

Efektifitas Penambahan Semen Pada Stabilitas Tanah Lokal Samarinda

Syahrul

Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda
E-mail : syahrulsipil@rocketmail.com

Received 16 June 2022; Reviewed 07 November 2022; Accepted 24 February 2023
Journal Homepage: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering>
Doi: <https://doi.org/10.35334/be.v1i1.2659>

Abstract

Soil stability is the mixing of soil with certain materials, in order to improve the mechanical properties of the soil in order to meet technical requirements, cement stability aims to reduce shrinkage properties and high soil plasticity so as to increase the bearing capacity of the soil. The laboratory test parameters include testing the physical properties of the soil and the mechanical properties of the soil using type I cement with variations in the cement content of 0%, 5%, 10% and 15%. The study was conducted to determine the effectiveness of the percentage addition of cement, laboratory tests stated the effectiveness of stabilizing the addition of cement was 10% with the results of the free compression test of 5.446 kg/cm² on the unconditioned sample, and 4.76 kg/cm² of the conditioned for 3 days, the test results CBR was 145.38% without conditioned, and conditioned for 3 days was 141.96%.

Keyword : Stability, Cement, Soil, Effectiveness

Abstrak

Stabilitas tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat mekanik tanah agar memenuhi syarat teknis, stabilitas semen bertujuan mengurangi sifat susut dan plastisitas tanah yang tinggi sehingga meningkatkan daya dukung tanah. Parameter uji laboratorium meliputi pengujian sifat fisik tanah dan sifat mekanis tanah dengan penggunaan semen tipe I dengan variasi kadar semen 0 %, 5 %, 10% dan 15 %. Penelitian dilakukan guna mengetahui efektifitas persentasi penambahan semen, uji laboratorium menyatakan efektifitas stabilitas penambahan semen sebesar 10 % dengan hasil uji tekan bebas sebesar 5,446 kg/cm² pada sampel yang tidak dikondisikan, dan 4,76 kg/cm² yang dikondisikan selama 3 hari, hasil pengujian CBR adalah 145,38 % tanpa dikondisikan, dan dikondisikan selama 3 hari adalah 141,96 %.

Kata kunci : Stabilitas, Semen, Tanah, Efektivitas

1. Pendahuluan

Kota Samarinda merupakan ibukota dari provinsi Kalimantan Timur, luas wilayah 718,000 km² dan terletak antara 116°15'16"-117°24'16" bujur timur serta 00°21'18"-10°09'16" lintang selatan. (BPS, Kota Samarinda. 2022). Kondisi tanah lempung yang tersusun berupa partikel mikroskopis dan submikroskopis yang didefinisikan sebagai golongan partikel berukuran di bawah 0,002 mm dan kebanyakan seperti pasir berwarna kuning kecoklatan atau berlumpur lengket.

Sifat-sifat tanah yang kurang sesuai dalam praktik geoteknik diperbaiki dengan penambahan aditif penstabil. Proses stabilisasi terletak pada pembentukan fase penguatan yang tidak larut. Stabilizer yang paling sering digunakan adalah OPC. (Reiterman, P., Mondschein, P., Dousova, B., & Davidova, V. 2022). Semen dapat meningkatkan sifat kekuatan lempung bermasalah, menurut tinjauan literatur. (Chegenizadeh, A., Kanagaratnam, A., Nikraz, H., & Keramatikerman, M. 2021).

Mengganti tanah yang buruk dengan bahan yang dipilih tidak realistis dan mahal karena volume pekerjaan tanah dasar yang sangat besar. Oleh karena itu, mengolah tanah yang buruk di tempat in situ adalah pilihan yang lebih baik, baik secara ekonomi maupun kenyataannya. Mekanisme yang banyak digunakan adalah menstabilkan tanah secara mekanis dan kimiawi. Stabilisasi mekanis adalah perbaikan sifat fisik dengan menggunakan teknik seperti pemadatan, pembasahan kering, prapembasahan, dan penguatan. (Amena, S., & Kabeta, W. F. 2022).

Campuran semen sering digunakan sebagai ukuran perbaikan tanah untuk menstabilkan tanah lunak dalam proyek penggalian dan pembuatan terowongan, serta untuk lereng dan pondasi. (Tyagi, A., Xiao, H. W., Chin, K. G., & Lee, F. H. 2019). Tanah-semen adalah campuran bahan kimia semen (biasanya disebut semen) dan bahan alami (biasanya disebut tanah). Produk ini memiliki peningkatan kekuatan geser yang signifikan untuk memenuhi persyaratan kekuatan dari aplikasi yang berbeda. Tanah-semen paling baik digambarkan sebagai campuran tanah-semen berbutir halus atau berbutir kasar sesuai dengan klasifikasi tanah, dan karenanya menyajikan sifat mekanik yang berbeda. (Fan, J., Wan, D., & Qian, D. 2018).

Bahan kimia tambahan yang paling menonjol adalah semen Portland biasa (OPC) yang telah digunakan secara luas selama sekitar 100 tahun. Semen portland adalah senyawa heterogen halus, terdiri dari empat oksida yang berbeda, seperti trikalsium silikat (C_3S), di-kalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan tetra kalsium alumino ferrat (C_4AF), di mana, C adalah CaO , S adalah SiO_2 , A adalah Al_2O_3 , F adalah Fe_2O_3 , dan H adalah H_2O . Mekanisme stabilisasi terdiri dari hidrasi, pertukaran kation, flokulasi dan reaksi pozzolan. Ketika tanah liat dicampur dengan semen dan air, hidrasi terjadi segera. (Barman, D., & Dash, S. K. 2022).

Stabilisasi tanah adalah beberapa kegiatan operasional yang menghilangkan perilaku tanah yang tidak sesuai. (Afrakoti, M. T. P., Choobbasti, A. J., Ghadakpour, M., & Kutanaei, S. S. 2020). Sebagai bahan komposit, yang dibentuk dengan perawatan dan pemadatan, tanah yang disemen dipadatkan biasanya dianggap dalam keadaan tidak jenuh. Kadar air, sifat-sifat tanah, jenis semen, kadar semen, suhu, umur pemeraman, metode pencampuran dan riwayat tegangan adalah beberapa faktor yang berpengaruh dalam kekuatan tanah yang disemen. (Kardani, N., Zhou, A., Shen, S. L., & Nazem, M. 2021).

Penelitian (Reiterman, P., Mondschein, P., Dousova, B., & Davidova, V. 2022), "*Utilization of concrete slurry waste for soil stabilization*" menyatakan limbah bubuk beton yang dipelajari mencapai efek stabilisasi sebesar 38% dibandingkan dengan dosis OPC yang sama dalam hal kekuatan tekan. Bahan limbah yang dipelajari memiliki potensi besar untuk mencapai penghematan ekonomi dan lingkungan.

Penelitian (Rimal, S., Poudel, R. K., & Gautam, D. 2019) "*Experiment study on properties of natural soil treated with cement kiln dust*" menyatakan penambahan debu *kiln* semen menyebabkan peningkatan kuat tekan bebas untuk kedua sampel tanah. Kuat tekan tak terikat dari sampel tanah yang diberi perlakuan debu *kiln* semen 2,5% (A) yang diuji segera setelah persiapan sampel diperoleh sebesar 0,761 kg/cm², sedangkan kuat tekan tak terikat dari tanah yang diolah debu tanur semen 10% ditemukan sebesar 10,552 kg/cm² pada hari ke-28. Demikian pula, kuat tekan tidak terikat dari sampel tanah (B) yang diberi perlakuan debu tanur semen 2,5% yang diuji segera setelah persiapan sampel adalah 0,692 kg/cm², sedangkan kuat tekan tidak terikat dari sampel tanah yang diberi perlakuan debu tanur semen 10% adalah 10,156 kg. /cm² pada hari ke-28.

Dengan demikian, debu *kiln* semen bertanggung jawab atas peningkatan kuat tekan tak terbatas tanah hampir 10 kali lipat.

Penelitian stabilitas tanah dicampur semen dengan persentasi 5, 10, dan 15 % menunjukkan bahwa berat kering maksimum, UCT, dan CBR meningkat dengan penambahan semen, pada UCT penambahan semen 15 % meningkatkan nilai kekuatan tekan dengan waktu keruntuhan yang cepat, pada penambahan semen 10 % nilai kekuatan tekan berkesinambungan meningkat dengan waktu keruntuhan lebih lama dari persentasi semen 15 %.

Dalam penulisan ini menganalisa hasil uji UCT dan CBR untuk sampel yang dikondisikan dan tidak dikondisikan guna mengetahui efektifitas penambahan persentasi semen pada stabilitas tanah dan semen.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan

Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian berasal dari kota Samarinda. Sampel yang terganggu serta tidak terganggu dan dibawa ke laboratorium untuk pengujian eksperimental sebagai bahan yang akan distabilisasi dengan semen, pengolahan tanah dan hasil batas atterbergnya, kadar air, dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifar Fisik Tanah

pengujian	hasil	Satuan
kadar air	33,97	%
berat jenis	2,629	-
batas cair	55,51	%
batas plastis	34,90	%
Indeks plastisitas	20,55	%

Kestabilan struktur tanah merupakan salah satu indikator terpenting terjadinya degradasi tanah. Pembentukan lapisan agregat dan pengisi yang terdiri dari partikel lempung, Fe atau Mn oksida, dan bahan organik dapat meningkatkan stabilitas agregat karena efek sementasi. Selain itu, pengurangan aliran air yang cukup besar melalui lapisan menyebabkan lambatnya pembasahan agregat tanah. (Pavlu, L., Kodesova, R., Vasat, R., Fer, M., Klement, A., Nikodem, A., & Kapicka, A. 2022). Gradasi sampel tanah diperoleh dengan menggunakan analisis ayakan. Hasil analisis ukuran partikel tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa Saringan

diameter	hasil	Satuan
4,74	99,6	%
2,00	98,2	%
0,85	97,4	%
0,425	96,6	%
0,25	96,1	%
0,106	93,5	%
0,075	93,1	%

Uji laboratorium tanah seperti analisis ukuran partikel (SNI 03-1968-1990 / ASTM D6913), uji batas Atterberg (SNI 03-1966-1990 / ASTM D4318), uji pemadatan (ASTM D698), kuat tekan bebas (SNI 03-1742-1989 / ASTM D2166), dan uji CBR (SNI 03-1744-1989 / ASTM D1883).

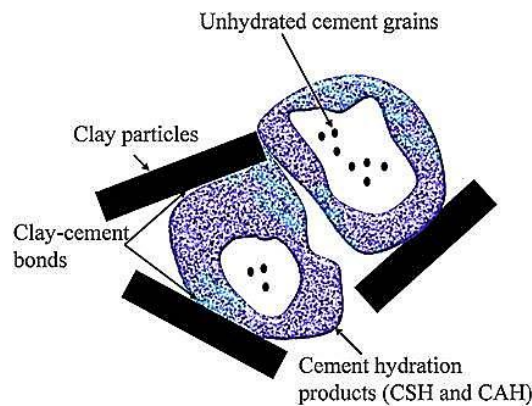
Semen portland biasa digunakan dalam penelitian ini untuk berfungsi sebagai pengikat hidrolis dalam bio-komposit. OPC digunakan sebagai stabilizer pertama karena merupakan bahan konvensional yang banyak digunakan. (Mahamat, A. A., Dayyabu, A., Sanusi, A., Ado, M., Obianyo, I. I., Stanislas, T. T., & Bih, N. L. 2022).

Kandungan semen (rasio berat semen dengan berat basah tanah yang diolah) dan rasio air-semen adalah dua parameter penting yang mempengaruhi kekuatan semen tanah yang kaya garam. Semen Portland biasa digunakan dalam percobaan. Komposisi semen dapat dilihat pada Tabel 3. (Xiong, F., Xing, H., & Li, H. 2019).

Tabel 3. Komposisi Semen Portland Biasa

komposisi	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	lain-lain
isi %	60-70	20-25	5-10	5-10	3-5

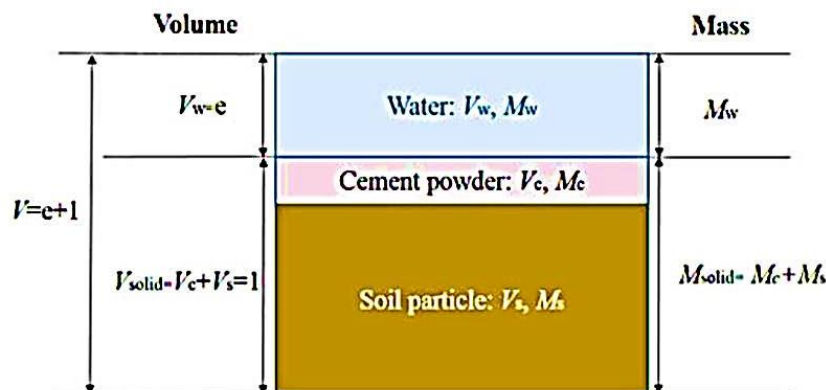
Ketika reaksi pozzolan tidak signifikan, butiran tanah diperkuat oleh produk hidrasi semen saja. Namun, seiring berjalannya waktu, ketika reaksi pozzolan terjadi, butiran tanah semakin diperkuat oleh produk semen. Akibatnya, ikatan antara butir-butir tanah cenderung menjadi lebih kuat dari waktu ke waktu dapat dilihat pada Gambar 1. (Barman, D., & Dash, S. K. 2022).



Gambar 1. Mekanisme Pengembangan Kekuatan Produk Hidrasi Semen

2.2 Persiapan Sampel

Semen dan tanah dicampur dengan persentasi 5, 10, dan 15 % dengan parameter pemadatan standar, UCT, dan CBR. Untuk mendapatkan sampel tanah campuran seragam, semen dicampur bersama-sama untuk setiap percobaan. Kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum tanah ditentukan dari uji pemadatan digunakan untuk membentuk sampel yang distabilkan untuk uji CBR dan UCT. Secara umum kuat tekan tanah cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan semen, menurut diagram fasa kadar semen dan kadar air total dapat dilihat pada Gambar 2. (Yao, K., Pan, Y., Jia, L., Yi, J. T., Hu, J., & Wu, C. 2019).



Gambar 2. Diagram Fasa Semen

Kadar semen A_w , menggunakan Persamaan (1).

$$A_w = \frac{M_c}{M_s} \times 100 (\%) \quad (1)$$

Dimana : M_c = kering padat semen, M_s = kering padat tanah

Kadar air C_w , menggunakan Persamaan (2).

$$C_w = \frac{M_w}{M_c + M_s} \times 100 (\%) \quad (2)$$

Dimana : M_w = Air, M_c = kering padat semen, M_s = kering padat tanah

Kuantitas C_w , yang didefinisikan sebagai kadar air total, berbeda dari definisi tradisional kadar air (M_w/M_c), karena, pada tahap pencampuran awal tanah liat yang disemen, bubuk semen juga dapat diperlakukan sebagai sejenis padatan.

2.3 Variasi Sampel

Sampel pengujian CBR terdiri sampel yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan dengan, pengujian proctor standar terdiri sampel yang tidak dikondisikan, sampel pengujian UCT terdiri yang dikondisikan dan yang tidak dikondisikan, jumlah sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Jumlah dan Variasi Sampel

parameter uji	kadar semen (%)	dikondisikan	tidak dikondisikan	total
pemadatan standar	0, 5, 10, 15	-	4	4
UCT	0, 5, 10, 15	4	4	8
CBR	0, 5, 10, 15	4	4	8

2.4 Standar Proctor

Uji standar proctor dilakukan untuk mendapatkan kurva kadar air dan kepadatan kering bahan tanah. (Hu, W., Polaczyk, P., Gong, H., Ma, Y., & Huang, B. 2022). Uji standar proctor untuk menentukan OMC dan MDD masing-masing sampel tanah. Hubungan antara kadar air dan kerapatan kering dari masing-masing tanah. (Lakshmi, S. M., Gani, M. A., Kamalesh, V., Mahalakshmi, V., & Padmesh, P. M. 2020).

Perhitungan pemadatan dilakukan dengan menentukan suatu nilai berat isi kering (γ_d maks) dengan kadar air tertentu (W_{opt}). Nilai ini didapatkan dengan kurva uji pemadatan suatu sampel tanah dengan variasi nilai kadar air (w) menggunakan Persamaan (3).

$$\gamma = \frac{W_{sm}}{V_m} \text{ gr/cm}^3 \quad (3)$$

Dimana : γ = berat isi basah, W_{sm} = berat tanah dalam *mould*, V_m = volume *mould*

2.6. Unconfined Compressive Test

Metode pengujian ini meliputi penentuan Nilai kuat tekan bebas q_u adalah besarnya tekanan axial (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan tanah sebesar 20 %.

Untuk sampel tanah-semen, uji tekan tak terbatas dapat dilakukan setelah sampel diawetkan untuk jangka waktu yang tepat, Rasio pemuatan dikontrol pada 1 mm/menit. contoh tanah-semen untuk uji tekan tak terkekang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian UCT

Perhitungan kuat tekan tak terikat q_u dari tanah dapat dilihat pada Persamaan (4).

$$Q_u = \frac{F}{A} \quad (4)$$

Dimana : q_u = kuat tekan tak terbatas sampel. MPa, F = beban penghancur, A = area tekan sampel.

2.6 California Bearing Ratio

Nilai CBR biasanya ditentukan di laboratorium penelitian atau langsung di lapangan, dalam percobaan ini dilakukan upaya untuk menghitung nilai CBR dan sifat indeks tanah dan mengembangkan hubungan di antara keduanya sehingga dapat diperoleh nilai CBR yang akurat dalam waktu yang lebih singkat. (Bharath, A., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., Reshma, T. V., & Preethi, S. 2021).



Gambar 4. Pengujian CBR

Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 (0,64 mm), sehingga mencapai penetrasi 0,5 inc (12,4 mm), nilai CBR dihitung dengan cara membagi masing-masing beban dengan standar CBR pada penetrasi 0,1 inchi dengan beban standar 70,31 kg (1000 psi), penetrasi 0,2 inchi dengan beban standar 105,47 kg (1500 psi), dan hasil dari pembagian beban standar CBR dinyatakan dalam persen (%). Uji CBR dapat dilihat pada Gambar 4.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Atterberg Limit

Batas Atterberg (batas cair dan batas plastis) dan indeks plastisitas tanah, awalnya diusulkan oleh Atterberg (1911), sangat penting untuk aplikasi teknik sipil. Misalnya, batas Atterberg berfungsi sebagai dasar untuk mengukur potensi pembengkakan dan atau penyusutan bahan rekayasa. Metode yang populer untuk menentukan batas cair (LL) adalah metode cangkir Casagrande klasik. (Arthur, E., Rehman, H. U., Tuller, M., Pouladi, N., Norgaard, T., Moldrup, P., & Jonge, L. W. D. 2021).

Hasil pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Atterberg Limit Tanah Lempung dan Semen

kadar semen (%)	liquid limit (%)	plastic limit (%)	indeks plastisitas (%)
0	55,511	34,958	20,553
5	50,816	31,429	19,378
10	49,592	32,619	16,973
15	47,487	32,720	14,767

3.2. Pemadatan Standar

Uji pemadatan Standard Proctor dilakukan mengikuti standar SNI 03-1742-1989, tanah kering udara disiapkan dengan prosedur yang disajikan sebelumnya. Air kemudian ditambahkan ke dalam tanah untuk mencapai kadar air yang berbeda. Pada setiap kadar air, tanah dipadatkan secara dinamis dalam tiga lapisan ke dalam cetakan Proctor, dengan 25 pukulan palu untuk setiap lapisan. Sampel yang dipadatkan dipotong dengan cara menggores penggaris di bagian atas cetakan. Kepadatan sampel yang dipadatkan kemudian ditentukan dengan mempertimbangkan massa sampel dan volume cetakan, sebagian sampel diambil untuk penentuan kadar air. (Ying, Z., Cui, Y. J., Benahmed, N., & Duc, M. 2021).

Hasil pemadatan standar tanah stabilisasi semen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pemadatan Standar Stabilisasi Semen

kadar semen (%)	w opt (%)	γ_d (gr/ml)
0	19,54	1,436
5	12,69	1,973
10	7,54	2,198
15	7,30	2,210

3.3 Uncounfined Compressive Test

Pengujian ini adalah Pemberian beban vertical yang dinaikkan secara bertahap pada benda uji berbentuk selinder yang didirikan bebas sampai terjadi keruntuhan, Pembacaan beban dilakukan pada interval rengangan aksial tetap tertentu yang dapat dicapai dengan mempertahankan kecepatan pembebanan dengan besaran tertentu selama pengujian berlangsung. Tes kompresi tidak terbatas dilakukan sesuai dengan standar. Permukaan pelat atas dan bawah dilumasi dengan minyak

silikon untuk mengurangi gesekan. Pembebanan aksial diterapkan pada laju perpindahan 1 mm per menit dan berlanjut sampai kegagalan. (Shibi, T., & Ohtsuka, Y. 2021).

Hasil uji *unconfined compressive* sampel tanah tanpa perendaman atau tidak dikondisikan dilakukan sesuai SNI 03-1742-1989 / ASTM D2166 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kuat Tekan Tidak Dikondisikan

kadar semen (%)	qu (kg.cm ²)
0	2,997
5	4,231
10	5,446
15	5,446

Hasil uji *unconfined compressive* sampel tanah dengan perendaman atau dikondisikan selama 3 hari dilakukan sesuai SNI 03-1742-1989 / ASTM D2166 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Kuat Tekan Dikondisikan

kadar semen (%)	qu (kg.cm ²)
0	1,587
5	4,408
10	4,760
15	7,052

3.4 Cbr test

Rasio bantalan California (CBR) dan parameter proctor yang dimodifikasi (berat satuan kering maksimum) dan kadar air optimum adalah indikator berharga dari kualitas pemadatan tanah dasar. (Duque, J., Fuentes, W., Rey, S., & Molina, E. 2020). Pengujian CBR yang tidak dikondisikan direndam dengan pemeraman 1 hari, sedangkan yang dikondisikan diperam terlebih dahulu selama 1 hari kemudian sampel direndam selama 4 hari. dan sampel dapat dilakukan pengujian CBR. Uji CBR dilakukan sesuai SNI 03-1744-1989 / ASTM D1883, nilai CBR dari keempat sampel yang dibuat dengan pemadatan standar yang tidak dikondisikan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. CBR Tidak Dikondisikan

kadar semen (%)	CBR (%)
0	17,10
5	57,30
10	145,38
15	172,74

Hasil CBR yang dikondisikan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. CBR Yang Dikondisikan

kadar semen (%)	CBR (%)
0	10,26
5	54,73
10	141,96
15	165,05

4. Kesimpulan

Efektivitas penambahan semen sebagai stabilitas perbaikan karakteristik tanah meninjau uji *Unconfined compressive test* tanpa dikondisikan dengan penambahan semen 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 % berurutan nilai qu 2,997 kg/cm² ; 4,321 kg/cm² ; 5,446 kg/cm² ; 5,446 kg/cm². *Unconfined compressive test* yang dikondisikan dengan penambahan semen 0 %, 5 %, 10 %, dan 15 % berurutan nilai qu 1,587 kg/cm² ; 4,408 kg/cm² ; 4,760 kg/cm² ; 7,052 kg/cm², pada *Unconfined compressive test* yang dikondisikan penambahan semen 10 % dengan qu 4,760 kg/cm² dengan waktu keruntuhan agak lama yang dinyatakan bahwa karakteristik bersifat elastis wajar dengan kecenderungan material dapat berdeformasi setelah menerima beban, penambahan semen 15 % dengan qu 7,052 kg/cm² dengan keruntuhan cepat yang dinyatakan bahwa karakteristik material bersifat getas, dengan rasio 0,675.

Daftar Pustaka

- Afrakoti, M. T. P., Choobbasti, A. J., Ghadakpour, M., & Kutanaei, S. S. (2020). Investigation of the effect of the coal wastes on the mechanical properties of the cement-treated sandy soil. *Construction and Building*, 239, 117848, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117848>.
- Amena, S., & Kabeta. W. K. (2022). Mechanical behavior of plastic strips-reinforced expansive soil stabilized with waste marble dust. *Hindawi, Advances in Civil Engineering*, 1-8, <https://doi.org/10.1155/2022/9807449>
- Arthur, E., Rehman, H. U., Tuller, M., Pouladi, N., Norgaard, T., Moldrup, P., & Jonge, L. W. D. (2021). Estimating atterberg limits of soil from hygroscopic water content. *Geoderma*, 381, 114698, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114698>.
- Barman, D., & Dash, S. K. (2022). Stabilization of expansive soils using chemical additives: a review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1-24, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.02.011>.
- Bharath, A., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., Reshma, T. V., & Preethi, S. (2021). Influence and correlation of maximum dry density on soaked & unsoaked CBR of soil. *Material Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.232>.
- BPS. (2022). Kota Samarinda dalam angka. ISSN: 0215-2398, No. Publikasi: 64720.2101, CV. Mahenda Mulya.
- Chegenizadeh, A., Kanagaratnam, A., Nikraz, H., & Keramatikerman, M. (2021). Sodium chloride impact on cemented clay. *Results in Engineering*, 11, 100256, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021.100256>.
- Duque, J., Fuentes, W., Rey, S., & Molina, E. (2020). Effect of grain size distribution on california bearing ratio (cbr) and modified proctor parameters for granular materials. *Arabian Journal for Science and Engineering*, <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04673-6>.
- Fan, J., Wan, D., & Qian, D. (2018). Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforced. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 10, 791-797, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.03.004>.
- Hu, W., Polaczyk, P., Gong, H., Ma, Y., & Huang, B. (2022). Visualization and quantification of soil laboratory impact compaction. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14, 616-624, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.07.001>.
- Kardani, N., Zhou, A., Shen, S. L., & Nazem, M. (2021). Estimating unconfined compressive strength of unsaturated cemented soils using alternative evolutionary approaches. *Transportation Geotechnics*, 29, 100591, <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100591>.

- Lakshmi, S. M., Gani, M. A., Kamallesh, V., Mahalakshmi, V., & Padmesh, P. M. (2020). Correlating unsoaked cbr with ucc strength for sc and sp soil. *Materials Today: Proceedings*, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.028>.
- Mahamat, A. A., Dayyabu, A., Sanusi, A., Ado, M., Obianyo, I. I., Stanislas, T. T., & Bih, N. L. (2022). Dimensional stability and strength appraisal of termite hill soil stabilisation using hybrid bio-waste and cement for eco-friendly housing. *Heliyon*, 8, e09406, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09406>.
- Pavlu, L., Kodesova, R., Vasat, R., Fer, M., Klement, A., Nikodem, A., & Kapicka, A. (2022). Estimation of the stability of topsoil aggregates in areas affected by water erosion using selected soil and terrain properties. *Soil & Tillage Research*, 219, 105348, <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105348>.
- Reiterman, P., Mondschein, P., Dousova, B., & Davidova, V. (2022). Utilization of concrete slurry waste for soil stabilization. *Case Studies in Construction Materials*, 16, e00900, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00900>.
- Rimal, S., Poudel, R. K., & Gautam, D. (2019). Experimental study on properties of natural soils treated with cement kiln dust. *Case Studies in Construction Materials*, 10, e00223, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00223>.
- Shibi, T., & Ohtsuka, Y. (2021). Influence of applying overburden stress during curing on the unconfined compressive strength of cement-stabilized clay. *Soil and Foundations*, 61, 1123-1131, <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.03.007>.
- Tyagi, A., Xiao, H. W., Chin, K. G., & Lee, F. H. (2019). Model for predicting the unit weight of cement-treated soil. *Soil and Foundations*, 59, 1921-1932, <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.09.002>.
- Xiong, F., Xing, H., & Li, H. (2019). Eksperimental study on the effects of multiple corrosive ion coexistence on soil-cement characteristics. *Soil and Foundations*, 59, 398-406, <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.12.001>.
- Yao, K., Pan, Y., Jia, L., Yi, J. T., Hu, J., & Wu, C. (2019). Strength evaluation of marine clay stabilized by cementitious binder. *Marine Georesources & Geotechnology*, <https://doi.org/10.1080/1064119X.2019.1615583>.
- Ying, Z., Cui, Y. J., Benahmed, N., & Duc, M. (2021). Salinity effect on the compacting behavior, matric suction, stiffness and microstructure of a silty soil. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 13, 855-863, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2021.01.002>.