

EFEK PENAMBAHAN ABU SERBUK KAYU PADA LEMPUNG PLASTISITAS TINGGI YANG DISTABILISASI DENGAN KAPUR DAN SEMEN

M Faizal Alridho¹, Soewignjo Agus Nugroho², Ferry Fatnanta²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email : mfaizal.alridho@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Deposits of high plasticity clays are lay in several locations in Pekanbaru such as Muara Fajar and Minas, Since higher clay plasticity found, soil strength will be reduced when its directly face off to water. Lime has a long time used as a material to reduce soil plasticity, as well as cement. Several types of ash (rice husk ash, fly ash etc.) have also been widely used to improve physical and mechanical properties of clay. Lot of sawing waste are located on the suburb of Pekanbaru city. The existence of waste will become a problem in the future. The wood ash was combined with lime and cement. This research was carried out by creating samples, with combining variation of lime and wood ash with clay's that contain 5% cement. Samples for CBR and UCS tests, were carried out with and without curing and soaking. Treatment of specimens was taken of 28 days for curing and 4 days for soaking of each test. The expansion of samples was observed to see swelling of each mixture variation. This study aims to observe the addition of wood ash to behavior of plasticity, Unconfined Compressive Strength (UCS), Bearing Capacity and Swelling Potential of high plasticity clay. Research shows that for Muara Fajar clay's, by adding cement, lime, and wood ash gradually to the clay, value of plasticity index change from high plasticity clay to high plasticity silt. The maximum value of UCS and CBR occurs on mixture of 90% clay + 10% lime. The curing and soaking treatment also affect to the value of UCS and CBR test. The highest value of UCS and CBR was found in samples in curing of 28 days. The potential swelling pressure of each sample is only 3 kPa.

Keywords: *Cement, High Plasticity, Lime, Stabilization, Wood Ash*

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan dasar dari suatu konstruksi, yang berpotensi menimbulkan masalah apabila memiliki sifat-sifat yang buruk seperti plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, dan potensi kembang susut yang tinggi sehingga berpengaruh besar terhadap perencanaan suatu konstruksi, oleh karena itu tanah menjadi komponen yang perlu diperhatikan dalam suatu perencanaan konstruksi (Fauziah, 2017).

Umur suatu konstruksi tergantung dengan kondisi tanah dasarnya, tanah dasar yang stabil akan menunjang kekokohan konstruksi, sebaliknya tanah yang labil dan mempunyai sifat-sifat yang buruk akan memberikan masalah terhadap struktur konstruksi di atasnya. Berbagai cara

dilakukan untuk mengatasi perilaku tanah mengembang ini, salah satunya adalah dengan stabilisasi kimia, yaitu dengan menambahkan bahan kimia atau bahan yang mengandung senyawa kimia kedalam tanah, dengan tujuan agar aktivitas tanah menjadi berkurang dan kestabilan tanah meningkat (Oviza, 2016).

Tanah ekspansif umumnya akan mengembang dan menyusut apabila terjadi perubahan kadar air akan mengembang ataupun menyusut sehingga memberikan tekanan yang dapat merusak konstruksi di atasnya. Menurut Sudjianto (2006), lempung yang memiliki fluktuasi kembang susut tinggi disebut dengan lempung ekspansif. Bila suatu konstruksi dibangun di atas tanah ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan antara lain retakan pada perkerasan jalan dan jembatan,

terangkatnya struktur plat, kerusakan jaringan pipa, longsor, dan sebagainya.

Serbuk kayu hasil penggergajian merupakan salah satu jenis partikel kayu yang bobotnya sangat ringan dalam keadaan kering dan mudah diterbangkan oleh angin. Dimana serbuk kayu itu sendiri dikenal sebagai limbah industri meubel yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi sampah karena pemanfaatannya yang relatif sedikit, sehingga perlu ditangani secara serius. Selain itu, dewasa ini serbuk gergaji hanya dimanfaatkan untuk sebagian kecil kebutuhan saja. Misalnya sebagai bahan pembakaran batu bata (Mulyati, Dahlan, & Adril, 2012).

Penelitian tentang tanah lempung ekspansif sudah banyak dilakukan, seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sari, 2018) yang melakukan stabilisasi tanah ekspansif dengan penambahan abu limbah kertas terhadap kembang susut tanah lempung, dengan penambahan limbah kertas tanah lempung yang sebelumnya tergolong kategori tanah lempung plastisitas tinggi (CH) menjadi tanah lanau plastisitas tinggi (MH). Sedangkan dari segi mekanisnya meningkatnya kepadatan tanah sebesar 5,99% dari tanah asli, untuk nilai pengembangan menurun dengan penambahan 10% abu kertas. Sedangkan (Rinaldy, 2018) dalam penelitiannya pengaruh penambahan serbuk bata ringan terhadap potensial *swelling* pada tanah lempung ekspansif, penambahan serbuk bata ringan menurunkan nilai batas cair dan semakin besar penambahan serbuk bata ringan maka akan menurunkan nilai pengembangan tanah. Pada (Yudha, 2018) dengan penelitian pengaruh penambahan *bottom ash* pada tanah lempung ekspansif, mendapatkan hasil dari penambahan *bottom ash* sampai dengan 37,5% akan meningkatkan daya dukung. Akan tetapi penelitian dapat dikembangkan lagi terutama usaha perbaikan sifat kembang susut dengan bahan tambah penelitian atau pengukuran tekanan pengembangan secara langsung. Dalam penelitian ini dilakukan, usaha stabilisasi kimiawi lempung dengan

penambahan abu serbuk kayu sebagai *stabilizing agent* untuk mengurangi tekanan pengembangan lempung ekspansif dan untuk melihat perilaku tanah lempung yang distabilisasi dengan abu serbuk kayu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Dalam pengertian teknik sipil, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988). Tanah merupakan pendukung pondasi dari suatu bangunan. Oleh karena itu harus dipelajari sifat-sifat dasar tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampuan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain. Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu tanah berbutir kasar (pasir, kerikil), tanah berbutir halus (lanau, lempung), dan tanah campuran.

Tanah Lempung Ekspansif

Lempung ekspansif merupakan lempung yang memiliki sifat khas yakni kandungan mineral ekspansif yang mempunyai kapasitas pertukaran ion tinggi, sehingga lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut tinggi, apabila terjadi perubahan kadar air. Pada peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan kembang. Bila kadar air berkurang sampai batas susutnya, akan terjadi penyusutan. Sifat kembang susut yang demikian bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan (Hardiyatmo, 2002).

Semen

Semen mempunyai unsur utama kalsium oksida, silikat dan aluminat yang bersifat hidrolis (membutuhkan air), akan berubah menjadi pasta pengikat ketika bereaksi dengan air. Bahan dasar semen pada umumnya ada 3 macam yaitu klinker/terak (70% hingga 95%, merupakan hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir silika, pasir besi dan lempung), gypsum (sekitar 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) dan material ketiga seperti batu kapur, pozzolan, abu terbang, dan lain-lain. Jika unsur ketiga tersebut tidak lebih dari sekitar 3% umumnya masih memenuhi kualitas tipe 1 atau OPC (*Ordinary Portland Cement*). Namun bila kandungan material ketiga lebih tinggi hingga sekitar 25% maksimum, maka semen tersebut akan berganti tipe menjadi PCC (*Portland Composite Cement*).

Kapur

Kapur memiliki sifat sebagai bahan ikat antara lain : plastis, mudah dan cepat mengeras, *workability* baik dan mempunyai daya ikat baik untuk batu dan bata (Pinasang, 2016). Bahan dasar kapur adalah batu kapur atau *dolomit*, yang mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO_3). Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO_3).

Stabilisasi tanah dengan kapur telah banyak digunakan pada proyek-proyek jalan di banyak negara. Untuk hasil yang optimum kapur yang digunakan antara 3% sampai dengan 7%. Berdasarkan (Thomson, 1968) menemukan bahwa dengan kadar kapur antara 5% sampai dengan 7% akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar dibandingkan dengan kadar kapur 3%.

Serbuk Kayu

Serbuk kayu merupakan salah satu limbah industri pengolahan kayu seperti serbuk gergajian, sebetan, sisa kupasan. Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara dominan mengkonsumsi kayu dalam jumlah relatif besar, yaitu penggergajian,

vinir atau kayu lapis, dan pulp atau kertas. Masalah yang ditimbulkan dari industri pengolahan itu adalah limbah penggergajian yang kenyataannya di lapangan masih ada yang ditumpuk dan sebagian lagi dibuang ke aliran sungai sehingga emisi karbon di atmosfer bertambah. (Nodali Ndraha, 2010). Pada umumnya, serbuk kayu memiliki nilai kalor antara 4018,25 kal/g hingga 5975,58 kal/g dan memiliki komposisi kimia yang bervariasi, bergantung pada varietas, jenis dan media tumbuh. Namun secara umum, serbuk kayu memiliki komposisi kimia seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Kimia Serbuk Kayu

Komponen Kimia	Kandungan (%)
Holosellulosa	70,52
Sellulosa	40,99
Ligin	27,88
Pentosan	16,89
Abu	1,38
Air	5,64

Sumber : (Atria, dkk, 2002)

Stabilisasi Tanah Lempung dengan Semen, Kapur dan Abu Serbuk Kayu

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki daya dukung (mutu) tanah yang tidak baik dan meningkatkan daya dukung (mutu) tanah yang sudah tergolong baik. Tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan beban serta untuk meningkatkan kestabilan tanah. Kelebihan stabilisasi dengan menggunakan bahan tambahan (*admixtures*) adalah sebagai berikut :

- Meningkatkan kekuatan tanah.
- Mengurangi deformasi.
- Menjaga stabilitas volume.
- Mengurangi permeabilitas.
- Meningkatkan durabilitas.

Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti dengan menggunakan kapur sebagai bahan stabilisasi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Penelitian mengenai pengaruh penambahan kapur dengan lamanya waktu perawatan (*curing*) terhadap kekuatan dan pengembangan oleh (Widjo Laras, 2017) diperoleh nilai daya dukung tanah paling tinggi yaitu pada campuran kapur 8% dengan masa perawatan 28 hari dibandingkan *curing* 14 hari, 7 hari, dan 4 hari. Terjadi selisih yang besar antara CBR *unsoaked* dengan CBR *soaked* dikarenakan perlakuan sampel terhadap CBR *soaked* yang direndam air yang mengakibatkan permukaan dari tanah cenderung lembek.
- b. Penelitian mengenai pengaruh stabilisasi semen terhadap *swelling* lempung ekspansif (Prescilia, 2013). Lempung ekspansif yang distabilisasi dengan semen (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung tanah pada campuran semen sebesar 20% dengan peningkatan sebesar 767,01% dari daya dukung pada tanah asli. Dengan bertambahnya kadar semen, nilai berat isi tanah kering maksimum semakin bertambah, sebaliknya dengan bertambahnya kadar semen, nilai kadar air optimum tanah semakin berkurang.
- c. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Oviza, FR, 2016) hasil uji sifat mekanis tanah yang telah dicampur dengan 6% abu serbuk kayu memperlihatkan semakin lama masa perawatan maka nilai pengembangan menurun 26,53% dan tekanan pengembangan menurun 47,31%. Hasil masa perawatan yang efektif dicapai adalah masa perawatan 4 hari, karena masa perawatan yang lebih dari 4 hari hasil yang diperoleh cenderung konstan.

CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR laboratorium dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kualitas relatif tanah dasar (*subgrade*) yang dibandingkan dengan beban standar berupa batu pecah yang memiliki nilai CBR 100%. CBR dibagi menjadi dua macam yaitu CBR rendaman (*soaked CBR*) dan CBR tanpa rendaman (*unsoaked CBR*). Nilai kepadatan

tanah yang tinggi maka akan memberikan nilai CBR yang relatif tinggi.

CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang memiliki nilai CBR sebesar 100 %. Apabila dirumuskan dalam persamaan maka berbentuk :

$$CBR = \frac{\text{Beban dalam pengujian}}{\text{Beban standar}} \times 100\%$$

Contoh tanah yang digunakan dalam pengujian biasanya merupakan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) yang diambil langsung dari lapangan ataupun sampel terganggu (*disturbed*) yang dibuat di laboratorium dengan pemadatan hingga kadar air optimum berdasarkan SNI 1744-1989-F.

UCS (*Unconfined Compression Strength*)

Pengujian kuat tekan bebas bertujuan untuk mengetahui kekuatan tanah yang diberi tekanan aksial pada benda uji sampai mengalami keruntuhan atau mencapai regangan aksial 20%. Metode pelaksanaan yaitu dengan memasukkan benda uji kedalam tabung yang diberi oli dan dipadatkan, kemudian benda uji dikeluarkan dan dilakukan pembacaan pada dial dan dial proving ring di atas mesin tekan sampai benda uji mengalami keruntuhan.

Pada material tanah, parameter yang perlu ditinjau adalah kekuatan geser tanahnya. Pengetahuan mengenai kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah.

Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji kuat tekan bebas (AASHTO T-88-81). Yang dimaksud dengan kekuatan tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilakukan pada sampel tanah dalam keadaan asli maupun buatan (*remoulded*). Tekanan aksial yang terjadi pada tanah dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$UCS = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas}} = \frac{P}{A}$$

Swelling Potential (Potensi Pengembangan)

Pemeriksaan potensi mengembang menggunakan *dial* pada CBR rendaman dan alat pengujian konsolidasi. Tanah mengembang mempunyai karakter kembang susut yang besar, mengembang pada kondisi basah dan mengalami penyusutan saat kondisi kering. Jenis mineral yang terkandung pada tanah sangat mempengaruhi besar pengembangan tanah (*swelling*) dan tingkat plastisitas tanah.

Tanah mengembang mempunyai karakter kembang susut yang besar, mengembang pada kondisi basah dan mengalami penyusutan saat kondisi kering. Jenis mineral yang terkandung pada tanah sangat mempengaruhi besar pengembangan tanah (*swelling*) dan tingkat plastisitas tanah.

Dalam menghadapi tanah mengembang perlu diperhitungkan adanya *strength degradation* akibat perubahan kadar air. Besar kembang susut pada tanah tidak merata pada semua titik, sehingga menyebabkan perbedaan ketinggian permukaan tanah (*differential movement*) yang dapat menimbulkan kerusakan.

Adapun teori yang menghubungkan antara potensi mengembang dengan tekanan mengembang. Untuk melihat berapa besar potensi mengembang suatu tanah jika diberi tekanan yang bervariasi. Tabel 2 dibawah ini menunjukkan nilai potensi mengembang dari setiap tekanan yang diberikan.

Tabel 2 Hubungan Potensi Mengembang dengan Tekanan Mengembang Menurut Garcia-Iturbe (1980)

Swelling Potential	Swelling Pressure (kPa)
Low	<2
Medium	2-4
High	4-7
Very High	>7

III. METODE PENELITIAN

Beberapa tahapan yang dilakukan untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengujian pada penelitian ini, diantaranya dimulai

dengan studi literatur, survei lokasi, persiapan alat, penyiapan benda uji dan pengujian di laboratorium serta analisis data.

Studi penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian karakteristik fisik dan mekanik. Pengujian karakteristik fisik berupa pengujian indeks propertis tanah asli, campuran tanah+semen dengan abu serbuk kayu, campuran tanah+semen dengan kapur, dan abu serbuk kayu. Sedangkan pengujian karakteristik mekanik meliputi uji proktor standar, uji CBR laboratorium, dan uji UCS (tekan bebas).

Komposisi sampel uji yang akan digunakan adalah tanah+semen yang dikunci pada kondisi 90% ditambah dengan variasi kapur dan abu serbuk kayu.

Pembuatan benda uji CBR dan UCS dilakukan setelah kadar air optimum (*optimum moisture content*) didapatkan dari hasil pemadatan proktor standar tanah lempung asli. Pengujian CBR dan UCS dilakukan dengan dua perlakuan yaitu kondisi tanpa rendaman (*unsoaked*) maupun rendaman (*soaked*). Sebelum dilakukan terhadap kondisi perlakuan, terlebih dahulu benda uji diperam dengan masa pemeraman 0 dan 28 hari. Kemudian dilakukan kondisi tanpa rendaman (*unsoaked*) serta 4 hari untuk benda uji dengan rendaman (*soaked*).

Pembuatan Campuran Benda Uji

Pembuatan benda uji untuk campuran tanah semen dilakukan sebelum waktu ikatan awal semen-tanah, dengan menggunakan kadar air optimum tanah asli. Dapat dilihat pada Tabel 3 variasi campuran dan jenis pengujian yang dilakukan sedangkan tersaji pada Tabel 4 kode sampel dan kondisi perlakuan dari masing-masing campuran.

Tabel 3 Variasi campuran dan Jenis Pengujian

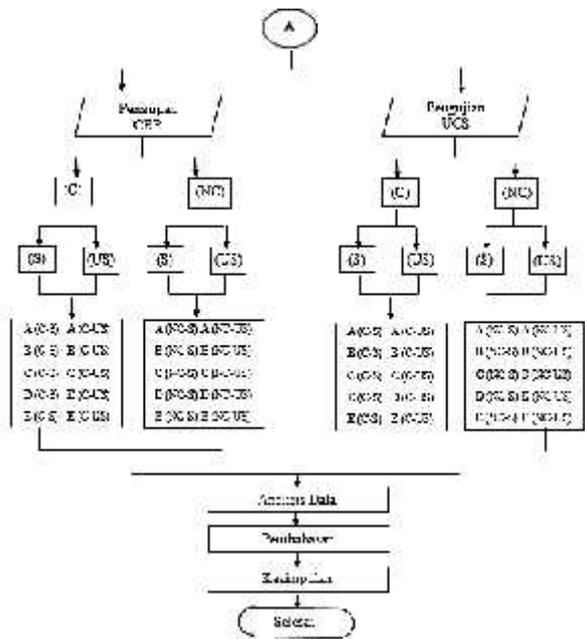
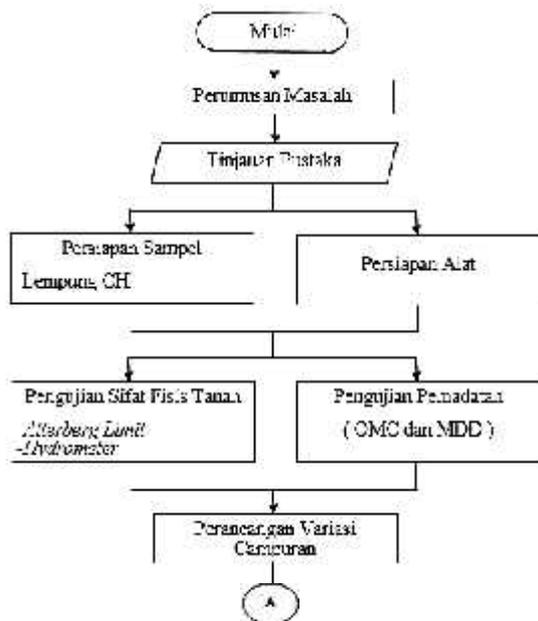
Sample	Index Properties				CBR/UCS					
	Atterberg		Proctor		Uncuring		Curing 28 days			
	L	LS	K	ASK	LL	PI	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked
100	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90	10	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
90	-	8	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
-	90	8	4	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
-	90	13	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓

Tabel 4 Kode Sampel dan Kondisi Perlakuan

Komposisi/Perlakuan	Kode
Tanah Asli	L
Tanah + Semen	LS
Kapur	K
Abu Serbuk Kayu	ASK
Curing (Pemeraman)	C
Non-Curing (Tanpa Pemeraman)	NC
Soaked (Rendaman)	S
Unsoaked (Tanpa Rendaman)	US

Bagan Alir Penelitian

Bagan alir dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.

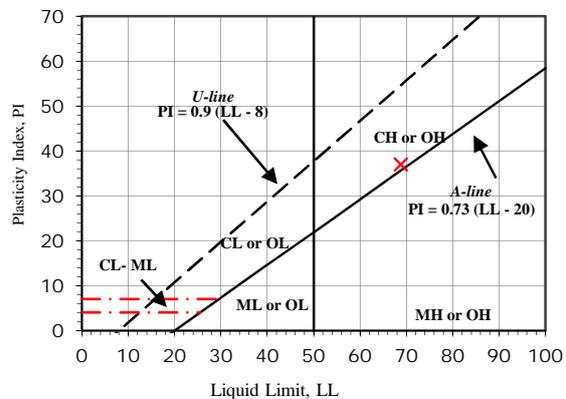


Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Propertis dan Batas – Batas Konsistensi Tanah

Berdasarkan Hasil Pengujian *Atterberg Limit*, setelah diplot kedalam grafik plastisitas *Cassagrande* dimana nilai absis adalah nilai batas cair dan nilai ordinat adalah nilai indeks plastisitas, didapat titik hasil pengujian terletak diatas “*A Line*” dimana mempunyai nilai batas cair 68,77% dan nilai indeks plastisitas 37,02% sehingga berdasarkan klasifikasi *USCS*, tanah termasuk pada kelompok *CH* (lempung berplastisitas tinggi). Berikut seperti tersaji pada Gambar 2.



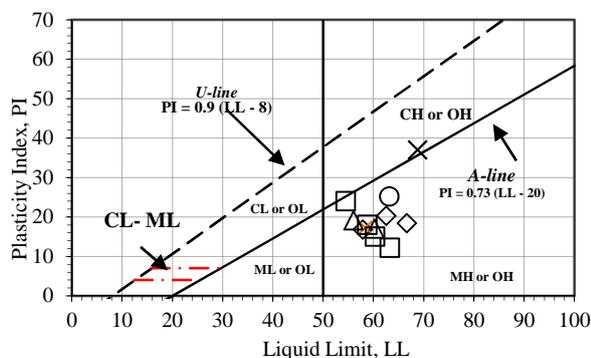
Gambar 2 Grafik Plastisitas Tanah Asli

Dilakukan pengujian *Atterberg Limit* pada tanah lempung asli dengan ditambahkan

variasi campuran dari bahan *additive* seperti Semen, Kapur, Abu Serbuk Kayu, dan Variasi campuran dari ketiganya. Penambahan variasi campuran ini untuk melihat pengaruh bahan *additive* terhadap konsistensi tanah lempung ekspansif. Hasil pemeriksaan *atterberg limit* pada tanah variasi campuran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Batas Konsistensi Campuran

Variasi campuran	Batas Atterberg			
	LL (%)	PL (%)	USCS Classif.	Swelling Potential
Tanah + Semen 5%	63,15	37,92	MH	High
L + K 4%	65,38	43,53	MH	Medium
L + K 6%	62,51	42,17	MH	High
L + K 10%	57,86	41,00	MH	Medium
L + ASK 4%	60,13	43,03	MH	Medium
L + ASK 6%	58,36	41,07	MH	Medium
L + ASK 10%	55,98	36,78	MH	Medium
LS 90% + ASK 10%	54,47	30,47	MH	High
LS 90% + K 4% + ASK 6%	58,76	40,74	MH	Medium
LS 90% + K 6% + ASK 4%	60,31	45,27	MH	Medium
LS 90% + K 10%	63,26	51,01	MH	Low



Gambar 3 Grafik Nilai Plastisitas Variasi Campuran

Berdasarkan Gambar 3 dapat disimpulkan, bahwa penambahan campuran dari bahan *additive* mempengaruhi nilai batas cair dan nilai indeks platisitas dari tanah lempung asli. Terlihat bahwa pada tanah asli tergolong kelompok tanah CH (lempung berplastisitas tinggi) sedangkan pada tanah campuran cenderung termasuk kedalam kelompok tanah MH (Lanau berplastisitas tinggi).

Hasil Pengujian Pemadatan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) yang digunakan untuk pembuatan sampel CBR dan UCS serta untuk mendapatkan nilai kepadatan kering maksimum (γ_{dry}). Pemadatan yang dilakukan adalah pemadatan proktor standar dan dilakukan pada tanah asli.

Berdasarkan hasil pemadatan standar didapatkan nilai kadar air optimum (*OMC*) sebesar 29% dan kepadatan kering maksimum (*MDD*) sebesar 13,70 kN/m³. Kadar air sebesar 29% digunakan untuk acuan pencampuran tanah dan bahan tambah lainnya pada pengujian UCS dan CBR.

Hasil Pengujian CBR

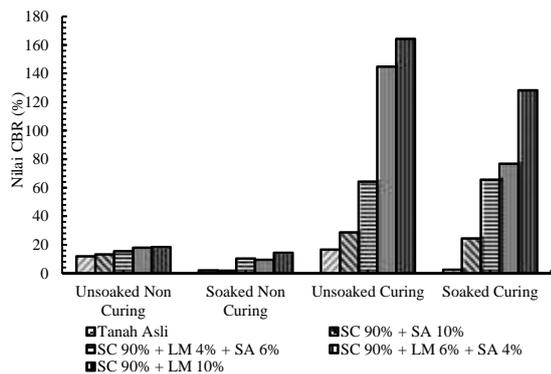
Setelah diperoleh kadar air optimum dari pemadatan proktor standar, kemudian dilakukan pengujian CBR pada tanah asli dan variasi campuran. Variasi campuran ditetapkan dengan campuran tanah + semen sebesar 90%, lalu ditambahkan campuran kapur dan abu serbuk kayu dengan variasi yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengujian CBR dilakukan dengan 4 perlakuan yaitu:

1. Tanpa pemeraman dan tidak direndam (*non curing unsoaked*),
2. Tanpa pemeraman dan direndam (*non curing soaked*),
3. Pemeraman dan tidak direndam (*curing unsoaked*),
4. Pemeraman dan direndam (*curing soaked*).

Rangkuman dari hasil uji CBR dan UCS tiap variasi campuran pada semua kondisi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil CBR dan UCS Setiap Perlakuan

Variasi Campuran	Nilai CBR (%)				Nilai UCS (kPa)			
	Curing		Non Curing		Soaked		Unsoaked	
	Soaked	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked	Unsoaked	Soaked	Unsoaked
Tanah Asli (CL)	1,58	11,88	2,18	16,54	35,23	182,87	37,11	282,23
LS 90% + ASK 10%	1,77	13,16	24,12	28,87	35,29	355,57	58,10	453,12
LS 90% + K 4% + ASK 6%	1,56	15,20	62,99	61,23	37,20	371,77	41,79	413,91
LS 90% + K 6% + ASK 4%	0,52	17,39	76,41	74,86	50,77	377,00	172,00	445,75
LS 90% + K 10%	14,26	16,64	128,10	164,18	276,45	385,00	1.022,1	1.674,23



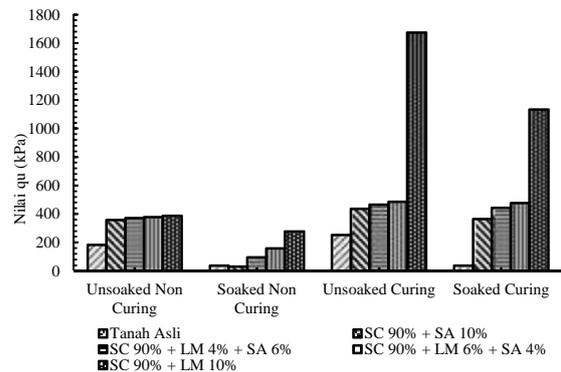
Gambar 4 Hasil Pengujian CBR Variasi Pada Semua Kondisi

Dari Gambar 4 dapat disimpulkan pada kondisi benda uji diperam memiliki nilai CBR rata-rata tertinggi tiap variasi campuran dibandingkan dengan benda uji tanpa pemeraman. Dari kondisi diperam tersebut, jika dibandingkan benda uji yang diperam dan direndam dengan benda uji yang hanya diperam tanpa direndam, maka nilai CBR tertinggi terdapat pada kondisi benda uji yang diperam saja. Untuk benda uji tanpa pemeraman, memiliki nilai CBR tertinggi pada kondisi benda uji tanpa diperam dan tidak direndam jika dibandingkan dengan kondisi benda uji tanpa diperam dan direndam. Jika dilihat dari kondisi rendaman, nilai CBR mengalami penurunan apabila benda uji diberi kondisi rendaman tanpa adanya pemeraman. Hal ini diakibatkan karena pada kondisi diperam waktu ikatan semen, kapur, dan abu serbuk kayu baru terjadi, sedangkan pada kondisi ini air yang melebihi kadar air pada saat campuran dan waktu ikat zat-zat yang lain belum terjadi maka akan mempengaruhi nilai CBR. Kemudian pada kondisi benda uji diperam dan tidak diperam, dapat disimpulkan bahwa waktu ikat antara tanah dengan semen, kapur, dan abu serbuk kayu terjadi pada kondisi benda uji diperam sedangkan pada benda uji yang tidak diperam belum adanya reaksi antara tanah dengan zat lainnya. Maka nilai CBR yang tinggi terdapat pada benda uji yang diberi kondisi pemeraman.

Hasil Pengujian UCS

Pengujian UCS bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan bebas dari benda

uji yang berikan 4 perlakuan sama pada benda uji CBR pada tiap-tiap variasi.



Gambar 5 Hasil Pengujian UCS Variasi Pada Semua Kondisi

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada kondisi benda uji diperam memiliki nilai q_u tertinggi jika dibandingkan dengan benda uji pada kondisi tidak diperam. Pada kondisi benda uji diperam saja, nilai q_u yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji yang diperam dan direndam. Kemudian untuk benda uji yang tidak diperam, memiliki nilai tertinggi pada benda uji yang tidak diperam dan tanpa rendaman dibandingkan dengan benda uji tidak diperam tetapi dilakukan perendaman. Hal ini menyebabkan nilai q_u pada kondisi rendaman sangat rendah apabila benda uji hanya direndam tanpa perilaku pemeraman. Ini disebabkan karena pada saat benda uji diperam ikatan antar partikel tanah dengan semen, kapur, dan abu serbuk kayu baru terjadi. Pada saat benda uji tidak diperam dan langsung direndam maka air yang masuk kedalam benda uji melebihi kadar air pada saat campuran sehingga nilai q_u menurun seiring dengan bertambahnya kadar air. Dilihat dari kondisi pemeraman, maka benda uji yang diberi perilaku pemeraman memiliki nilai q_u yang tinggi dibandingkan dengan benda uji yang tanpa diberi perilaku pemeraman. Hal ini disebabkan karena pada saat kondisi benda uji diperam barulah terjadi ikatan antar partikel dan reaksi kimiawi dari semen kedalam campuran benda uji. Hal ini tidak terjadi pada benda uji yang tidak beri perilaku pemeraman.

Pengaruh Kadar Campuran pada Hasil CBR dan UCS

Hasil uji CBR dan UCS yang telah dicampur dengan bahan tambah seperti kapur dan abu serbuk kayu terhadap tanah asli memiliki nilai yang bervariasi. Tanah asli yang digunakan pada penelitian ini merupakan jenis tanah lempung plastisitas tinggi dimana memiliki nilai CBR dibawah 5% ketika diberi kondisi rendaman, dapat dikategorikan termasuk tanah yang buruk untuk perkerasan jalan atau timbunan. Penelitian ini mencoba untuk mengatasi masalah tersebut dengan menambah bahan campuran untuk mengatasi tinggi plastisitas tanah dan untuk mencapai nilai yang sesuai spesifikasi tanah timbun.

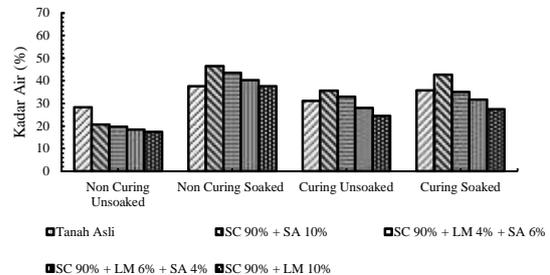
Tanah semen 90% + kapur 10% memiliki nilai yang paling besar untuk hasil pengujian CBR dan UCS. Nilai CBR yang didapat sebesar 164,38% dan nilai q_u sebesar 1674,23 kPa yang diperoleh berdasarkan kondisi rendaman dan diperam. Berdasarkan (Ranggaesa, 2017) nilai CBR dan UCS yang meningkat disebabkan karena proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (Al_2O_3) dari aditif membentuk material pengikat tanah yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca^{2+} dengan silikat dan aluminat dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (*hydrated gel*) sehingga mengikat partikel-partikel tanah. Menurut (Ranggaesa, 2017) reaksi sementasi yang terjadi pada campuran tanah dengan aditif membentuk butiran baru yang lebih keras sehingga lebih kuat menahan beban yang diberikan, dengan kata lain penambahan kapur akan memperkuat tanah asli dengan meningkatkan nilai CBR.

Campuran tanah semen 90% + kapur 6% + abu serbuk kayu 4% memiliki nilai terbesar kedua pada uji CBR dan UCS dengan kondisi perilaku diperam dan tidak direndam. Masing-masing nilai uji tersebut adalah 144,86% untuk nilai CBR dan 485,76 kPa untuk nilai q_u .

Campuran tanah semen 90% + kapur 4% + abu serbuk kayu 6% merupakan variasi campuran yang memiliki nilai terbesar ketiga

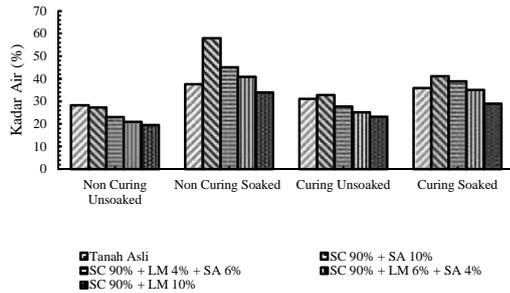
pada uji CBR dan UCS yaitu dengan nilai CBR sebesar 65,69% dan nilai q_u sebesar 465,64% dengan kondisi benda uji diperam tanpa rendaman.

Pengaruh Kadar Air Terhadap Nilai CBR dan Nilai UCS



Gambar 6 Kadar Air Sampel CBR Variasi Pada Semua Kondisi

Berdasarkan Gambar 6 dapat disimpulkan, untuk benda uji dengan kondisi tidak diperam memiliki nilai kadar air yang berbeda pada setiap variasi. Benda uji yang direndam memiliki kadar air tertinggi dibandingkan dengan benda uji yang tanpa direndam. Pada benda uji yang tanpa direndam untuk tanah asli memiliki kadar air paling tinggi dibandingkan dengan benda uji variasi campuran. Hal ini disebabkan karena pada saat proses pencampuran tiap variasi digunakan kadar air optimum untuk tanah asli. Jika dilihat pada benda uji yang diperam, memiliki nilai kadar air yang berbeda setelah benda uji direndam. Nilai kadar air yang didapat juga tinggi. Apabila dilihat dari kondisi rendaman, nilai kadar air pada benda uji yang langsung direndam lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji yang direndam setelah pemeraman. Hal tersebut disebabkan karena benda uji yang direndam setelah pemeraman mendekati kedap air, karena sudah terikatnya partikel antar campuran pada saat benda uji diperam. Untuk sampel yang diperam saja tanpa rendaman memiliki nilai kadar air yang mendekati pada tiap variasi campuran. Dari penjelasan diatas menunjukkan bahwa hubungan antara daya dukung dengan kadar air adalah berbanding terbalik.

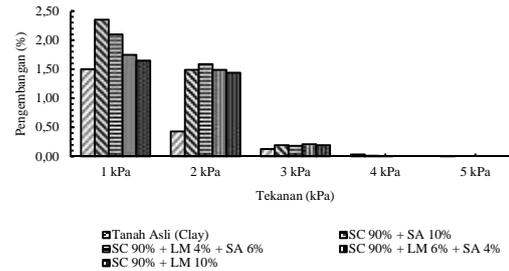


Gambar 7 Kadar Air Sampel UCS Variasi Pada Semua Kondisi

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa, kadar air meningkat setelah diberi perlakuan dari kondisi tanpa peram dan tidak direndam, diperam dan tidak direndam, diperam dan direndam, tanpa pemeraman dan direndam. Nilai kadar air tertinggi terdapat pada benda uji LS 90% + ASK 10% dengan kondisi tanpa pemeraman dan direndam. Kadar air ini yang menyebabkan berkurangnya nilai q_u pada benda uji LS 90% + ASK 10%, kadar air yang tinggi mengurangi ikatan antara tanah, semen, dan abu serbuk kayu. Penggunaan abu serbuk kayu yang semakin besar pada saat kondisi rendaman maka akan menambah daya serap air pada benda uji dan menurunkan nilai q_u . Untuk benda uji yang direndam tanpa pemeraman memiliki nilai kadar air yang lebih besar jika dibandingkan dengan benda uji yang diperam saja, dikarenakan pengaruh dari kadar air pada saat benda uji direndam. Kadar air yang bertambah pada benda uji yang direndam saja akan menurunkan nilai q_u dibandingkan dengan nilai q_u pada benda uji yang diperam saja.

Pengujian Swelling

Sebagaimana tampak pada Gambar 8, bahwa pada variasi pembebanan 4 kPa dan 5 kPa benda uji tidak lagi mengalami pengembangan, dikarenakan tanah tidak lagi berpotensi untuk mengembang melebihi batasnya.



Gambar 8 Hasil Pengujian Swelling

Berdasarkan hasil pengujian dapat dilihat pengembangan optimal sudah terjadi pada campuran LS 90% + K 4% + ASK 6%, ini disebabkan oleh besarnya penurunan pengembangan pada tekanan 3 kPa menuju 4 kPa. Pada beban 3 kPa pengembangan rata-rata terjadi, pada beban sebesar 3 kPa ini kemampuan tanah untuk mengembang.

V. KESIMPULAN

1. Berdasarkan klasifikasi ASTM D 4318, tanah lempung yang digunakan tergolong tanah plastisitas tinggi berdasarkan nilai batas cair 68,77%, batas plastis 31,75%, indeks plastisitas 37,02%, dan butiran lolos saringan no.200 91,60%.
2. Penambahan kadar variasi campuran pada pengujian batas konsistensi tanah merubah sifat fisis tanah dari tanah lempung berplastisitas tinggi CH menjadi tanah lanau berplastisitas tinggi MH.
3. Hasil pemadatan yang dilakukan pada tanah asli didapatkan nilai kadar air optimum 29%, dan nilai kepadatan kering maksimum sebesar 13,70 kN/m³.
4. Penambahan bahan stabilisasi semen, kapur, dan abu serbuk kayu meningkatkan nilai CBR dan nilai q_u . Peningkatan terbesar terjadi pada penambahan kapur 10% dengan variasi LS 90% + K 10% (kode E). Sehingga mampu meningkatkan nilai CBR dan nilai q_u tertinggi, dengan nilai CBR 164,38% dan nilai q_u sebesar 1674,23 kPa.
5. Perilaku pemeraman dan rendaman mempengaruhi nilai CBR dan nilai q_u . Pada pemeraman 28 hari, nilai CBR dan nilai q_u menunjukkan nilai tertinggi.

6. Pada kondisi rendaman, kadar air berpengaruh terhadap nilai CBR dan nilai q_u dari sampel tanah asli dan sampel variasi campuran. Semakin tinggi kadar air sampel uji maka akan menurunkan nilai CBR dan nilai q_u .
7. Potensi mengembang yang terjadi hanya terjadi hingga pembebanan 3 kPa.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Adha, I. (2011). Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metode Stabilisasi Tanah Semen. *Jurnal Rekayasa*, 15(1).
- Fauziah, N. (2017). Pengaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Driyorejo Gresik. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 01(01), 371–380.
- Hary Christady Hardiyatmo, 2002. *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Lesmana, R. I., & Nugroho, S. A. (2013). Stabilitas tanah plastisitas tinggi dengan semen, *Jom FTEKNIK*, 3(2), 1-7.
- Mulyati, S., Dahlan, D., & Adril, E. (2012). Pengaruh Porsen Massa Hasil Pembakaran Serbuk Kayu dan Ampas Tebu Pada Mortar Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisisnya, 4(1), 31–39.
- Nodali Ndraha. (2010). Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa Dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu Yang Dihasilkan. *Researchgate.Net*.
- Oviza, 2016. (2016). Pengaruh waktu pemeraman terhadap nilai kembang susut tanah lempung yang distabilisasi dengan abu serbuk kayu, 3(1).
- Ranggaesa, riota abeng. (2017). Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Pengembangan (Swelling) Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro.
- Rinaldy, B. (2018). Pengaruh Penambahan Serbuk Bata Ringan Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Wiyung Surabaya.
- Sari. (2018). Pengaruh Penambahan Abu Limbah Kertas Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 5(1), 7–15.
- Sudjianto, 2006. *Tanah ekspansif Karakteristik & Pengukuran Perubahan Volume*. Graha Ilmu
- Yahya, R. G. (2017). Akibat Tanah Mengembang, 01(01), 63 74.
- Yudha, P. (2018). Pengaruh Penambahan Bottom Ash Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Lakarsantri Surabaya Terhadap Nilai Daya Dukung Pondasi Dangkal. *Jurnal Teknik Sipil UNESA*, 1–9.
- Zaro, K. (2014). Pengaruh Kadar Lempung dengan Kadar Air diatas OMC Terhadap Nilai CBR dengan dan Tanpa Rendaman pada Tanah Lempung Organik, *Jom FTEKNIK*, 1(2), 1–5.