

Stabilisasi Tanah dan Semen Sebagai Peningkatan Karakteristik Tanah

Eryq Setiawan¹, Syahrul², Findia³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: ¹eryqsetiawan@gmail.com, ²syahrulsipil@rocketmail.com, ³findia.1880@gmail

Artikel Informasi

Riwayat Artikel

Diterima, 02 / 02 / 2022

Direvisi, 18 / 02 / 2022

Disetujui, 28 / 02 / 2022

Kata Kunci:

Stabilisasi

semen

Lempung organic

Keywords:

Stabilization

Cement

Organic clay

ABSTRAK

Tanah lempung merupakan tanah yang tersusun dari berbagai material antara lain kaolinite, montmorillinite dan illite group. Mineral montmorillinite mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air, sangat mudah untuk mengembang dan menyusut. Tinggi rendahnya tingkat kembang (swelling) dan susut (shrinkage) tanah lempung ditentukan oleh tinggi rendahnya kandungan montmorillinite pada butiran lempung. Untuk memperbaiki sifat tanah dilakukan stabilisasi terhadap tanah dengan mencakup pengujian sifat fisis tanah dan mekanis. Pada penelitian ini menggunakan penambahan presentase 5%, 10%, dan 15% semen, stabilisasi dengan semen berpengaruh terhadap penurunan sifat indeks platisitas, uji kuat tekan meningkat dan CBR (california bearing ratio) meningkat. Perbaikan tanah terjadi pada presentase semen stabilisasi 15%.

ABSTRACT

Clay soil is a soil composed of various materials, including kaolinite, montmorillinite and illite group. The mineral montmorillinite has a sensitivity to the influence of water, it is very easy to expand and shrink. The level of swelling and shrinkage of clay soil is determined by the high and low content of montmorillinite in the clay grains. To improve soil properties, stabilization of the soil is carried out by including testing the physical and mechanical properties of the soil. In this study using the addition of a percentage of 5%, 10%, and 15% cement, stabilization with cement affects the decrease in the properties of the plasticity index, the compressive strength test increases and the CBR (california bearing ratio) increases. Soil improvement occurred at 15% stabilization cement percentage.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Penulis Korespondensi:

Eryq Setiawan

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik,

Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

Email: eryqsetiawan@gmail.com

PENDAHULUAN

Pencampuran tanah biasanya digunakan untuk meningkatkan kekuatan (Ruffing, D. G., & Moran, A. R. 2016), 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., Wang, D., & Qian, D. 2018). Semen potland adalah bahan heterogen yang terdiri dari C₃S, C₂S, C₃A, dan C₄AF, serta sejumlah kecil magnesium oksida, gipsum, dan kapur (bebas) yang tidak bereaksi. Komponen semen portland bereaksi dengan air dalam reaksi hidrasi. reaksi pozzolan dan hidrasi semen menginduksi fase baru: struktur nano C-S-H dan C-A-H (Amiri, M., Sanjari, M., & Porhonor, F. 2022).

Partikel - partikel tanah disebut dengan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah proses perbaikan dengan cara memperbesar berat volume tanah, Memperkecil kompresibilitas, Sehingga dapat mencegah terjadinya Penurunan (*settlement*). Stabilisasi tanah diperlukan apabila tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, Premibilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak sesuai dengan kestabilan tanah pada umumnya. Penelitian ini memberikan informasi mengenai stabilitas tanah dengan semen guna meningkatkan karakteristk tanah. Penelitian (Luhur, B. dkk 2016), stabilitas tanah gambut dengan campuran portland cement di tinjau dari nilai california bearing ratio (CBR), menyatakan CBR 0 % = 1,98 gr/cc, 2 % = 2,19 gr/cc, 4 % = 2,18 gr/cc, 6 % = 2,26 gr/cc. Nilai CBR meningkat pada 6 % = 2.26g/cc.

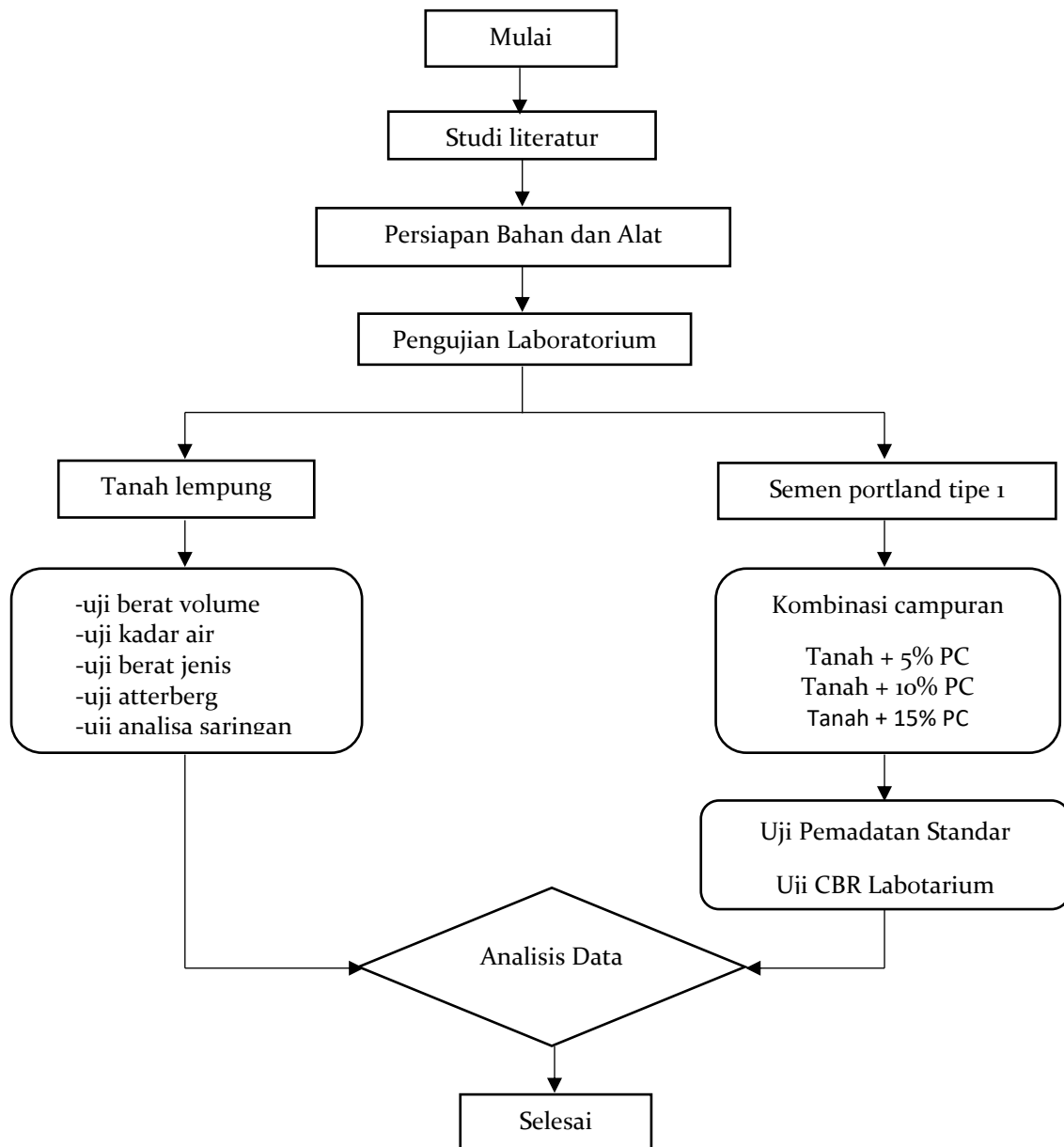
Penelitian (Kambu, O., & Utami, G. S., 2020), pengaruh waktu pemeraman pada stabilitas tanah lempung dengan campuran limbah batu gamping di tinjau dari kuat geser tanah, menyatakan penambahan prosentase limbah batu gamping dan waktu pemeraman pada stabilisasi tanah lempung dapat menurunkan sifat plastisitas dan menaikkan parameter kuat geser. Nilai indek plastisitas terkecil pada campuran 12 % waktu pemeraman 18 hari (IP=16.37%) nilai kohesi terbesar pada campuran 12% pemeraman 12 hari (C=0.3467Kg/cm²) dan sudut geser dalam pada 12% pemeraman 18 hari ($\phi=81.73^\circ$). Prosentase limbah batu gamping optimum sebagai campuran stabilisasi tanah lempung adalah batu gamping 12 % dengan pemeraman 12 hari baik untuk menurunkan sifat plastisitas dan menaikkan nilai parameter kuat geser tanah. Penelitian (Simanjuntak, M. R. A., Lubis, K., & Rangkuti, N. M., 2017), stabilitas tanah lempung dengan campuran pasir pantai terhadap nilai CBR menyatakan dalam 3 variasi, yaitu: 0%, 15%, 30%, dengan hasil berturut-turut 6,803; 10,339; 14,409, penambahan pasir kuarsa pada tanah lempung peningkatan nilai *California Bearing Ratio*. Penelitian stabilisasi tanah lempung menggunakan semen dengan presentase 5%, 10,% dan 15% untuk stabilitas tanah lempung. Tujuan penelitian mengetahui efektifitas semen dalam meningkatkan karateristik tanah

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan tanah lempung yang diambil dari Sungai Siring, Samarinda Utara dan menggunakan semen portland tipe 1 sebagai campuran stabilisasi. penggunaan semen portland tipe 1 yang memiliki susunan senyawa trikalsium, suatu senyawa yang berfungsi sebagai perekat dan dapat mengeras jika bereaksi dengan air sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah. Semen dapat meningkatkan sifat kekuatan tanah liat bermasalah, semakin tinggi

kandungan semen, semakin banyak produk hidrasi yang dibuat, memastikan kekuatan struktur (Chegenizadeh, A., Kanagaratnam, A., Nikraz, H., & Keramatikerman, M. 2021).

Pemahaman yang lebih baik tentang perilaku mekanis tanah lunak yang distabilkan secara kimia sangat penting untuk keberhasilan penerapan metode pencampuran dalam di lapangan (Suganya, K., Sivapullaiah, P. V. 2020). Tahapan penelitian secara keseluruhan dapat dilihat dalam bentuk bagan alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam 3 tahapan yaitu pekerjaan persiapan pekerjaan lapangan berupa pengambilan sampel tanah lempung di Sungai Siring dan pekerjaan labotarium mencakup pengujian sifat fisik tanah, sifat fisik mekanik tanah. Perencanaan penelitian dibuat agar pelaksanaan berjalan dengan lancar sehingga mendapatkan hasil sesuai dengan tepat waktu yang telah direncanakan. Parameter pengujian sifat fisik tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Parameter	Satuan	Standar
kadar air	%	SNI 03-1965-1990
berat jenis	-	SNI 03-1964-1990
atterberg limit	%	SNI 03-1966-1990
analisa saringan	%	SNI 03-1968-1990

Pengujian sifat mekanis tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Parameter	Satuan	Standar
pemadatan standar	%	SNI 03-1742-1989
CBR laboratorium	%	SNI 03-1744-1989
kuat tekan bebas	%	SNI 03-1966-1990
analisa saringan	%	SNI 03-6887-2002

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 bagian, berupa pengujian karakteristik fisik tanah dan pengujian karakteristik mekanis tanah. Pengujian karakteristik fisik tanah terdiri dari uji kadar air, uji berat volume, uji berat jenis tanah, uji batas-batas konsistensi (batas cair, batas plastis, batas susut), analisis granuler (uji analisis saringan), dan uji proktor standar. Sedangkan pengujian karakteristik mekanis tanah adalah uji CBR (*California Bearing Ratio*) dan kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*), hasil pengujian fisik tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Fisik Tanah

Pengujian	Hasil	Satuan
analisa saringan		
Diameter:		
4,74	99,6	%
2	98,2	%
0,85	97,4	%
0,425	96,6	%
0,25	96,1	%
0,106	93,5	%
0,075	93,1	%
kadar air	28,581	%
berat Jenis	2,603	gram
batas-batas konsistensi		
batas cair	55,512	%
batas plastis	34,9	%
indeks platisitas	20,61	%

Hasil pengujian sifat mekanis tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Mekanis Tanah

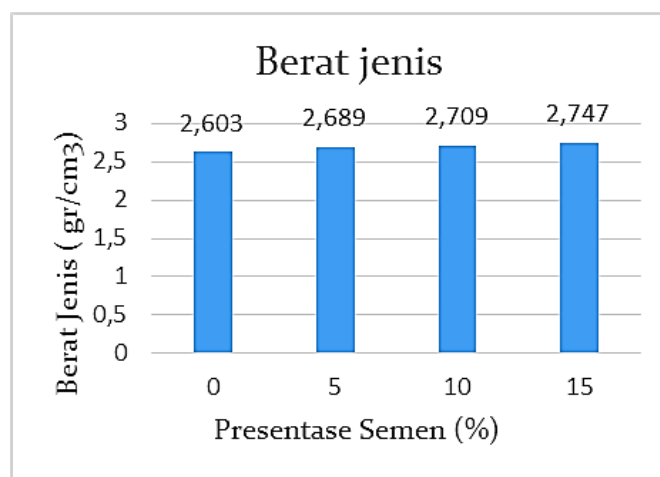
Pengujian	Hasil	Satuan
Uji Proctor standart		
Berat isi Maksimum	1,74	%
Kadar air optimum	19,54	gram/cm ³
Uji Kuat tekan bebas		
Maks qu Tanpa pemeraman	2,997	kg/cm ²
Maks qu pemeraman	2,468	kg/cm ²
Uji CBR		
Penetrasi rendaman 0,1 dan 0,2	10,26 dan 19,24	%
Penetrasi tanpa rendaman 0,1 dan 0,2	17,10 dan 30,78	%

Hasil pengujian tanah asli yang di stabilisasi, pengujian berat jenis tanah lempung dengan campuran semen dapat dilihat bahwa nilai berat jenis semakin meningkat, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Berat Jenis Yang Distabilisasi

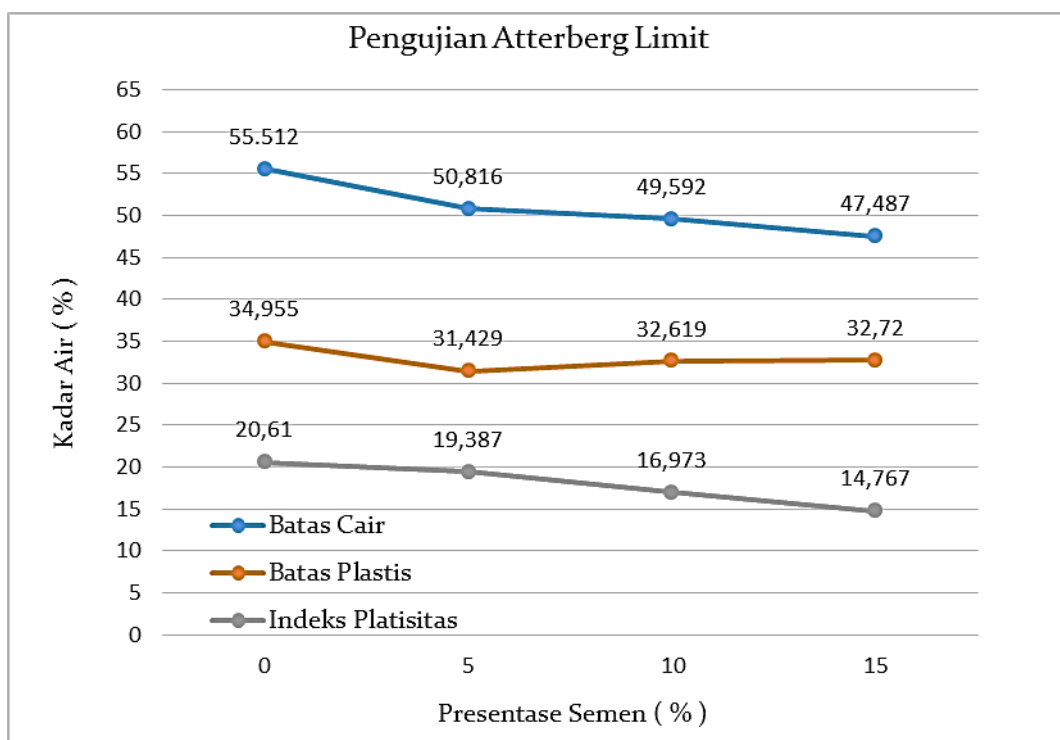
Kadar Semen (%)	Berat Jenis (Gr/Cm ³)
0	2,546
5	2,689
10	2,709
15	2,747

Seiring bertambahnya semen, tanah lempung mengalami berat jenis campuran. Dapat dilihat sebelum penambahan semen hasil yang didapat pada tanah asli 2,603 % dan setelah penambahan presentase semen 5%, berat jenisnya meningkat menjadi 2,689 %, meningkat lagi ketikata di presentase 10 % didapat 2,709% dan pada presentase 15 % peningkatan menjadi 2,747%.Nilai berat jenis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Berat Jenis Yang Distabilisasi

Pengujian *atterberg limit* tanah Lempung dengan campuran portland semen tipe 1, pengaruh penambahan portland semen tipe 1 terhadap nilai batas cair (LL), batas Platisitas (PL) dan indeks platisitas (IP) dapat dilihat Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Pengujian Atterberg Tanah Lempung Dengan Semen

Stabilisasi semen 5% batas cair menjadi menurun 50,86%, stabilisasi semen sebesar 10% menurun 49,59% dan stabilisasi semen sebesar 15% menurun 47,48%, Penurunan batas cair hasil stabilisasi dikarenakan semen yang mengandung silika dan kapur mengikat air pada tanah asli yang cukup besar dengan terikatnya pada tanah lempung oleh semen maka terjadilah penurunan terhadap batas cair. Pengujian batas plastis stabilisasi semen 5% menurun 31,42%, stabilisasi semen 10% batas plastis meningkat 32,61%, stabilisasi semen 15% batas plastis lebih meningkat 32,72%

Pengujian indeks platisitas stabilisasi semen 5%, indeks platisitas menurun 19,38%, stabilisasi semen 10%, indeks plastis menjadi menurun signifikan 16,97% dan penurunan terbesar 14,76 % penambahan semen 15%. Fenomena dalam pengujian *attarberg limit* terjadinya pertukaran-pertukaran ion-ion K^+ (Pottasium) dan Na^+ (Sodium) yang terkandung dalam tanah lempung oleh ion-ion Ca^{++} dan Mg^{++} yang terkandung di dalam semen. Pertukaran kation pada partikel-partikel lempung membuat ukuran partikel menjadi bertambah besar dan mengurangi indeks platisitas tanah yang kemudian diikuti oleh penurunan potensu pengembangan tanah. Penambahan semen juga akan meningkatkan derajat keasamaan (pH) tanah yang berakibat pada peningkatan kapasitas pertukaran ion-ion positif (Kation).

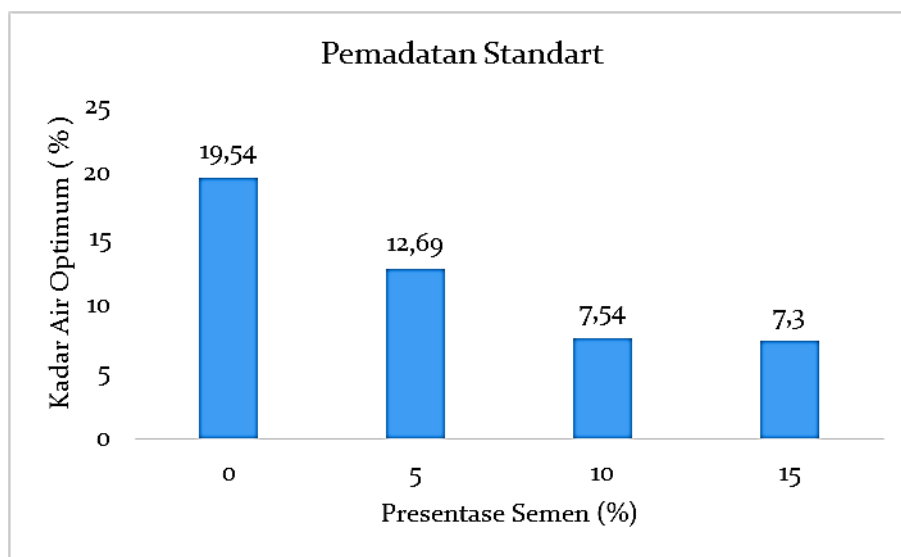
Selain itu, Silica (SiO_2), dan alumina (Al_2O_3) dari semen bercampur dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung dan menempel pori-pori tanah, Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan sementasi yang lebih sulit ditembus air akan membuat campuran tanah-semen lebih tanah terhadap penyerapan dir sehingga menurunkan sifat platisitas.

Hasil Pengujian Pemadatan Standart tanah yang distabilisasi bisa dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Pemadatan Standart

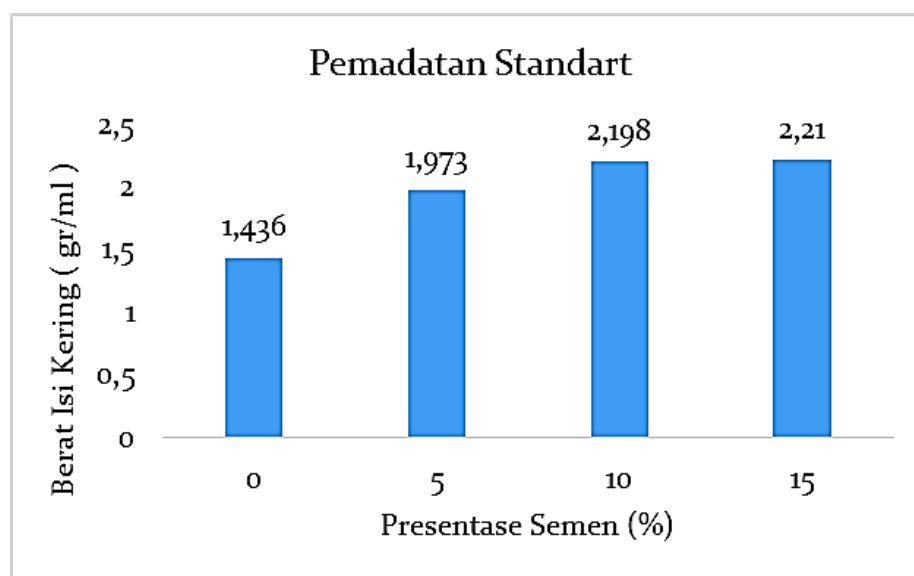
Kadar Semen (%)	W Opt (%)	γ Dry (Gr/MI)
0	19,54	1,436
5	12,69	1,973
10	7,54	2,198
15	7,3	2,210

Kadar air optimum dan persentasi semen dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kadar Air dan Persentasi Semen

Berat isi kering dan persentasi semen dapat dilihat pada Gambar 5.

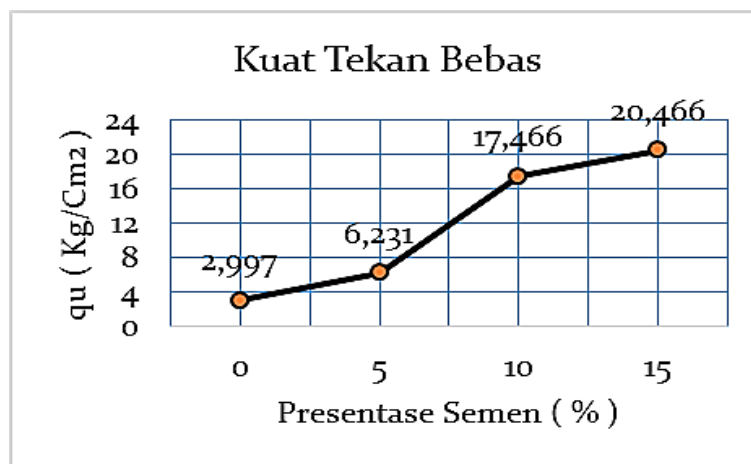


Gambar 5. Berat Isi Kering dan Persentasi Semen

Stabilisasi semen 5% kadar air optimum menurun 12,69%, stabilisasi semen 10% kadar air optimum menurun 7,54% dan stabilisasi semen 15% penurunan 7,3%, pengujian berat isi kering pemadatan standart kadar semen 5% = 1,97% nilai berat isi kering meningkat dari tanah asli, stabilisasi kadar semen 10% nilai berat isi kering meningkat 2,19%, dan stabilisasi tanah presentase 15% meningkat 2,21%. Hasil pemadatan standar stabilisasi semen mampu menurunkan kadar air optimum dan meningkatkan berat volume kering tanah. Semen mengisi rongga pori tanah, pada kondisi tanah asli, rongga tersebut terisi oleh air dan udara.

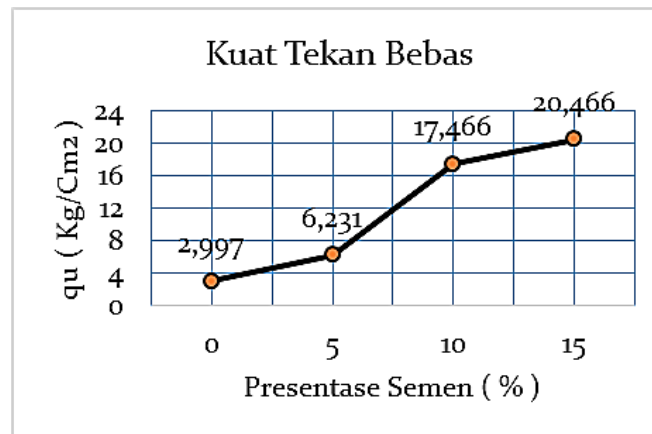
Adanya semen dalam rongga pori tanah, presentase air di dalam tanah berkurang. Peningkatan jumlah partikel padat pada tanah berdampak pada peningkatan berat volume keringnya pada kondisi tanah asli. Selain meningkatnya kepadatan maksimum ini disebabkan adanya reaksi posolanik yang semakin meningkat karena unsur-unsur SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 yang bertambah. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silika (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat, reaksi dari ion Ca^{2+} dengan Silikat (SiO_2), dan aluminat (Al_2O_3) dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen sehingga mengikat partikel-partikel tanah.

Hasil pengujian kuat tekan bebas ini terbagi menjadi 2 benda uji yang mana sampel yang langsung diuji tanpa peraman dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Kuat Tekan Tanpa Peraman

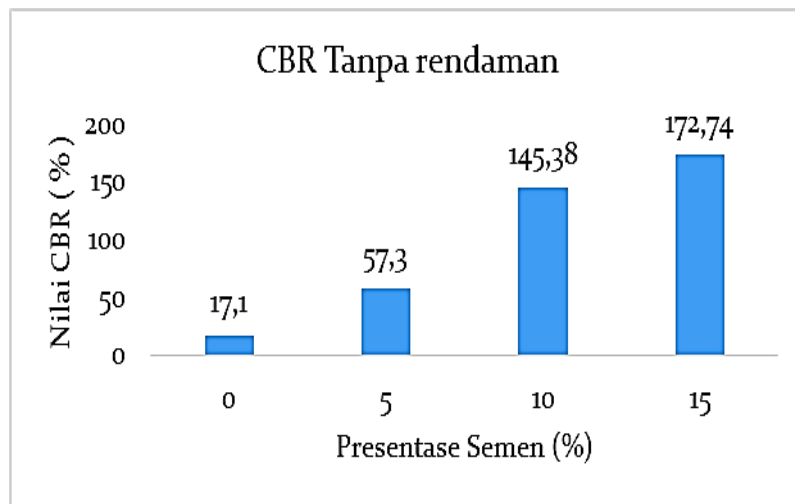
Sampel uji yang diperam selama 3 hari dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Kuat Tekan Peraman 3 Hari

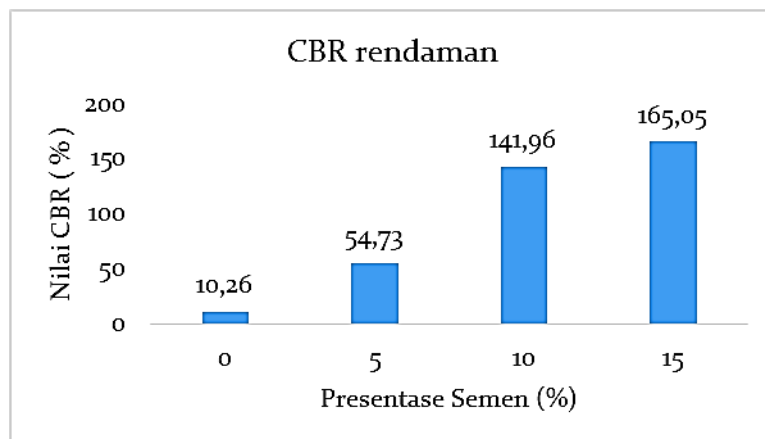
Dengan adanya dua hasil sampel yang diatas antara yang langsung di uji dan diperam selama 3 hari untuk melihat waktu pengaruhmengikatnya semen terhadap tanah lempung adapun terjadinya kenaikan kuat tekan ini dikarenakan adanya absorsi air oleh semen dan reaksi pertukaran ion dan membentuk kalsium silikat dan kalsium aluminat yang menyebabkan kekuatan tanah meningkat. Dengan adanya reaksi pozolan membuat partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah lebih baik.

Pengujian CBR menggunakan 2 sampel yaitu metode sampel yang langsung diuji dengan sampel yang diperam selama 4 hari. Hasil CBR tanpa rendaman dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 . Nilai CBR Tanpa Peraman

CBR tanpa rendaman dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai CBR Dengan Peraman 4 hari

CBR tanpa rendaman stabilisasi tanah semen presentase 5% sebesar 57,3 % daya dukung tanah meningkat dicampur dengan semen, presentase campuran tanah semen 10% daya dukung tanah meningkat 145,38% kenaikan ini cukup tinggi dari tanah asli yang tanpa distabilisasi dan pada presentase stabilisasi tanah semen 15% daya dukung lebih meningkat 172,74 %.

Pengujian CBR rendaman presentase stabilisasi tanah semen 5% nilai daya dukung tanah 54,73% angka ini cukup jauh dari CBR tanah asli yang direndam 10,26%, Sedangkan untuk stabilisasi tanah semen presentase 10% nilai daya dukung 141,96%, dan stabilisasi tanah semen presentase 15% = 165,05%.

Jika dibandingkan CBR tanpa rendaman dan CBR yang direndam, nilainya cukup rendah hal ini dipengaruhi sifat semen yang lemah terhadap air. Nilai CBR yang direndam pada pengujian menunjukkan angka yang stabil. Hasil 2 pengujian CBR tanah lempung dengan campuran semen meningkatkan nilai daya dukungnya.

Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah semen membentuk butiran-butiran baru yang lebih keras sehingga lebih kuat menahan beban yang diberikan. Semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah yang digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (flokulasi). Selain proses flokulasi yang terjadi dalam stabilitas tanah, terjadi pula proses pozzolan, proses hidrasi dan proses sementasi.

Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau almunium silikat. Reaksi dari ion Ca^{2+} dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (Hydrated gel) sehingga mengikat partikel-partikel tanah. Proses sementasi dapat juga terjadi karena sifat semen bila bercampur dengan air yang sesuai akan pozzolan/sementasi. Mekanisme terjadinya setting dan hardening (pengikatan dan pengerasan) yaitu ketika terjadi pencampuran dengan air, maka akan terjadi bersifat kaku dan berbentuk gel.

KESIMPULAN

Pengujian di laboratorium memberikan perubahan sifat tanah sebelum di stabilisasi, plastisitas sebesar 20,61 %, kadar air optimum pada pemadatan standard 19,54 %, berat jenis tanah asli sebesar 2,60 %, uji kuat tekan bebas tanah asli yang tanpa diperam mendapatkan nilai qu sebesar 2,99 kg/cm^3 , untuk pengujian kuat tekan bebas tanah dengan pemeraman selama 3 hari mendapatkan nilai sebesar 2,468 kg/cm^3 , pengujian CBR tanah asli yang direndam mendapatkan nilai 10,26 %, sedangkan nilai CBR yang tanpa direndam mendapatkan nilai 17,1 %. Perubahan karakteristik tanah pada saat di stabilisasi uji indeks plastisitas semen 5%, 10% dan 15% kadar indeks plastisitas menurun, penurunan terbesar presentase 15% = 5,79 %, hasil pemadatan standart penambahan 5%, 10%, dan 15% meningkatkan γ_d maks menjadi 1,97 gr/cm^3 , 2,19 gr/cm^3 dan 2,21 gr/cm^3 dan kadar air optimum sebesar 12,69 %, 7,54% dan 7,30%. Hasil berat jenis tanah asli sebesar 2,54% setelah mendapatkan semen presentase 5%, 10% dan 15% meningkat berturut-turut 2,68%, 2,7% dan 2,74%. Kuat tekan bebas tanpa diperam 20,466 kg/cm^3 , pencampuran semen 15 % memenuhi syarat stabilisasi SNI 03-6887-2002 yang menyatakan syarat minimum kekuatan stabilisasi tanah semen sebesar 20 kg/cm^2 . sedangkan yang diperam 3 hari 23,052 kg/cm^3 pada penambahan presentase 15 % pada pengujian ini pun memenuhi syarat SNI Stabilisasi semen tanah. CBR yang direndam 165,05 % pada pencampuran 15% sedangkan yang tanpa direndam presentase 15 % = 174,74%. Pada pengujian CBR ini telah memenuhi syarat SNI 03-6887-2002 sebagai acuan stabilisasi tanah yang menyatakan nilai minimum untuk CBR stabilisasi tanah semen sebesar 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amiri, M., Sanjari, M., & Porhonor, F. (2022). Microstructural evaluation of the cement stabilization of hematite-rich red soil. *Case Studies in Construction Material*, 16, e00935, <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00935>.
- Audito.,M. D., & Kusumastuti., P. (2020). Pengaruh limbah slag baja terhadap parameter kuat geser tanah dasar. Volume 0, ISSN 2356-1491, Penerbit Forum Jurnal Mekanika. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Institut Teknologi.
- Basuki., R. Machus., & Wihayudini., D., M. Stabilisasi tanah dasar dengan penambahan Semen dan Renolith. ISBN No. 978-979-18342-0-9, Jurusan Teknik sipil. Universitas Teknologi Sepuluh November.
- Chegenizadeh, A., Kanagaratnam, A., Nikraz, H., & Keramatikerman, M. (2021). Sodium chloride impact on cemented clay. *Result in Engineering*, 11, 100256, <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2021/100256>.
- Dinda., A.,S. Idhammahadi., & Setyanto, A. (2016). Time variation effect on unconfined comprehensive strength value on clay and silt stabilized using cement on soaking condition. Volume 4, ISSN 2203-0011, Jurusan teknik sipil, Universitas Lampung.
- Djarwanti.,N. (2006). Pengaruh penambahan ACBFS (air-cooled blast furnace slag) terhadap parameter kuat geser tanah lempung. Volume 103, Penerbit Media teknik sipil, Jurusan teknik sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Fan, J., Wang, D., & Qian, D. (2018). Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforced excavation. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 10, 971-997, <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.03.004>.
- Handayasari.,I. (2016). Stabilisasi tanah menggunakan kaolin dan kapur. Volume 5, ISSN 2356 – 1491, Penerbit Jurnal Forum Mekanika, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sekolah Tinggi Teknik.
- Ibrahim, (2014). Stabilisasi tanah lempung dengan bahan aditif fly ash sebagai lapisan pondasi dasar jalan (subgrade). Volume 10, ISSN 1907-6975, Penerbit Pilar teknik sipil, Jurusan Teknik sipil, Universitas Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Kambu.,O. & Sri, Utami.G. (2020). Pengaruh waktu pemeraman wtabilisasi tanah lempung batu gamping di tinjau dari kuat geser tanah. Volume 1, No 1, Penerbit Jurnal teknik sipil, Jurusan teknik sipil, Universitas Institut Adhi Tama Surabaya.
- Khanif, A. (2008). Stabilitas tanah lempung menggunakan limbah padat pabrik kertas terhadap kuat geser. Volume 1, ISSN 1432-9871, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.
- Kusuma.,R.I., Mina,E., & Ikhsan,I. (2016). Tinjauan sifat fisis dan mekanis tanah. Volume 5, No 2, Penerbit Jurnal Pondasi, Jurusan teknik sipil, Universitas Sultan Agung Tirtayasa.
- Luhur, B., Ariyanto., & Rismalinda, A. (2016). Stabilisasi tanah gambut dengan campuran portland cement di tinjau dari nilai california bearing ratio (CBR). Volume 3, ISSN 1237-4176, Jurusan Teknik sipil, Universitas Pasir Pengaraian.
- Muntohar ,A. S. (2016). Desain nilai CBR tanah dasar jalan dengan perbaikan kapur dan abu sekam padi. Volume 7, ISSN 2459 – 9727, Penerbit Labotarium geoteknik, Jurusan Teknik sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ningsih, A., & Aniek, P. (2018). Penggunaan white portland cement dan portland composite cement terhadap kekuatan tanah ekspansif dengan unconfined compression test. Volume 1, No 1, ISSN 3722- 5152, 39-47,Penerbit Jurnal Mitra teknik sipil.
- Prabandiyani, S., Hardiyati., Muhrozi, S. & Pardoyo, B. (2015). Stabilisasi tanah lempung menggunakan asam sulfat (H₂SO₄) pada tanah dasar di daerah godong-purwodadi Km 50

- Kabupaten Grogoan. Volume 21, ISSN 0854-1809, Penerbit Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Dipenogoro.
- Prayitmo, Y. H. (2014). Pengaruh substitusi residum catalytic cracking dan limbah pabrik batu terhadap nilai kuat geser tanah pada tanah lempung ekspansif. Volume 2, No 3, ISSN 2355-374x, Jurusan Teknik sipil, Universitas Sriwijaya.
- Ruffing, D. G., & Moran, A. R. (2016). In situ soil-cement mixture: definitions, properties, and desain considerations. Note 0001, posted on Geo-Solutions, 1-10.
- Salahudin, M. (2004). Stabilisasi tanah–semen dan tanah–kapur dengan variasi indeks plastisitas. Volume 16, ISSN 1254-7609, Penerbit Jurnal Komunikasi Penelitian, Jurusan teknik Sipil, Universitas Riau.
- Satmana, C. J., & Syafridal, A. A. (2019). Pengaruh penambahan gypsum sintesis dan garam dapur terhadap nilai CBR pada tanah limbah TPA Gampong Jawa Banda Aceh. Volume 9, ISSN 384 – 392, Penerbit Semdi Unaya, Jurusan Teknik sipil, Universitas Abulyatma.
- Simajuntak, M. R., Lubis, K. N., & Mahda, R. (2017). Stabilisasi tanah lempung dengan campuran pasir pantai terhadap nilai CBR. Volume 19, ISSN 2549-6379, Penerbit Jurnal of Civil Engineering, Jurusan teknik sipil, Universitas Medan Area.
- Suganya, K., Sivapullaiah, P. V. (2020). Compressibility of remoulded and cement-treated Kuttanad soil. *Soil and Foundations*, 60, 679-704, doi: org./10.1016/j.sandf.2019.07.006.