

PENGARUH BAHAN ADITIF (MERK XYZ) TERHADAP KUAT TEKAN TANAH

Rama Indera Kusuma

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon 42435

E-mail : rama_sipil@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kegagalan konstruksi dilapangan seringkali diakibatkan oleh jenis tanah yang tidak memenuhi persyaratan teknis yang telah disyaratkan, untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan sifat-sifat mekanis tanah perlu adanya pengujian pendahuluan di laboratorium. Untuk mengatasi masalah pada tanah yang kurang baik ini banyak sekali metode yang digunakan, sedangkan pada penelitian ini akan digunakan stabilisasi tanah dengan menggunakan campuran bahan aditif dan tanah yang digunakan berasal dari Nagreg. Proses pengujian perbaikan tanah dilakukan menggunakan benda uji dengan campuran bahan aditif 0,4%, 0,6%, 0,8%, 1%, 1,5%, 2%, berat kering tanah, menggunakan kadar air optimum tanah asli dengan masa perawatan pengujian pada 0 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Benda uji tersebut akan diuji kuat tekan tanahnya dengan menggunakan alat uji kuat tekan bebas (UCS). Dari hasil pengujian terhadap benda uji yang telah distabilisasi dengan bahan aditif memiliki nilai kuat tekan tanah tertinggi 8,955 kg/cm², waktu perawatan 28 hari, dengan kadar bahan aditif 0,6 % dari berat kering tanah.

Kata kunci : bahan aditif, kuat tekan tanah, stabilisasi.

ABSTRACT

Construction failure in field is often caused by the soils that do not meet the technical requiremen. In determining the physical properties and mechanical properties of soi, it needs preliminary testing in the laboratory. To solve the problems of poor soil, there are a lot of methods used, whereas in this study will be used soil stabilization by using a mixture soil additives and soil that comes from Nagreg site. The process of soil remediation testing conducted using test specimens with a mixture of additives 0.4%, 0.6%, 0.8%, 1%, 1.5%, 2%, using dry weight of the soil, and using the optimum moisture content with the original soil care testing at 0 days, 7 days, 14 days, 21 days and 28 days. The compressive strength of specimens will be tested by using a compressive strength test (UCS). Result of this study show that specimens which have been stabilized with additives had the highest soil compressive strength value at 8.955 kg/cm², treatment time at 28 days, with level of material additive is 0.6% of dry weight of the soil.

Keywords : additives, soil compressive strength, stabilization

1. PENDAHULUAN

Dalam rekayasa sipil tanah memiliki fungsi yang sangat penting, dalam konstruksi, timbunan, tanggul bendungan atau pondasi. Namun tidak semua tanah memiliki sifat-sifat teknis yang memadai. Untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dan karakteristiknya dapat dilakukan dengan bermacam-macam metoda sesuai dengan jenis dan karakteristik tanah yang akan diperbaiki. Penggunaan teknologi stabilisasi tanah saat ini diantaranya : stabilisasi mekanis, stabilisasi kimia, stabilisasi kapur, dan metode stabilisasi tanah lainnya.

Ketika musim kemarau tiba kondisi tanah nagreg khususnya di jalur lingkaran nagreg terlihat retakan-retakan tanah ($\pm 2-4$ cm), hal ini menandakan terjadinya pengurangan volume pada tanah dan juga terlihat

longsor-anlongsor-an tanah pada tebing-tebing di jalur lingkaran Nagreg. Kondisi ini memperlihatkan bahwa tanah Nagreg masih belum stabil.

Tujuan melakukan penelitian ini untuk mengetahui nilai kuat tekan tanah setelah distabilisasi bahan aditif sesuai dengan variasi campuran yang direncanakan.

Variasi campuran zat aditif dari berat kering tanah Nagreg yaitu (0,6%, 0,8%, 1%, 1,5%, 2%) dengan masa perawatan dan pengujian benda uji tiap 0, 7, 14, 21, dan 28 hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Mineral Lempung

Lempung (*clays*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika,

mineral-mineral lempung dan mineral-mineral lain yang sangat halus (Braja M Das, 1985). Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar yaitu silika tetrahedral dan aluminium oktahedra.

Ada 2 unit Kristal dasar yang membentuk mineral lempung dan cara mereka terkombinasi berdasarkan susunan mineralogi dapat dibedakan menjadi 3 sub kelompok yaitu:

1) Kaolinite

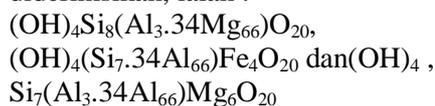
Mineral *kaolinite* terdiri dari tumpukan lapisan-lapisan dasar lembaran-lembaran kombinasi *silica-gibbsite*. Mineral *kaolinite* berwujud seperti lempengan-lempengan tipis, masing-masing dengan diameter kira-kira 1000Å sampai 20,000 Å dan ketebalan dari 100 Å sampai 1000 Å. Reaksi kimia dari *Kaolinite* adalah: $(OH)_8 Al_4Si_4O_{10}$.

2) Illite

Illite terdiri dari sebuah lembaran *gibbsite* yang diapit oleh dua lembaran silika. *Illite* ini kadang-kadang juga disebut mika lempung. Lapisan-lapisan *Illite* terikat satu sama lain oleh ion-ion Kalium. Reaksi kimia *Illite*, yakni : $(OH)_4ky(Si_{8-y}Al_y)(Al_4Mg_6.Fe_4.Fe_6)O_{20}$.

3) Montmorillonite

Mineral-mineral *montmorillonite* mempunyai bentuk struktur yang sama dengan *illite* yaitu satu lembaran *gibbsite* diapit oleh dua lembaran silika. Pada *montmorillonite* terjadi substitusi isomorf antara atom-atom magnesium dan besi menggantikan sebagian atom-atom ion kalium seperti pada *illite*, dan sejumlah besar molekul tertarik kepada ruangan di antara lapisan-lapisan tersebut Rumus kimianya sangat sulit untuk didefinisikan, ialah :



b. Sifat – sifat umum mineral lempung

Umumnya permukaan lempung terdiri dari partikel-partikel tanah yang memiliki muatan negatif. Hal ini disebabkan oleh adanya substitusi isomorf dan oleh karena pecahnya kepingan partikel pelat tersebut di tepi-tepinya. Muatan negatif yang lebih besar dijumpai pada partikel-partikel yang mempunyai luasan spesifik yang lebih besar.

Beberapa muatan positif juga terjadi di tepi-tepi lempengan partikel. (Young dan Warkentin, 1966). Kation yang berada didalam air pori cenderung di tarik ke permukaan lempung yang memiliki muatan negatif dan membuat molekul-molekul air menjadi suatu susunan yang terstruktur.

Pada lempung-lempung yang kering, muatan negatif di permukaan dinetralkan oleh adanya *exchangeable cations* (ion-ion positif yang mudah berganti dengan yang lain) seperti ion-ion Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ dan Ka^+ yang mengelilingi partikel lempung tersebut dan terikat pada partikel oleh gaya tarik menarik elektrostatik. Bila air kemudian ditambahkan kepada lempung tersebut, kation-kation tersebut dan sejumlah kecil anion-anion (ion bermuatan negatif) akan berenang di antara partikel-partikel itu.

Keadaan ini disebut sebagai lapisan ganda terdifusi (*diffuse double layer*). Konsentrasi kation pada larutan akan berkurang bila jaraknya dari permukaan partikel makin jauh. Molekul-molekul air (H_2O) membentuk kutub-kutub (polar). Hal ini karena atom-atom hidrogen pada molekul air tidak tersusun secara simetris sekeliling atom oksigen, melainkan membentuk sudut ikatan sebesar 105° . Akibatnya, molekul-molekul air berkelakuan seperti batang-batang kecil yang mempunyai muatan positif di satu sisi dan muatan negatif di sisi yang lain. Hal ini disebut sebagai berkutub dua (*dipole*).

Molekul air yang berkutub dua tersebut tertarik oleh permukaan partikel lempung yang bermuatan negatif dan oleh adanya kation-kation dalam lapisan ganda (*double layer*). Kemudian kation-kation tersebut menempel di permukaan partikel yang bermuatan negatif. Mekanisme yang ketiga dari tertariknya molekul air ke permukaan partikel lempung ialah karena adanya ikatan hidrogen) hidrogen bonding, di mana setiap atom hidrogen pada molekul air dipakai bersama oleh atom oksigen pada permukaan partikel lempung. Sebagian dari kation-kation terhidrasi di dalam air pori juga tertarik untuk melekat pada permukaan partikel lempung.

c. Stabilisasi Tanah dengan Bahan Kimia

Tanah organik memperlambat hidrasi semen, penambahan ion kalsium atau yang lain akan memperbaiki sifat semen (Ingles, 1972). Kezdi (1979) menyatakan bahwa penambahan sejumlah kecil zat kimia akan

memperbaiki dan menambah kekuatan tanah semen.

Sebelumnya telah diadakan percobaan dengan alkali oleh Lambe (1960) yang menerangkan bahwa alkali hidroksida (Sodium, potassium, lithium) mempunyai efek yang baik pada tanah. Kesimpulan percobaan tersebut adalah :

- 1) Penambahan 1– 4 % alkali hidroksida dan variasi alkali akan menaikkan kekuatan tanah.
- 2) Senyawa sodium mempunyai efek yang baik, terutama sodium hidroksida, sodium karbonat, sodium sulphate, metasilikat dan aluminat memiliki efisiensi yang tinggi.
- 3) Efisiensi senyawa sodium tergantung pada jenis tanah, IP atau jumlah bahan organik yang ada
- 4) Efisiensi penambahan bahan kimia tergantung pada reaksi silikat dalam tanah
- 5) Konsentrasi alkali optimum diambil 1%, konsentrasi yang tinggi akan menambah kuat akhir yang sama tetapi memperlambat konsolidasi.

Campuran bahan kimia umumnya berupa bubuk halus dan secara komersil dijual bahan kimia campuran yang diproduksi secara pabrikan. Kualitas campuran bahan kimia dan tanah dilakukan secara uji coba-coba untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan kimia adalah untuk merubah interaksi air dengan tanah terhadap permukaan . Karena itu aktivitas permukaan dari partikel tanah, muatan kutub dan penyerapan serta daerah penyerapan air memegang peranan penting. Sama pentingnya adalah penggabungan luas partikel sehingga dapat berubah menjadi suatu kesatuan.

d. Bahan Aditif Buatan

Bahan Aditif Buatan merupakan suatu produk stabilisasi tanah yang pertama kali ditemukan di Jepang. Produk ini berupa material serbuk halus/tepung terdiri dari komposisi logam dan garam/mineral anorganik bersumber dari air laut.

Produk stabilisasi tanah ini biasa digunakan untuk :

- 1) Pengganti konstruksi jalan (LPA+LPB) yang lebih kuat dan elastik.

- 2) Pengganti dinding penahan tanah/stabilitas tanah yang lebih kuat elastik dan ekonomis.
- 3) Pengganti konstruksi lantai kerja paving blok.
- 4) Pembuatan jalan tanah, landasan pesawat terbang dan lahan parkir.

Bahan Aditif Buatan melarutkan asam humus (*humic acid*) yang terdapat dalam tanah, dan menghilangkan efek penghambatan ikatan ion, sehingga partikel tanah menjadi lebih mudah bermuatan ion negatif (anion), dan kation Ca^{++} dapat mengikat langsung dengan mudah pada partikel tanah. Jika pencampuran semen mengandung sulfur (SO_3) dengan tanah tanpa melibatkan Bahan Aditif Buatan, maka ketika bercampur dengan air tanah atau terkena air hujan, campuran tadi akan menghasilkan *sulfuric acid* yang menyebabkan terjadinya keretakan.

Hal ini akan berbeda bila menggunakan bahan aditif buatan, dimana pada saat terjadi pengikatan semen pada partikel tanah dan mengering karena reaksi dehidrasi, akan terbentuk kristal-kristal yang muncul diantara campuran semen yang mengikat partikel tanah, kristal-kristal tersebut menyerupai jarum-jarum, secara intensif akan bertambah banyak dan membesar yang nantinya membentuk rongga-rongga mikron yang dapat menyerap air (*porositas*), sehingga tidak akan terjadi keretakan. (Sumber : Cylo Trimegah, Soil Stabilizer & Energy Solution Corp.) Adapun bahan-bahan yang terkandung pada bahan aditif buatan diantaranya :

Tabel 1. Unsur Penyusun Bahan Aditif Buatan

Unsur	Prosentase kadar (%)
NaCl	15 – 25
KCL	20 – 35
CaCl ₂	15 – 25
MgCl ₂	5 – 15
Ca ₃ (PO ₄) ₂	1 – 5
Na ₂ SO ₄	1 – 10
C ₉ H ₈ O ₇ /H ₂ O	1 – 5
Lain-lain	5

(Sumber: PT.Indoenviro)

e. Teknik Pengadukan Tanah – Bahan Aditif

Keseragaman pencampuran tanah kohesif dengan semen sukar dicapai dibandingkan

dengan tanah yang lebih besar ukuran butirnya dikarenakan tanah kohesif cenderung melekat membentuk bongkahan.

Tipe alat aduk, lama pencampuran, kadar air merupakan parameter yang menentukan keseragaman hasil pengadukan, hal ini penting untuk kadar semen yang kecil. Pengadukan dalam waktu yang lama akan mendapatkan hasil yang lebih baik, tetapi ada waktu optimum yang berbeda-beda untuk masing-masing kadar zat aditif dan jenis tanah.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengetahui pengaruh bahan kimia terhadap tanah baik secara fisik maupun mekanis, dilakukan di laboratorium sesuai dengan rangkaian penelitian yang akan dilakukan. Adapun uraian pengerjaan penelitian ini akan dijelaskan pada bagan alir metodologi penelitian.

a. Pengambilan Sampel

Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan langsung dilokasi dengan menggunakan cangkul. Sebelum mengambil sampel tanah kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik atau karung.

b. Prosedur Percobaan Labotarium

Penyelidikan tanah dilakukan dilaboratorium Mekanika Tanah untuk diketahui sifat, jenis, dari material dan pengujian sampel yang dicampur dengan bahan kimia.

1) Tanah Natural

Pada sampel tanah terganggu dilakukan pengujian awal di labotarium untuk mengetahui sifat mekanik dan fisik tanah asli, yaitu :

a) Pengujian sifat fisik tanah, yaitu:

- Indeks propertis
- Uji distribusi berat, yaitu : analisis saringan (ASTM D 421-85) dan tes hidrometer (ASTM D 422-83), untuk mendapatkan variasi ukuran partikel dan klasifikasi tanah.
- Atterberg (ASTM D 4318-84), untuk mengetahui klasifikasi tanah berdasarkan tingkat keplastisitasannya

(batas cair, batas plastis dan batas susut).

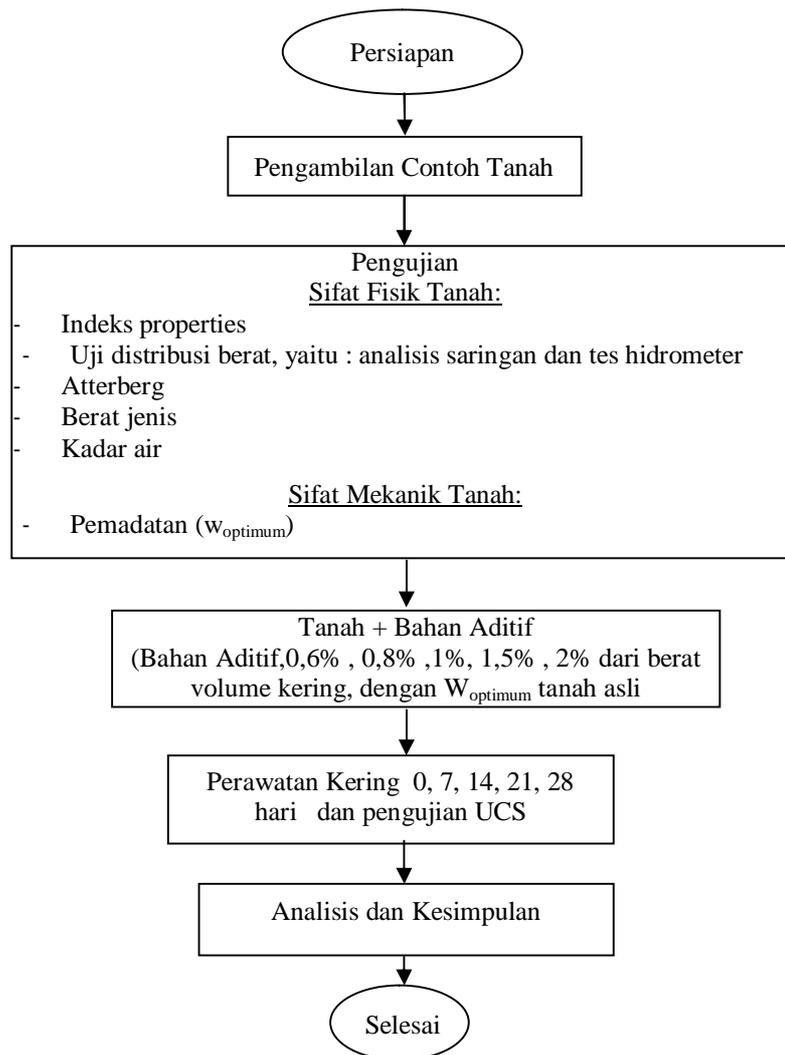
- Berat jenis (ASTM D 854-83), untuk menentukan harga berat spesifik mineral dalam tanah.
 - Kadar air (ASTM D 2216-80)
- b) Pengujian sifat mekanik tanah
- Pemadatan, pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan harga berat isi kering dari sampel tanah asli .Nilai dari kadar air optimum digunakan sebagai dasar pemberian air pada saat pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi. Posedur pengujian ini mengikuti standar (ASTM D 698-78) untuk *Modified proctor*.
 - Pengujian kuat tekan bebas (UCS) dilakukan untuk mengetahui nilai dari kuat tekan (qu) . Prosedur pengujian dilakukan dengan mengikuti aturan (ASTM D 2166-85).

2) Pembuatan Sampel Tanah

Pembuatan sampel tanah dibuat sesuai dengan ukuran sampel untuk uji UCS yang berukuran 38 mm untuk diameter dan 76 mm untuk tinggi. Sampel tanah yang telah dicampur bahan aditif pada kadar air optimum dimasukkan kedalam mold/cetakan yang disesuaikan dengan ukuran uji UCS kemudian dipadatkan, dan di lakukan perawatan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

3) Tanah dicampur dengan Bahan Aditif

Proses pencampuran tanah dengan aditif dilakukan pengujian dengan kadar bahan aditif 0,6%, 0,8%, 1%, 1,5%, 2% dari berat volume kering. Tanah dipadatkan dengan menggunakan cetakan untuk uji UCS. Kemudian pengujian kuat tekan bebas sesuai dengan prosentase pencampuran antara tanah lempung dan bahan aditif, lalu sampel didiamkan dalam desikator selama masa waktu pemeliharaan. Kemudian pada sampel di lakukan pengujian, yaitu : tes UCS untuk mengetahui prosentase kadar bahan aditif yang akan memberikan nilai kekuatan optimum. Dapat Kita lihat bagan alir penelitian ini pada gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Pada pengujian sifat fisik tanah natural ini dilakukan dilaboratorium mekanika tanah adapun pengujian yang dilakukan diantaranya analisis butiran, kadar air, batas konsistensi, berat jenis dan pemadatan tanah.

1) Analisis Butiran

Pengujian analisa butiran dilakukan dua analisis analisis saringan dan analisis hydrometer. Untuk menentukan distribusi butiran-butiran tanah yang tertahan pada saringan no 200 digunakan uji analisis saringan dan butiran tanah yang lolos dari saringan no 200 digunakan uji *hydrometer*.

Hasil pengujian analisis saringan pada tanah Nagreg menunjukkan bahwa

92,33% butiran tanah lolos dari saringan no 200 sisanya tertahan pada saringan no 10 sebesar 0,5% dan tertahan pada saringan no 200 sebesar (7,17%).

2) Analisis Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan nilai perbandingan berat butir tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu biasanya diambil pada suhu 25°C. Hasil dari pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada hasil dari pengujian berat jenis untuk tanah Nagreg sebesar 2,6063.

3) Analisis Kadar Air

Maksud dari pengujian kadar air tanah adalah mengetahui nilai perbandingan antara berat air didalam tanah dengan butiran tanah tersebut dalam satuan persen.

Dari hasil pengujian kadar air tanah maka dapat diketahui tanah lempung yang berasal dari Nagreg Jawa Barat mengandung kadar air sebesar 10,39%.

4) Analisis Batas-Batas Konsistensi

Pengujian batas-batas konsistensi dilakukan mengetahui jenis serta sifat-sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi berdasarkan air yang terkandung didalam tanah yang dibagi menjadi empat keadaan dasar yaitu padat, semipadat, plastis dan cair. Adapun hasil dari pengujian batas-batas

Tabel 2. Hasil Analisis Batas Konsistensi

Analisa Batas Konsistensi	
PLASTIC INDEX	35,45
LIQUID LIMITS	62,07
PLASTIC LIMITS	26,62
USCS	C-H
SUB GROUP AASHTO	A-7-6

(Sumber : Hasil pengujian Laboratorium 2011)

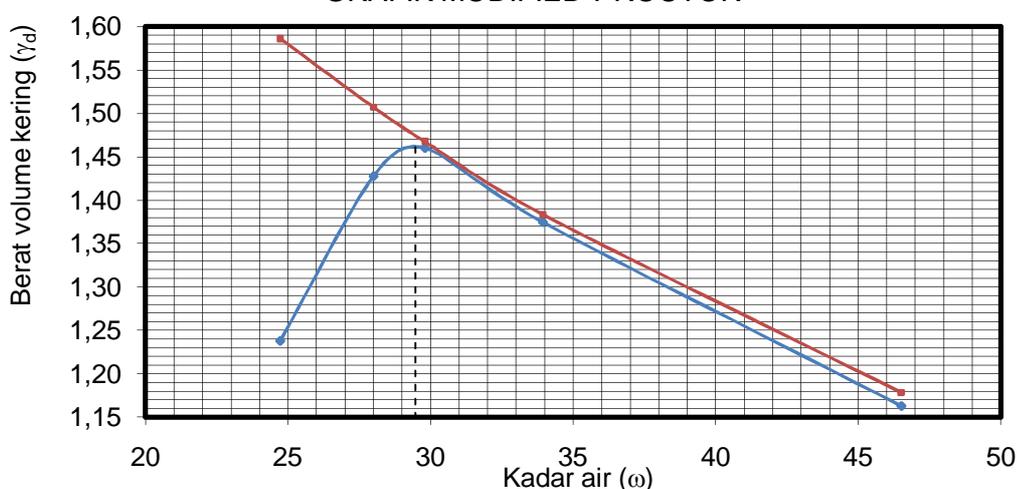
5) Analisa Pemadatan (Modified Proctor Test)

Tabel 3. Hasil Analisis Pemadatan

Cara Pemadatan	Modified	
Berat Jenis	2,606	
Berat volume kering maksimum	1.461	gr/cm ³
Kadar air optimum	29.5	%
95% kepadatan kering maksimum	1.387	gr/cm ³

(Sumber : Hasil pengujian Laboratorium 2011)

GRAFIK MODIFIED PROCTOR



Gambar 2. Grafik pemadatan Tanah.

(Sumber : Hasil pengujian Laboratorium 2011)

Dari Gambar 2 hubungan kadar air dengan berat volume tanah kering maka didapatkan: Kadar air optimum = 29.5%; Berat volume kering maksimum = 1,461 gr/cm³. Tabel 4.1 menunjukkan bahwa tanah Nagreg, Jawa Barat merupakan jenis tanah lempung kaku. Berdasarkan hasil pengujian proktor modifikasi yang terdapat pada Gambar 2 berupa kadar air dan berat tanah kering tanah Nagreg kondisi optimum, maka nilai tersebut digunakan sebagai pedoman untuk

pencampuran benda uji pada pengujian selanjutnya.

6) Berat Fase Tanah Nagreg

Perhitungan UCS per sample dengan ukuran cetakan :

- Diameter sampel : 3.8 cm
- Tinggi sampel : 7.6 cm
- Luas Sampel : 11.3354 cm²
- Volume sampel : 86.14904 cm³

Rumus yang berkaitan :

- Kadar air, $\omega_{opt} = \frac{Mw}{Ms}$
- Berat Tanah, $M = Ma + Mw + Ms$
 $M = Mw + Ms$
- Volume Tanah, $V = (Va + Vw) + Vs$
 $= Vv + Vs$
- Berat Volume air, $\gamma_w = \frac{Mw}{Vw}$;
 $\gamma_w = 1000 \text{ gram /cm}^3$

Dari rumus diatas didapatkan berat fase tanah Nagreg per sampel yaitu :

- $\gamma_{dry} = \frac{Ms}{V}$; $Ms = \gamma_{dry} \times V = 1.461 \times 86.14904 = 125.8637 \text{ gram}$
- $\omega_{opt} = \frac{Mw}{Ms}$; $Mw = Ms \times \omega_{opt} = 125.8637 \times 29,5\% = 37.13 \text{ gram}$

$$\gamma_w = \frac{Mw}{Vw}; w = \frac{Mw}{\gamma_w} = \frac{37.13}{1000} = 0.03713 \text{ cm}^3$$

Berat total per sampel : $Ms + Mw = 125.8637 + 37.13 = 162.9937 \text{ gram} \approx 163 \text{ gram}$.

Kadar air pengetesan ulang = 10.275 %

$$W(\%)_{terganggu} = \frac{Mw}{Ms} ; Mw_{terganggu} =$$

$$W(\%)_{terganggu} \times Ms = 10.275\% \times 125.8637 = 12.932 \text{ gram}$$

Total berat sample = $125.8637 + 12.932 = 138.7957 \text{ gram}$

Penambahan air agar mencapai $W_{optimum} = 29,5\%$ yaitu $163 - 138.7957 = 24.2 \text{ gram}$.

Berat rencana total yang diperlukan dalam pembuatan sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rencana Berat Total Campuran Per Sampel (gram)

Bahan Aditif	Kadar	Berat	Berat Tanah (gram)	Berat air (gram)	Total Tanah+ Bahan Aditif gram
	%	(Gram)			
Bahan Aditif Buatan+ Tanah	0.4	0.50	125.86	24.20	150.57
	0.6	0.76			150.82
	0.8	1.01			151.07
	1	1.26			151.33
	1.5	1.89			151.96
	1.5	1.89			151.96
	2	2.52			152.58

(Sumber : Hasil pengujian Laboratorium 2011)

b. Tanah Dicampur Dengan Bahan Aditif

Bahan aditif buatan merupakan zat aditif yang mengandung berbagai macam bahan kimia dan garam-garaman. Pada pencampuran tanah dengan bahan aditif buatan yaitu bahan aditif buatan terlebih

dahulu dilarutkan dengan airkemudian setelah dilarutkan dicampur dengan tanah dan diaduk selama 5–10 menit. Setelah tercampur kemudian dilakukan pencetakan untuk pengujian kuat tekan bebas kemudian dilakukan perawatan. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian Stabilisasi Tanah dengan Bahan Aditif pada $W_{(opt)}$

ADITIF	KADAR	PENGUJIAN HARI KE-							
		0	0	0	7	7	7	14	14
Bahan Aditif Buatan	0,40%	3,615	5,758	6,049	6,628	7,035	7,329	6,877	7,291
	0,60%	5,082	7,714	6,347	8,048	7,377	7,39	7,737	8,293
	0,80%	6,07	6,119	6,167	6,903	7,223	7,111	7,124	7,337
	1%	5,391	4,306	5,979	6,733	6,244	6,486	6,417	6,99
	1,50%	3,989	4,769	3,562	5,435	5,856	6,031	6,073	6,105
	2%	3,672	3,875	3,367	6,066	5,61	5,429	6,209	6,125

Tabel 5. Hasil pengujian Stabilisasi Tanah dengan Bahan Aditif pada $W_{(opt)}$ (lanjutan)

ADITIF	KADAR	PENGUJIAN HARI KE-						
		14	21	21	21	28	28	28
Bahan Aditif Buatan	0,40%	7,48	6,908	7,718	7,662	7,823	6,908	7,443
	0,60%	8,223	7,855	8,544	8,766	7,076	8,732	8,955
	0,80%	6,99	8,013	7,978	8,117	8,544	8,707	8,707
	1%	6,803	7,416	7,111	7,068	8,012	8,153	8,152
	1,50%	6,862	6,031	6,816	6,965	6,908	7,128	7,128
	2%	6,347	6,627	6,242	6,66	6,364	6,433	6,914

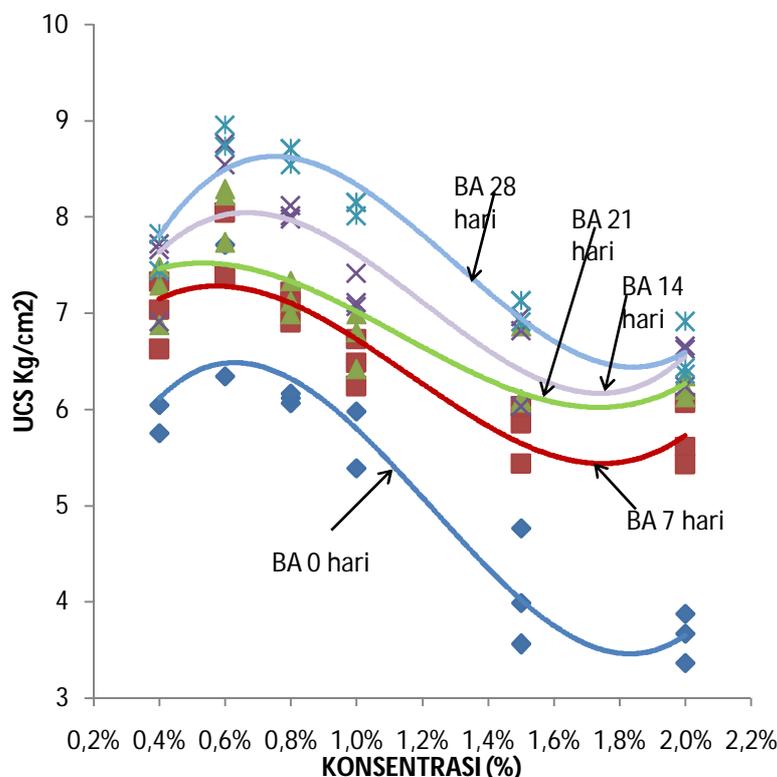
(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2011)

Dari hasil pengujian dilaboratorium, dapat kita lihat pada Tabel 5 dimana penambahan konsentrasi bahan aditif buatan pada campuran tanah memiliki nilai tertinggi pada konsentrasi 0,6 % sebesar 8,955 kg/cm² dengan waktu perawatan selama 28 hari dan memiliki nilai terendah pada konsentrasi 2% yang memiliki nilai kuat tekan 3,367 kg/cm² dengan waktu perawatan 0 hari.

Dari grafik diatas terlihat penambahan konsentrasi 0,6 % merupakan penambahan aditif terbaik untuk campuran bahan aditif buatan dengan tanah lempung tersebut. Penambahan konsentrasi bahan aditif buatan

tidak menjamin akan semakin kuatnya nilai kuat tekan dari campuran tanah dengan bahan aditif buatan hal ini dapat kita lihat pada Gambar 3 nilai kuat tekan tanah mengalami penurunan setelah penambahan konsentrasi lebih dari 0,6%.

Pada proses pencampuran Bahan Aditif Buatan dengan tanah lempung Nagreg Bahan Aditif mempengaruhi penguraian permukaan tanah dan membentuk Kristal yang akan menempati rongga-rongga kosong, dan akan sangat kuat apabila dicampur dengan semen.



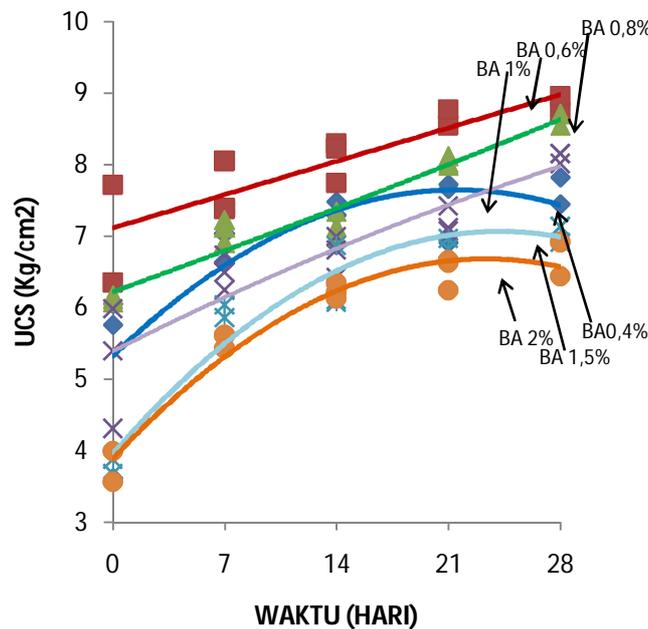
Gambar 3. Kurva hubungan kuat tekan sampel dicampur dengan Bahan Aditif (BA) (kg/cm²) terhadap konsentrasi Bahan Aditif (%) pada W_{opt} .

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2011).

Tabel 6. Persamaan Regresi Kurva Kuat Tekan Sampel Terhadap Konsentrasi Bahan Aditif Buatan.

No	Nama	Persamaan	R2	Keterangan
1	BA (0 hari)	$5E+06x^3 - 18402x^2 + 1692,x + 1,905$	0,886	Polynomial
2	BA(7hari)	$2E+06x^3 - 79518x^2 + 687,7x + 5,523$	0,823	polinomial
3	BA(14 hari)	$2E+06x^3 - 58170x^2 + 473,8x + 6,388$	0,67	polinomial
4	BA(21 hari)	$3E+06x^3 - 10815x^2 + 1045,x + 4,982$	0,727	polinomial
5	BA(28 hari)	$3E+06x^3 - 11281x^2 + 1222,x + 4,445$	0,667	polinomial

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2011)



Gambar 4. Kurva Hubungan Kuat Tekan Sampel Tanah Dicampur Bahan Aditif Buatan (kg/cm²) Dengan waktu (hari) pada W_{opt}.

(Sumber : Hasil pengujian laboratorium 2011)

Tabel 7. Persamaan Regresi Kurva Kuat Tekan Sampel Bahan Aditif Buatan Terhadap Waktu

No	Nama	Persamaan	R2	Keterangan
1	BA 0,4%	$-0,005x^2 + 0,216x + 5,319$	0,664	polinomial
2	BA 0,6%	$0,066x + 7,116$	0,744	polinomial
3	BA 0,8%	$0,000x^2 + 0,081x + 6,219$	0,948	polinomial
4	BA 1%	$-0,000x^2 + 0,112x + 5,384$	0,834	polinomial
5	BA 1,5%	$-0,005x^2 + 0,257x + 3,954$	0,93	polinomial
6	BA 2%	$-0,005x^2 + 0,239x + 3,879$	0,955	polinomial

(Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium, 2011)

Pada Gambar.4 dapat kita lihat kekuatan campuran tanah dengan Bahan Aditif Buatan

semakin bertambah seiring dengan waktu perawatan. Setelah perawatan menginjak hari

ke-14 kenaikan kekuatan tanah memiliki nilai kenaikan yang tidak terlalu besar dimana proses kimia dalam pencampuran bahan aditif dan tanah mulai stabil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari pengujian stabilisasi tanah dengan bahan kimia dan semen yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Stabilisasi tanah dengan Bahan Aditif Buatan mendapatkan hasil tertinggi dengan konsentrasi Bahan Aditif Buatan sebesar 0,6 % lama waktu perawatan 28 hari dengan nilai kuat tekan sampel 8,955 Kg/cm².
2. Kenaikan nilai kuat tekan tanah yang dicampur dengan bahan aditif dari 0,4% sampai dengan 0,6% namun setelah lebih dari 0,6% kuat tekan tanah mengalami penurunan.
3. Kuat tekan dari campuran tanah dan bahan aditif mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya waktu perawatan hal ini menandakan proses kimiawi antara campuran masih terus bereaksi dan rata-rata reaksi mulai stabil pada hari ke-14 waktu perawatan.

Beberapa saran yang dapat diambil dan perlu digaris bawahi pada penelitian ini adalah:

1. Perlunya uji kimia dan mineral tanah pada tanah Nagreg agar diketahui komposisi mineral dan zat kimia penyusunnya.
2. Diharapkan dari penelitian ini dapat menjadi acuan untuk mengembangkan dan meneliti lebih lanjut.
3. Untuk penelitian lanjutan diharapkan dicari kadar air optimumnya untuk tiap campuran yang dijadikan dasar pada pembuatan sampel tanah dengan bahan aditif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph. E (1986). *'Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah'*. Erlangga, Jakarta.(Book)
- Budhu, M (2007).*Soil Mechanics and Foundations*.Jhon Willey & Sons, America. (Book)
- Das, B.M(1985). *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta . (Book)
- Grim, R.E(1962). *Applied Clay Mineralog*. McGraw-Hill Book Company, New York. (Book)

Ingels, O.G. and Metclaf, J.B(1972). *Soil Stabilization Principles and Practice*. Butterworths, Sydney . (Book)

Kezdi, A(1979).*Stabilized Earth Roads*, Elseviers Scientific Publisng Company New York. (Book)

Lambe, T.W. and Whitman, R.V(1962). *Soil Stabilization, Foundation Engineering*, Ed. G.A Leonards, Mc Graw Hill, NewYork. (Book)

Lee.T.P. (1992). *Durability of Concrete Structures – Investigation, Repair and Protection* . E&FN Spon. London. (Book)

Mitchel, J.K. (1976), *Fundamentals of Soil Behavior*, John Willey&Sons, Inc. merica. (Book)

Terzaghi, K. & Peck, B.P., 1967. *Soil mechanics*. John Wiley (New York). (Book)

Young Ramond N.Warkitin, Benno. P(1975). *"Soil Properties and Behaviour"* Elsevier Scientivic. Publisng Company, Amsterdam. (Book).

www.indoenviro.co.id/apakah-ecomix-itu/