgy Johnatan
Universitas Mpu Tantular, Indonesia
Email : karminto_008@yahoo.co.id* , ramdhanps@gmail.com, efrykid@gmail.com, gilangrahmatdani601@gmail.com, jorgyjohnatan30@gmail.com

Keywords:
soil stabilization, lateritic soil, Portland cement, CBR, CIV, UCS, durability.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Publikasiku Publisher

Abstract

Haul roads require a subgrade that can withstand repeated heavy vehicle loads and maintain its performance under changing moisture conditions. Lateritic soil is a potential local material, but its engineering properties must be assessed before use. This study aims to evaluate the response of lateritic soil to Portland cement using the California Bearing Ratio (CBR), Clegg Impact Value (CIV), unconfined compressive strength (UCS), and durability. The quantitative experimental design compares untreated soil with mixtures containing several cement dosages expressed as percentages of dry soil mass. The assessment covers compaction characteristics, penetration resistance, impact response, compressive strength, and mass loss after wetting and drying cycles. In the simulation, CBR increased from 11% in untreated soil to 48% at 9% cement, while CIV rose from 7 to 25 across the dosage range. The mixture containing 12% cement yielded the highest CBR and UCS and the lowest mass loss among the simulated mixtures. These four indicators provide complementary information on bearing capacity, impact response, strength, and durability. The proposed design provides a basis for comparing lateritic soil mixtures treated with Portland cement for haul road subgrades. Selecting an effective cement dosage requires laboratory test results, verification against project specifications, and a comparison of material costs.

Kata Kunci:
stabilisasi tanah, tanah laterit, semen Portland, CBR, CIV, UCS, durabilitas.

Abstrak

Jalan angkut memerlukan tanah dasar yang mampu menahan beban kendaraan berat berulang dan mempertahankan kinerjanya saat kadar air berubah. Tanah laterit berpotensi digunakan sebagai material lokal, tetapi sifat teknisnya perlu dievaluasi sebelum digunakan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respons tanah laterit terhadap penambahan semen Portland berdasarkan *California Bearing Ratio* (CBR), *Clegg Impact Value* (CIV), kuat tekan bebas (UCS), dan durabilitas. Rancangan eksperimen kuantitatif membandingkan tanah tanpa semen dengan campuran pada beberapa kadar semen berdasarkan berat kering tanah. Evaluasi mencakup karakteristik pemadatan, tahanan penetrasi, respons tumbukan, kuat tekan bebas, dan kehilangan massa setelah siklus basah–kering. Dalam simulasi, nilai CBR meningkat dari 11% pada tanah tanpa semen menjadi 48% pada kadar semen 9%, sedangkan CIV meningkat dari 7 menjadi 25 sepanjang rentang kadar yang dianalisis. Campuran dengan kadar semen 12% menghasilkan CBR dan UCS tertinggi serta kehilangan massa terendah di antara variasi yang disimulasikan. Keempat

parameter tersebut memberikan informasi yang saling melengkapi mengenai daya dukung, respons tumbukan, kekuatan, dan ketahanan campuran. Rancangan ini menyediakan dasar untuk membandingkan campuran tanah laterit dan semen Portland sebagai calon material tanah dasar jalan angkut. Penetapan kadar semen yang efektif untuk kondisi proyek tertentu memerlukan hasil pengujian laboratorium aktual, pemeriksaan terhadap persyaratan teknis proyek, dan perbandingan biaya material.

PENDAHULUAN

Jalan hauling merupakan prasarana transportasi untuk mendukung pengangkutan material pada kegiatan konstruksi, pertambangan, dan industri. Jalan ini dapat dilalui kendaraan berat dengan intensitas tinggi sehingga memerlukan tanah dasar yang stabil dan memiliki daya dukung memadai (Anburuvel, 2024; Bell, 1996; Clegg, 1983; Ingles & Metcalf, 1972).

Tanah dasar dengan daya dukung rendah dapat mengalami deformasi, alur roda, penurunan permukaan, dan kerusakan lapisan jalan. Tanah laterit merupakan material yang banyak dijumpai di wilayah tropis, tetapi sifat tekniknya bervariasi menurut kondisi geologi, mineralogi, gradasi, dan kadar air (Alemineh, 2022; Oruabena & Steyn, 2026; Soltaninejad et al., 2023).

Salah satu metode perbaikan tanah adalah stabilisasi kimiawi menggunakan semen Portland. Hidrasi semen dapat menghasilkan produk pengikat yang membentuk ikatan antarpartikel tanah. Efektivitasnya dipengaruhi oleh kadar semen, jenis tanah, kadar air, pemadatan, pemeraman, dan kondisi lingkungan (Hodasova et al., 2024; Li et al., 2025; Sambre et al., 2024).

Penelitian ini menyusun kerangka evaluasi stabilisasi tanah laterit dengan variasi semen 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Evaluasi meliputi CBR, CIV, UCS, dan durabilitas untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai daya dukung, respons tumbukan, kuat tekan, dan ketahanan campuran.

Pemanfaatan tanah laterit sebagai tanah dasar menghadapi persoalan karena sifat teknisnya dipengaruhi oleh gradasi, plastisitas, dan kondisi kadar air. Karakteristik tersebut perlu diketahui sebelum material dipilih atau diberi perlakuan stabilisasi. Dalam konteks Indonesia, Fauzi dan Rusdiansyah, (2025) menguji tanah laterit dari Kalimantan Tengah yang dicampur semen dan melaporkan bahwa indeks plastisitas menurun seiring bertambahnya kadar semen, tetapi meningkat ketika pemadatan ditunda pada kondisi yang mereka uji. Temuan ini menunjukkan bahwa kinerja campuran berkaitan dengan komposisi dan proses pengerjaannya. Dalam pekerjaan jalan angkut, implikasinya ialah kadar air, energi pemadatan, dan jeda antara pencampuran dan pemadatan perlu dikendalikan agar perbedaan hasil antarcampuran dapat ditafsirkan dengan tepat (Abdallah et al., 2023; Fathonah et al., 2026; Nugroho et al., 2021; Zhang et al., 2024).

Stabilisasi dengan semen Portland menjadi salah satu pilihan perbaikan karena produk hidrasi semen dapat membentuk ikatan antarpartikel tanah. Dalam penelitian terhadap laterit granular yang distabilisasi dengan semen untuk lapis fondasi dan lapis fondasi bawah, Biswal et al. (2019) menggunakan uji kuat tekan bebas setelah perendaman dan uji durabilitas basah–kering untuk menilai kebutuhan minimum bahan pengikat. Mereka juga mengkaji pengaruh kadar air dan kadar semen terhadap susut pengeringan. Pendekatan tersebut relevan bagi tanah dasar jalan angkut karena pemilihan kadar semen perlu mempertimbangkan kekuatan campuran sekaligus ketahanannya ketika mengalami perubahan kelembapan (Nataadmadja et al., 2024; Wibawa & Maharani, 2024).

Selain kuat tekan dan durabilitas, penilaian material tanah dasar perlu mencakup tahanan penetrasi dan respons terhadap tumbukan. Al-Amoudi et al. (2002) membandingkan California Bearing Ratio (CBR) dengan Clegg Impact Value (CIV) melalui pengujian tanah napal yang dipadatkan di laboratorium serta pengujian tanah di lapangan. Mereka menemukan korelasi antara kedua parameter pada kondisi yang diteliti. Temuan tersebut memberi dasar untuk mengamati CBR dan CIV secara berdampingan. Namun, penggunaan CIV untuk memperkirakan CBR pada tanah laterit yang distabilisasi semen memerlukan validasi pada material dan kondisi pengujian yang sesuai. Dalam penelitian ini, CBR digunakan untuk menilai tahanan penetrasi, sedangkan CIV digunakan untuk menilai respons material terhadap tumbukan.

Ketiga penelitian terdahulu tersebut membahas aspek yang saling melengkapi, yaitu perilaku pemadatan laterit–semen, kekuatan dan ketahanan terhadap siklus basah–kering, serta keterkaitan antara hasil uji penetrasi dan tumbukan. Kesenjangan yang diangkat dalam penelitian ini adalah kebutuhan untuk mengetahui apakah kadar semen yang meningkatkan CBR dan CIV pada tanah laterit calon tanah dasar jalan angkut juga menghasilkan kuat tekan bebas (unconfined compressive strength atau UCS) dan durabilitas yang memenuhi persyaratan proyek. Perbandingan antardosis dalam satu rancangan pengujian diperlukan untuk melihat apakah keempat indikator menunjukkan pola respons yang sejalan dan untuk mengidentifikasi parameter yang menentukan kelayakan suatu campuran.

Kebutuhan tersebut penting karena pemilihan campuran membawa konsekuensi teknis dan ekonomis. Campuran dengan tahanan penetrasi awal yang memadai masih dapat mengalami kehilangan massa setelah siklus pembasahan dan pengeringan. Di sisi lain, penambahan semen meningkatkan kebutuhan bahan pengikat, sehingga manfaat tambahan dari setiap kenaikan dosis perlu dibandingkan dengan biaya materialnya. Bagi pekerjaan jalan angkut, keputusan ini berkaitan dengan dua kebutuhan sekaligus, yaitu memperoleh tanah dasar yang memenuhi persyaratan teknis dan membatasi penggunaan semen pada kadar yang diperlukan. Penilaian beberapa indikator secara bersamaan memberikan dasar untuk menyeleksi campuran sebelum dilakukan verifikasi di lapangan.

Kebaruan yang diajukan terletak pada integrasi empat parameter pengujian dalam penilaian variasi kadar semen Portland untuk tanah laterit yang dipertimbangkan sebagai tanah dasar jalan angkut. Rancangan membandingkan tanah tanpa semen sebagai kontrol dengan campuran pada beberapa kadar semen, menggunakan prosedur penyiapan dan pemadatan yang konsisten. CBR dan CIV digunakan untuk membandingkan tahanan penetrasi dan respons tumbukan antarcampuran, UCS diamati pada umur pemeraman yang ditetapkan, dan durabilitas dinilai melalui kehilangan massa setelah siklus basah–kering. Dengan susunan tersebut, setiap kadar semen dapat dinilai berdasarkan kombinasi sifat teknis yang dibutuhkan dalam pemilihan material tanah dasar.

Berdasarkan rancangan tersebut, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi karakteristik awal tanah laterit, menganalisis respons CBR dan CIV terhadap variasi kadar semen Portland, mengevaluasi perkembangan UCS menurut umur pemeraman, serta menilai kehilangan massa setelah siklus basah–kering. Hasil pengujian laboratorium direncanakan menjadi dasar untuk menyaring kadar semen yang memenuhi kriteria teknis, sebelum alternatif yang layak dibandingkan berdasarkan biaya material. Kontribusi ilmiah yang diharapkan adalah kerangka

evaluasi yang memperlihatkan bagaimana perubahan kadar semen berkaitan dengan beberapa aspek kinerja tanah laterit dalam kondisi pengujian yang terkendali.

Secara akademis, kerangka tersebut dapat menjadi rujukan untuk membandingkan respons tanah laterit dari sumber yang berbeda dengan parameter pengujian yang sepadan. Secara praktis, hasil pengujian dapat membantu perencana, kontraktor, dan pengelola jalan angkut memilih campuran yang layak dilanjutkan ke uji coba lapangan dan menyusun pengendalian mutu pemadatan. Pada tahap ini, naskah menyajikan rancangan eksperimen dan simulasi pengolahan data. Penetapan kadar semen yang efektif untuk proyek tertentu memerlukan hasil laboratorium aktual, kriteria penerimaan proyek, dan informasi biaya material setempat.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian dirancang sebagai eksperimen kuantitatif dengan membandingkan tanah laterit tanpa semen dan campuran tanah-semen pada beberapa kadar. Naskah ini merupakan rancangan dan contoh pengolahan data, bukan laporan pengujian aktual.

Material Penelitian

Material meliputi tanah laterit, semen Portland, dan air. Lokasi pengambilan sampel, sumber material, jenis semen, serta karakteristik air harus dicatat pada pelaksanaan penelitian.



Gambar 1. Pengambilan sampel tanah laterit di site



Gambar 2. Material tanah laterit dan semen Portland diambil dari Lokasi trial

Tabel 1 Variasi Campuran

Kode	Tanah laterit	Semen Portland
CT-0	100%	0%
CT-3	97%	3%
CT-6	94%	6%
CT-9	91%	9%
CT-12	88%	12%

Persentase semen dihitung terhadap berat kering tanah. Sebagai contoh, untuk 100 kg

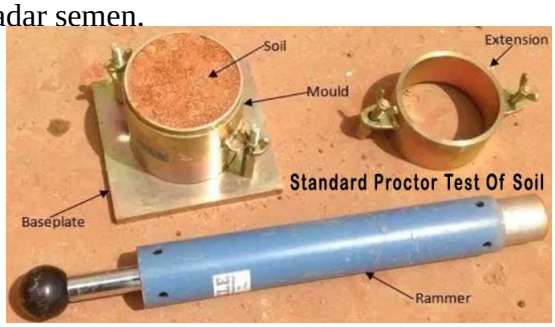
tanah kering, kadar semen 3%, 6%, 9%, dan 12% masing-masing memerlukan 3 kg, 6 kg, 9 kg, dan 12 kg semen.



Gambar 3. Proses penimbangan dan pencampuran tanah-semen

Persiapan dan Pemadatan Benda Uji

Sampel disiapkan sesuai prosedur pengujian. Kadar air dan energi pemadatan harus dikendalikan. OMC dan MDD ditentukan untuk campuran yang relevan, bukan diasumsikan sama untuk seluruh kadar semen.



Gambar 4. Pengujian pemadatan tanah (Proctor) sumber foto : <u>Proctor Soil Compaction Test | Proctor Compaction Test</u>

Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan dengan kondisi rendaman atau tanpa rendaman sesuai tujuan dan spesifikasi proyek. Semua variasi harus diuji dengan prosedur, kepadatan target, dan umur pemeraman yang konsisten.



Gambar 5. Pengujian California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium

Pengujian CIV

Pengujian CIV dilakukan menggunakan alat Clegg yang spesifikasinya telah diverifikasi. Catat tipe alat, massa penumbuk, tinggi jatuh, jumlah tumbukan, lokasi pengukuran, kondisi permukaan, kadar air, dan kepadatan.



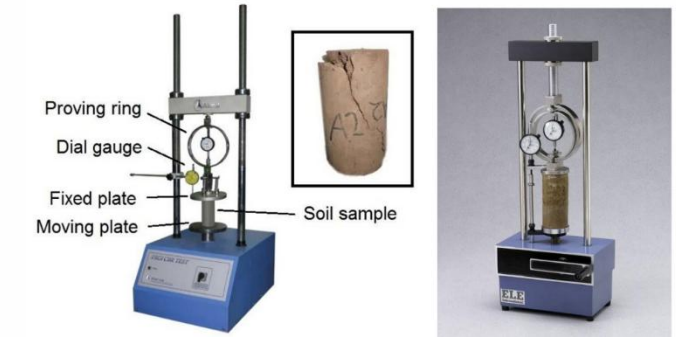
Gambar 6. Pengujian Clegg Impact Value (CIV)

Pengujian UCS

Benda uji silinder tanah-semen dibuat dengan dimensi dan kepadatan yang ditentukan dalam metode. Benda uji diperam pada umur yang ditetapkan, misalnya 7, 14, dan 28 hari. Kuat tekan dihitung dari beban maksimum dibagi luas penampang terkoreksi sesuai metode yang digunakan.



Gambar 7. Pembuatan dan pemeraman benda uji UCS



Gambar 8. Pengujian kuat tekan bebas (UCS) Sumber Foto : PowerPoint Presentation

Pengujian Durabilitas

Pengujian durabilitas direncanakan menggunakan metode wetting and drying pada campuran tanah-semen yang dipadatkan. Massa, kondisi visual, dan kehilangan massa dicatat mengikuti prosedur standar. Jumlah siklus dan perlakuan sikat/penanganan harus mengikuti metode yang dipilih.

Tabel 2 Parameter dan Metode Analisis

Parameter	Tujuan	Acuan/metode yang perlu diverifikasi
Kadar air	Menentukan kondisi air material	Metode kadar air tanah yang berlaku
OMC dan MDD	Karakteristik pemadatan	ASTM D1557 atau metode proyek (International, n.d.-a)
CBR	Daya dukung penetrasi	ASTM D1883 (International, n.d.-c)
CIV	Respons tumbukan	Metode Clegg sesuai tipe alat (International, n.d.-b)
UCS tanah-semen	Kuat tekan bebas	ASTM D1633 untuk benda uji tanah-semen (International, n.d.-d)
Durabilitas	Ketahanan basah-kering	ASTM D559/D559M

Rumus kehilangan massa: Kehilangan massa (%) = ((massa awal kering − massa akhir kering) / massa awal kering) × 100%. Pelaksanaan dan penentuan massa akhir harus mengikuti prosedur standar yang dipakai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Catatan Dataset

Seluruh tabel dan grafik pada BAB IV berikut menggunakan angka simulasi yang dibuat untuk menunjukkan tata cara penyajian dan analisis. Angka harus diganti dengan hasil laboratorium aktual sebelum digunakan sebagai laporan penelitian.

Tabel 3 Karakteristik Tanah Asli

Parameter	Data simulasi
Kadar air awal	11,5%
Berat jenis	2,63
Batas cair (LL)	35%
Batas plastis (PL)	22%
Indeks plastisitas (PI)	13%
OMC	12,0%
MDD	1,64 g/cm³
CBR	11%
CIV	7

Contoh perhitungan indeks plastisitas: PI = LL − PL = 35% − 22% = 13%.

Tabel 4 Hasil Pemadatan Laboratorium

Kadar semen	OMC (%)	MDD (g/cm³)
0%	12.0	1.64
3%	12,5	1.76
6%	13.0	1.81
9%	13,5	1.94
12%	14.5	1.96

Pada dataset simulasi, OMC meningkat dari 12,0% menjadi 14,5%, sedangkan MDD meningkat dari 1,64 menjadi 1,96 g/cm³. Pola tersebut hanya ilustrasi; perubahan aktual bergantung pada karakteristik tanah dan proses pencampuran.

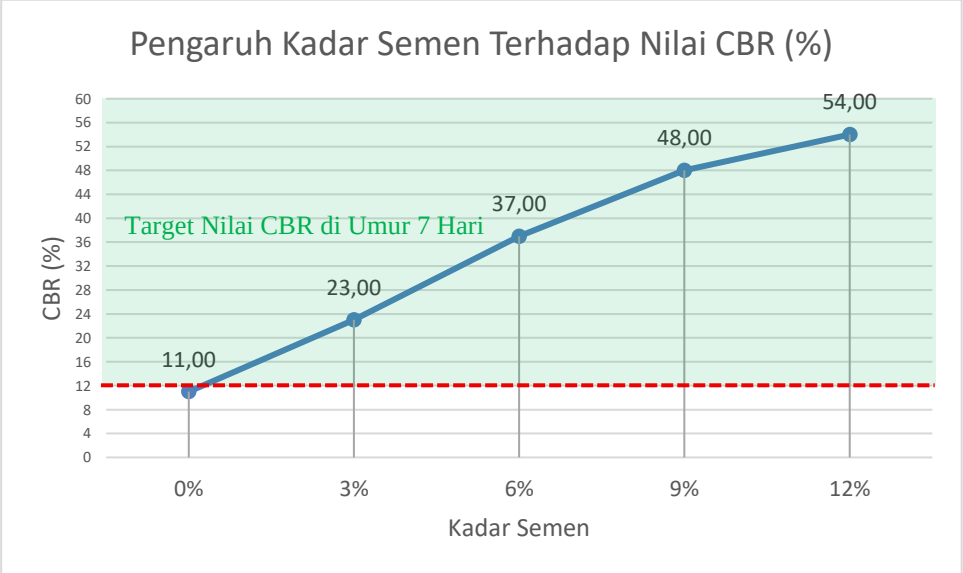


Gambar 10. Dokumentasi pembuatan benda uji dan test CBR Laboratorium

Tabel 5 Hasil CBR

Kadar semen	CBR 1	CBR 2	CBR 3	Rata-rata
0%	11%	12%	10%	11%
3%	23%	22%	25%	23%
6%	39%	35%	37%	37%
9%	47%	48%	49%	48%
12%	53%	53%	55%	54%

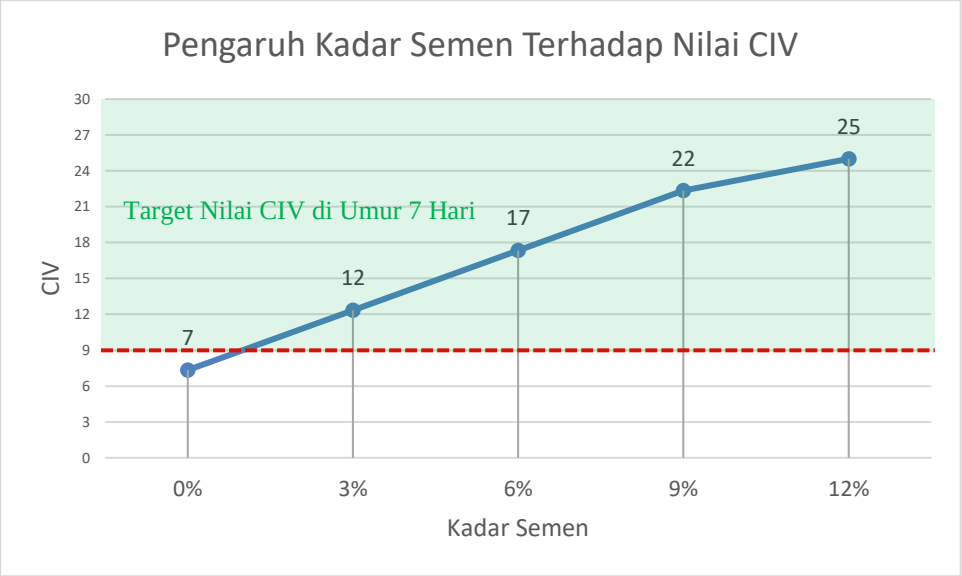
Contoh rata-rata CBR kadar 6% = (39 + 35 + 37) / 3 = 37%. Peningkatan relatif dari tanah asli dihitung dengan ((CBR campuran − CBR tanah asli) / CBR tanah asli) × 100%. Untuk kadar 9%, peningkatan simulasi = ((48 − 11) / 11) × 100% = 336,36%.



Gambar 12. Grafik hubungan kadar semen terhadap nilai CBR

Tabel 6 Hasil CIV

Kadar semen	CIV 1	CIV 2	CIV 3	Rata-rata
0%	7	8	7	7
3%	12	13	12	12
6%	17	18	17	17
9%	22	23	22	22
12%	25	26	24	25



Gambar 13. Grafik hubungan kadar semen terhadap nilai CIV

Nilai CIV pada dataset meningkat dari 7 menjadi 25. CIV menunjukkan respons dinamis material dan tidak dapat dikonversi langsung menjadi CBR tanpa korelasi yang tervalidasi.

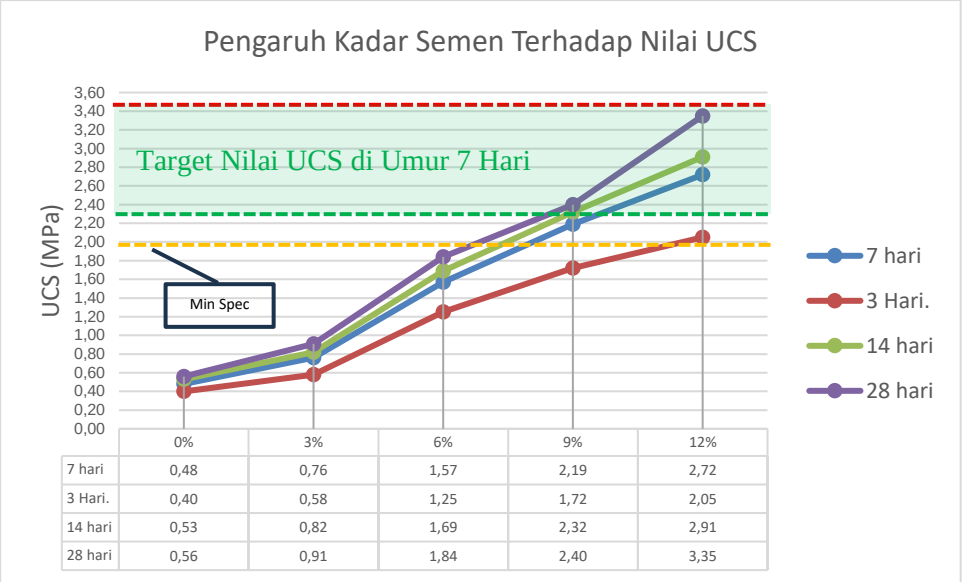
Hasil UCS

UCS pada umur pemeraman 7 hari. Untuk penelitian aktual, pengujian sebaiknya dilakukan pada beberapa umur pemeraman dan setiap kadar campuran.

Tabel 7

Unconfined Compressive Strength (UCS)
MPa

Kadar semen	Umur Sampel				Spesifikasi
	3	7	14	28	
0%	0,40	0,48	0,53	0,56	Min. 1,95 Mpa
3%	0,58	0,76	0,82	0,91	
6%	1,25	1,57	1,69	1,84	Target. 2,35 Mpa
9%	1,72	2,19	2,32	2,40	
12%	2,05	2,72	2,91	3,35	Maks. 3,43 Mpa



	0%	3%	6%	9%	12%
7 hari	0,48	0,76	1,57	2,19	2,72
3 Hari.	0,40	0,58	1,25	1,72	2,05
14 hari	0,53	0,82	1,69	2,32	2,91
28 hari	0,56	0,91	1,84	2,40	3,35

Gambar 14. Grafik hubungan kadar semen terhadap UCS umur 7 hari

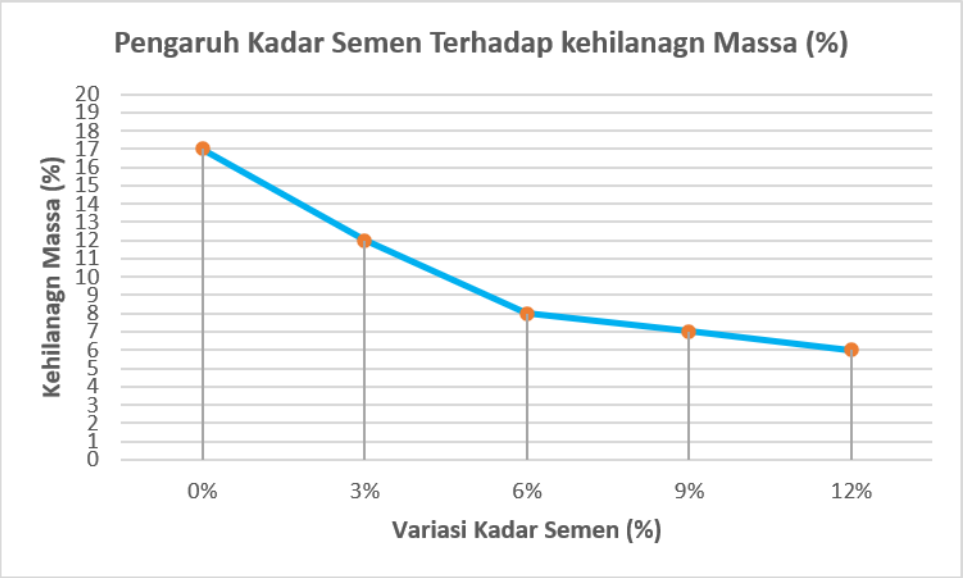


Gambar 11. Kondisi benda uji setelah pengujian UCS (Sumber: Vermont Agency of Transportation – Soil-Cement Laboratory Report (2015), Figure 2.6)

Tabel 8 Hasil Durabilitas

Kadar semen	Massa awal (g)	Massa akhir (g)	Kehilangan massa (%)
0%	1.000	830	17
3%	1.000	880	12
6%	1.000	920	8
9%	1.000	930	7
12%	1.000	940	6

Contoh kehilangan massa kadar 6% = ((1.000 − 920) / 1.000) × 100 = 8%. Nilai simulasi ini tidak dapat digunakan untuk menyatakan kelulusan durabilitas; batas penerimaan bergantung pada klasifikasi tanah dan spesifikasi yang berlaku.



Gambar 15. Grafik hubungan kadar semen terhadap kehilangan massa (data simulasi)



Gambar 12. Kondisi benda uji setelah siklus basah-kering (sumber: Portland Cement Association, Soil-Cement Laboratory)

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil

Semen	CBR (%)	CIV	UCS (MPa)	Kehilangan massa (%)
0%	11	7	0.41	17
3%	23	12	0.82	12
6%	37	17	1.30	8
9%	48	22	1.79	7
12%	54	25	2.16	6

Dalam dataset simulasi, kadar semen 12% menghasilkan CBR dan UCS tertinggi serta kehilangan massa terendah pada variasi yang ditampilkan. Hasil ini tidak membuktikan kadar 12% sebagai kadar optimum. Penetapan optimum memerlukan pemeriksaan persyaratan teknis, durabilitas sesuai standar, potensi retak susut, dan analisis biaya.

Pembahasan Terpadu

CBR mengevaluasi tahanan penetrasi, CIV mengevaluasi respons tumbukan, UCS mengukur kuat tekan bebas, dan durabilitas mengevaluasi ketahanan campuran terhadap siklus basah-kering. Keempat parameter memberikan informasi yang saling melengkapi, tetapi tidak saling menggantikan. Hasil aktual perlu dikaitkan dengan kondisi pemadatan, kadar air, umur pemeraman, serta prosedur pengujian yang konsisten.

KESIMPULAN

Rancangan penelitian ini menunjukkan bagaimana California Bearing Ratio (CBR), Clegg Impact Value (CIV), kuat tekan bebas (UCS), dan kehilangan massa setelah siklus basah–kering dapat digunakan secara bersama untuk menilai tanah laterit yang distabilisasi dengan semen Portland sebagai tanah dasar jalan angkut. Dalam simulasi, kadar semen 12% menghasilkan CBR dan UCS tertinggi serta kehilangan massa terendah di antara variasi yang dianalisis. Angka tersebut merupakan ilustrasi pengolahan data. Penetapan kadar semen yang efektif memerlukan hasil pengujian aktual serta pertimbangan persyaratan teknis dan biaya material.

Penelitian selanjutnya disarankan melaksanakan pengujian laboratorium pada sampel tanah laterit dari lokasi pekerjaan dengan satu seri kadar semen yang konsisten, termasuk campuran tanpa semen sebagai kontrol. Pengujian perlu dilakukan dengan ulangan, kadar air dan energi pemadatan yang terkendali, serta beberapa umur pemeraman untuk menilai perkembangan UCS. Campuran yang memenuhi kriteria teknis dan durabilitas dapat dibandingkan berdasarkan biaya material, kemudian diuji pada segmen percobaan untuk menilai kinerjanya terhadap perubahan kadar air dan lalu lintas kendaraan berat.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, swasta, maupun organisasi lainnya.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian, penulisan, maupun publikasi artikel ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Seluruh penulis berkontribusi dalam penyusunan artikel ini. Ramdan Pramedis Setya berperan dalam konseptualisasi penelitian, berperan dalam pengumpulan dan analisis data, berperan dalam interpretasi hasil dan penyusunan naskah, sedangkan penulis lainnya berkontribusi dalam peninjauan, penyuntingan, dan persetujuan akhir naskah.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa tidak menggunakan kecerdasan artifisial generatif dalam penyusunan artikel ini.

REFERENSI

Abdallah, A., Russo, G., & Cuisinier, O. (2023). Statistical and predictive analyses of the strength development of a cement-treated clayey soil. *Geotechnics*, *3*(2), 465–479. https://doi.org/10.3390/geotechnics3020026

Alemineh, S. (2022). Engineering properties of cement stabilized expansive clay soil. *Civil and Environmental Engineering*, *18*(1), 332–339. https://doi.org/10.2478/cee-2022-0031

Anburuvel, A. (2024). The engineering behind soil stabilization with additives: A state-of-the-art review. *Geotechnical and Geological Engineering*, *42*(1), 1–42.

https://doi.org/10.1007/s10706-023-02554-x

Bell, F. G. (1996). Lime stabilization of clay minerals and soils. *Engineering Geology*, *42*(4), 223–237. https://doi.org/10.1016/0013-7952(96)00028-2

Clegg, B. (1983). An impact soil tester for in situ testing. *Proceedings of the 8th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*.

Fathonah, W., Kusuma, R. I., Mina, E., Baehaki, B., Wigati, R., & Rizka, B. (2026). Fly ash-based geopolymer for sustainable subgrade stabilization: Physical and mechanical properties. *ASEAN Engineering Journal*, *16*(1), 37–42. https://doi.org/10.11113/aej.v16.23381

Hodasova, K., Musuta, J., Decky, M., & Kudelcikova, M. (2024). Innovative quality assessment of pavement subgrades using the Glegg impact soil tester. *Applied Sciences*, *14*(2), 876. https://doi.org/10.3390/app14020876

Ingles, O. G., & Metcalf, J. B. (1972). *Soil stabilization: Principles and practice*. Butterworths.

International, A. (n.d.-a). *Standard test method for California bearing ratio (CBR) of laboratory-compacted soils*. ASTM International.

International, A. (n.d.-b). *Standard test methods for compressive strength of molded soil-cement cylinders*. ASTM International.

International, A. (n.d.-c). *Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort*. ASTM International.

International, A. (n.d.-d). *Standard test methods for wetting and drying compacted soil-cement mixtures*. ASTM International.

Li, C., Tan, G., Weng, H., Shi, J., Li, S., & Xie, J. (2025). Feasibility of using FA and GGBS-derived geopolymer for high liquid limit soil stabilization. *Frontiers in Materials*, *12*, 1643683. https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1643683

Nataadmadja, A. D., Prahara, E., & Bennardi, A. (2024). The usage of marginal aggregate as subbase layer. *SINERGI*, *28*(1), 183–190. https://doi.org/10.22441/sinergi.2024.1.018

Nugroho, S. A., Wibisono, G., Ongko, A., & Mauliza, A. Z. (2021). The influence of high plasticity and expansive clay stabilization with limestone on unconfined compression strength. *Journal of the Civil Engineering Forum*, *7*(2), 147–154. https://doi.org/10.22146/jcef.59438

Oruabena, B., & Steyn, W. J. vdM. (2026). Application of cement-cassava peel ash mix for the stabilisation of marine clay soil: A review. *International Journal of Pavement Research and Technology*, *19*(8), 2034–2055. https://doi.org/10.1007/s42947-025-00577-6

Sambre, T., Endait, M., & Patil, S. (2024). Sustainable soil stabilization of expansive soil subgrades through lime-fly ash admixture. *Discover Civil Engineering*, *1*, 65. https://doi.org/10.1007/s44290-024-00063-1

Soltaninejad, S., Marandi, S. M., & Naveen, B. P. (2023). Effects of the types and amounts of clay minerals on durability of lime-stabilized clay soils. *Minerals*, *13*(10), 1317. https://doi.org/10.3390/min13101317

Wibawa, I. M. S., & Maharani, S. E. (2024). Improvement of clay soils using cement as a road pavement sub grade (Case study: Kuta-Tanah Lot Road). *Civil and Environmental Engineering*, *20*(1), 124–136. https://doi.org/10.2478/cee-2024-0011

Zhang, L., Li, Y., Wei, X., Liang, X., Zhang, J., & Li, X. (2024). Unconfined compressive strength of cement-stabilized Qiantang River silty clay. *Materials*, *17*(5), 1082. https://doi.org/10.3390/ma17051082