

EFEKTIFITAS PENAMBAHAN MATOS[®] PADA STABILISASI SEMEN TANAH BERBUTIR HALUS

Teguh Widodo¹, Rahmat Imron Qosari²

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

² Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta

Jalan Tentara Rakyat Mataram 55-57 Yogyakarta 53122

e-mail : elingmuhammad@yahoo.com

ABSTRACT

One of the chemical soil stabilization material is cement. Matos[®] is added to the soil-cement stabilization to remove humic acid on the particles surface so the bond between the soil-cement particles become strong. However, the effectiveness of the Matos[®] on cement stabilization of fine grained soil has not been widely studied.

This research studied the effectiveness of the Matos[®] on the cement stabilization of clay high plasticity. Unconfined compression test performed on native soil, soil-cement, soil-cement- Matos[®] with one day curing time. The variation of cement used is 4%, 8% and 12% by dry soil weight.

The unconfined compression test results showed the increased value of UCS of cement-soil-stabilizer against UCS of soil-cement is 9.47% (addition of 4% cement), 13.58 (8% addition of cement), and 17.25% (addition of cement 12%).

Keywords: soil-cement stabilization, stabilizer, UCS

PENDAHULUAN

Tanah lempung adalah tanah dengan kandungan partikel halus dan nilai indeks plastisitas tinggi. Plastisitas tanah lempung diakibatkan adanya mineral lempung yang bersifat mengikat air. Beberapa mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung yakni: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite* (Hardiyatmo, H.C., 2002). Secara teknis tanah lempung memiliki daya dukung rendah, penurunan besar dan kembang-susut tinggi. Stabilisasi tanah lempung dilakukan untuk meningkatkan daya dukung, mengurangi penurunan dan sifat kembang-susut.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan menggunakan metode: 1) mekanis/pemadatan 2) fisis/perbaikan gradasi, dan 3) stabilisasi kimiawi. Bahan sering digunakan dalam stabilisasi kimiawi adalah abu terbang (*fly ash*), abu vulkanis, kapur, abu sekam padi, dan semen (*portland cement*).

Pada stabilisasi kimiawi menggunakan semen lapisan humus di permukaan partikel

tanah menghalangi ikatan antara partikel dan semen sehingga peningkatan kuat geser tanah kurang maksimal. Panas akibat reaksi hidrasi semen juga mengakibatkan adanya potensi keretakan pada stabilisasi tanah-semen. Matos[®] merupakan zat aditif yang ditambahkan dalam stabilisasi tanah-semen dan berfungsi untuk: 1) melarutkan humus pada permukaan partikel tanah yang menghalangi ikatan tanah-semen sehingga ikatan lebih kuat, 2) membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-partikel tanah, dan 3) mencegah keretakan akibat panas reaksi hidrasi semen. Penambahan Matos[®] pada stabilisasi tanah-semen diharapkan mampu meningkatkan kuat geser tanah.

Makalah ini menyajikan hasil penelitian efektifitas penambahan Matos[®] pada proses stabilisasi tanah lempung berplastisitas tinggi (CH) menggunakan

semen, ditinjau dari nilai kuat tekan bebas (*Unconfine Compression Strength*, UCS).

Lempung

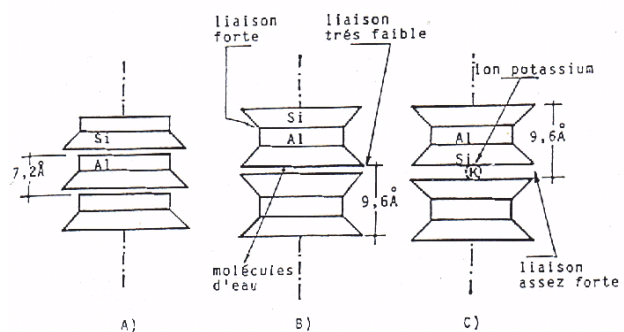
Tanah lempung adalah tanah dengan kandungan partikel halus dan nilai indeks plastisitas tinggi. Plastisitas tanah lempung diakibatkan adanya mineral lempung yang bersifat mengikat air. Menurut Terssier dalam Wahyudi (2002) ditinjau dari tingkatan mikro organisasi antar partikel lempung, mikrostruktur partikel lempung dapat diklasifikasikan menjadi empat tingkatan yaitu:

1. Struktur primer, merupakan struktur dasar yang terdiri dari satu **lembaran** (*layer, feuillet*) dan ruang *interlayer* dengan ketebalan total disebut d_{001} . Gambar 1. menunjukkan perbedaan secara skematis struktur mineral *kaolinite*, *montmorillonite* dan *illite* (Mittchell, 1993). Mineral *kaolinite* terdiri dari 1 lapis *silica tetrahedron* (Si) dan 1 lapis *aluminium octahedron* (Al) atau umum disebut mineral tipe 1:1, mempunyai $d_{001} = 7,2$ Angstrong ($= 7,2 \times 10^{-7}$ mm). Molekul air tidak dapat memasuki ruang *interlayer* mineral *kaolinite* sehingga termasuk dalam *non expanding lattice*. Sedangkan mineral *monmorillonite* terdiri dari 2 lapis Si dan 1 lapis Al (disebut mineral tipe 2:1), mempunyai $d_{001} = 9,6$ Angstrong ($= 9,6 \times 10^{-7}$ mm). Molekul air dapat memasuki ruang *interlayer* mineral *monmorillonite* sehingga termasuk dalam *expanding lattice*. Mineral *illite* mempunyai struktur dasar yang sama dengan *monmorillonite* namun terdapat ion *potassium* (K) yang bersifat tetap (*fixed*) pada ruang *interlayer* sehingga air tidak mampu masuk dan bersifat *non expanding lattice*.
2. Struktur sekunder, merupakan gabungan dari beberapa **lembaran** yang bermineral sama ($d_{001} = \text{konstan}$) dan sering disebut **kristalit**.

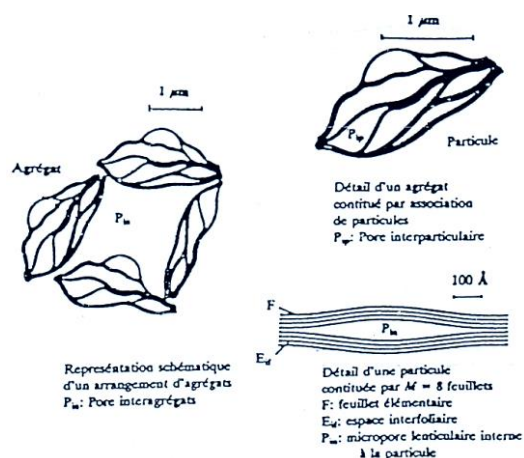
3. Struktur tersier (Gambar 2.) merupakan gabungan dari beberapa **kristalit**, yang terdiri dari 10-50 layer

atau lebih umum disebut sebagai sebuah **partikel**. Dalam mekanika tanah dimensi sebuah partikel lempung didefinisikan $< 0,002$ mm.

4. Struktur quartener (Gambar 2.), merupakan gabungan dari beberapa **partikel** dan umum disebut dengan sebuah **agregat**. Tanah yang bisa dilihat secara visual umumnya merupakan gabungan dari beberapa agregat.



Gambar 1. Diagram skematis struktur mineral A) kaolinite, B) monmorillonite, dan C) Illite. (Michell, 1993)



Gambar 2. Representasi skematis beberapa tipe mikropori dan klasifikasi struktur lempung (Tessier dalam Wahyudi, 2002)

Mikropori diklasifikasikan berdasarkan mikrostruktur atau tingkatan mikroorganisasi partikel-partikel tersebut (Gambar 2.) yaitu:

1. Mikropori *intraparticulaire*, yaitu merupakan gabungan antara mikropori *interlayer* dan *lenticulaire*, yang terdapat dalam sebuah kristalit atau partikel.
2. Mikropori *interparticulaire*, adalah pori-pori yang terletak diantara partikel-partikel dalam sebuah aggregate.
3. Ruang *interaggregate*, terdapat diantara agregate-aggregate yang berdiameter relatif besar. Air tanah yang dapat dilihat secara visual terletak di dalam pori inter aggregate ini.

Semen (Portland Cement)

Semen adalah bahan ikat hidrolis (menghisap atau membutuhkan air), yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan tambah.

Unsur yang penting dan memberikan kontribusi yang paling besar terhadap kekuatan pasta semen adalah C_2S dan C_3S . Setelah tercampur dengan air senyawa tersebut akan mengalami oksidasi dan membentuk sebuah massa yang padat. Senyawa tersebut bereaksi secara eksotermik dan berpengaruh pada panas hidrasi tinggi.

Proses interaksi antara tanah dengan semen adalah sebagai berikut:

1. Absorpsi air dan reaksi pertukaran ion
Menurut Mitchell (1993), bahwa partikel semen yang kering tersusun secara heterogen dan berisi kristal-kristal $3CaO.SiO_2$, $4CaO.SiO_4$, $3CaO.Al_2O_3$ dan bahan-bahan yang padat berupa $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$. Bila semen ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{++} dilepaskan melalui hidrolisa dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Dengan reaksi ini partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensinya tanah menjadi lebih baik.
2. Reaksi pembentukan kalsium silikat

Dari reaksi-reaksi kimia yang berlangsung diatas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan adalah hidrasi dari A-lite ($3CaO.SiO_2$) dan B-lite ($2CaO.SiO_2$) terdiri dari kalsium silikat dan melalui hidrasi tadi hidrat-hidrat seperti kalsium silikat dan aluminat terbentuk. Senyawa-senyawa ini berperan dalam pembentukan atau pengerasan.

3. Reaksi pozzolan

Kalsium hidroksida yang dihasilkan pada waktu hidrasi akan membentuk reaksi dengan tanah (*reaksi pozzolan*) yang bersifat memperkuat ikatan antara partikel, karena berfungsi sebagai *binder* (pengikat).

Matos®

Matos® berbentuk material serbuk. Komposisi Matos® terdiri dari logam dan garam mineral anorganik dan lain-lain, bersumber dari air laut, aman untuk makhluk hidup dan ramah lingkungan. Matos® ditambahkan pada tanah-semen dengan cara kita harus melarutkannya ke dalam air pada tingkat kelarutan (*molaritas*) 10%.

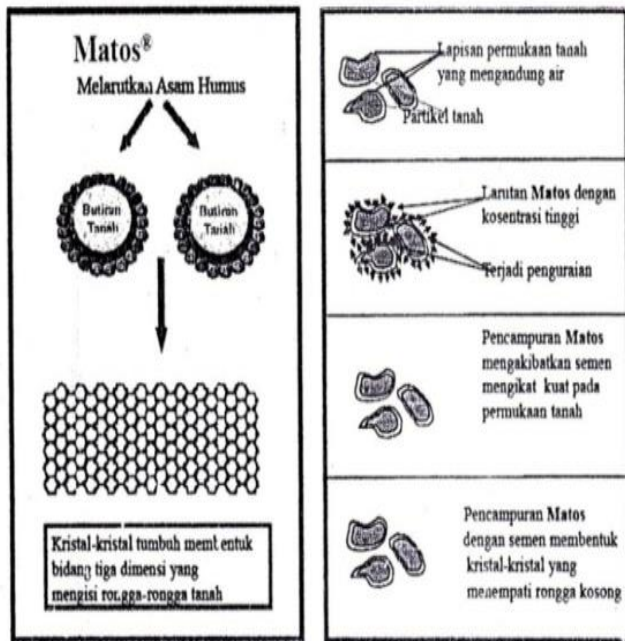
Matos® merupakan zat aditif yang ditambahkan dalam stabilisasi tanah-semen dan berfungsi untuk: 1) melarutkan humus pada permukaan partikel tanah yang menghalangi ikatan tanah-semen sehingga ikatan lebih kuat, 2) membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-partikel tanah, dan 3) mencegah keretakan akibat panas reaksi hidrasi semen.

Humus terbentuk akibat tanaman-tanaman yang sudah mati larut kedalam air yang menempel pada permukaan tanah dan humus (*humic acid*) ini menghambat terjadinya kontak antara kation kalsium (Ca^{++}) semen dan anion (-) partikel-partikel tanah. Matos® memperlemah fungsi negatif humus dan menurunkan kadar humus sehingga kation kalsium (Ca^{++}) pada semen dapat menempel langsung dipermukaan tanah.

Matos® membantu menyuplai lebih banyak ion pengganti dan membentuk senyawa asam alumunium silica sehingga membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-partikel tanah.

Pada saat terjadi reaksi hidrasi semen, komponen Matos® menyerap panas hidrasi dan mengkristal diantara campuran semen

yang mengikat partikel tanah. Kristal-kristal tersebut menyerupai jarum, akan bertambah banyak dan membesar mengisi rongga-rongga. Penyerapan panas hidrasi dan terbentuknya kristal yang mengisi rongga akan mengurangi patensi keretakan yang sering timbul pada stabilisasi tanah-semen. Ilustrasi proses reaksi tanah-semen Matos® dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses reaksi tanah-semen Matos®

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Janabadra. Tanah lempung berasal dari Dukuh Perengdawe, Desa Balecatur, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman. Bahan penelitian adalah sebagai berikut: 1) aditif Matos® produksi PT. Watukali Capita Ciptama, 2) semen (*portland cement*) merk Holcim, dan air di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Janabadra.

Tahapan-tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4. Kadar Matos yang digunakan adalah 1 kg/m³, sedangkan variasi kadar semen adalah: 4 %, 8%, dan 12 %. Untuk masing-masing variasi tanah diperam selama 1 hari sebelum di uji tekan bebas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

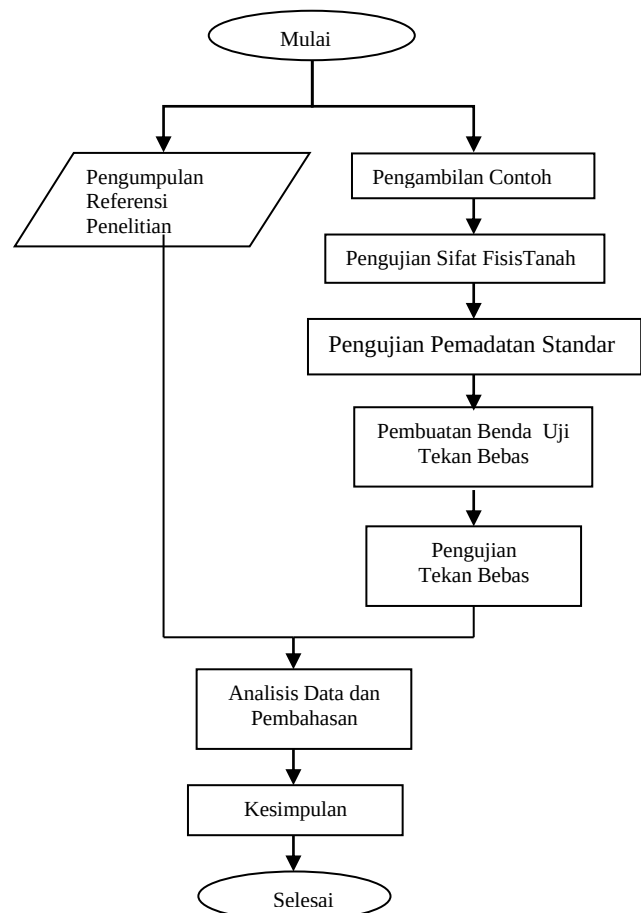
Hasil Penelitian

1. Sifat Fisis Tanah Asli

Hasil pengujian sifat fisis tanah asli diperoleh data seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Fisis Tanah Asli

Pemeriksaan	Nilai
Kadar air tanah asli	40.09 %
Kadar air tanah kering udara	11.84 %
Berat jenis tanah (<i>G_s</i>)	2.40 %
Batas cair (<i>LL</i>)	56.63 %
Batas plastis (<i>PL</i>)	31.04 %
Indeks plastisitas (<i>PI</i>)	25.59 %
Batas susut (<i>SL</i>)	15.78 %

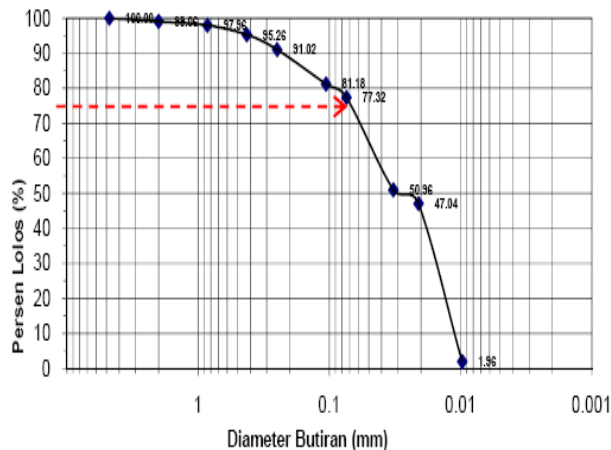


Gambar 4. Bagan Alir penelitian

2. Analisis Gradasi Ukuran Butir

Pengujian analisa gradasi butir di gunakan sampel tanah asli, meliputi analisa

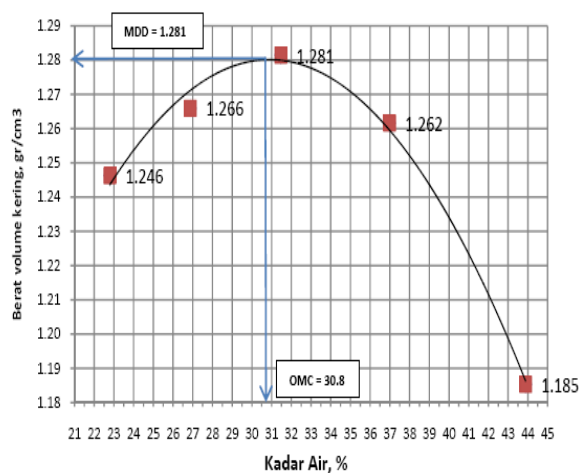
saringan dan analisa sedimen menggunakan hydrometer type 151H. hasil pemeriksaan analisa gradasi butir diperoleh kandungan butiran kasar = 22.68 % dan kandungan butiran halus = 77.32 % dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Distribusi Ukuran Butir

3. Pemadatan (*Standart Proctor*)

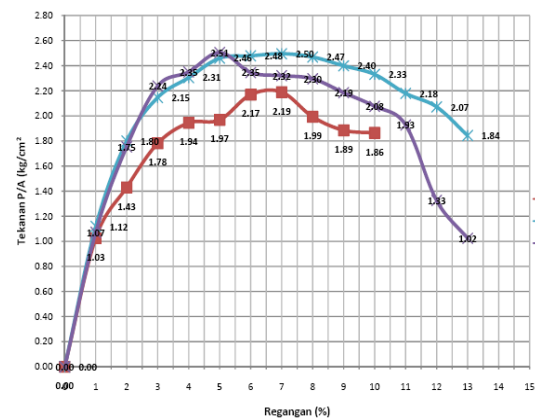
Hasil uji pemadatan standard terhadap tanah asli diperoleh kepadatan maksimum (*maximum dry density*, MDD) 1.280 gr/cm³ dan kadar air optimum (*optimum moisture content*, OMC) 30.8 % (Gambar 5.4)



Gambar 6. Hasil Uji Pemadatan

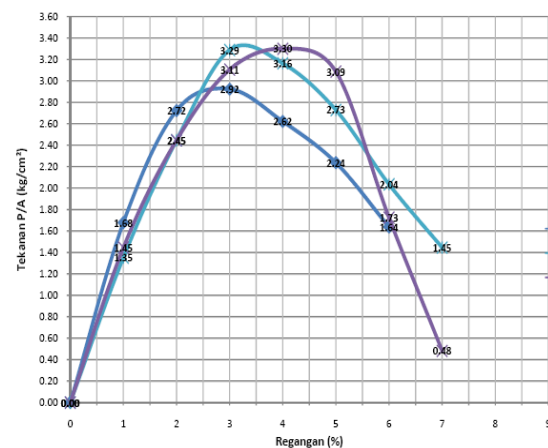
4. Kuat Tekan Bebas (UCS)

Hasil uji tekan bebas diperoleh nilai UCS tanah asli adalah 2,4 kg/cm² (Gambar 7).

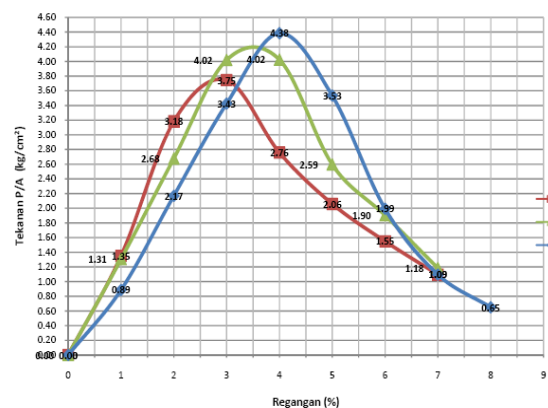


Gambar 7. Hasil uji UCS Tanah Asli

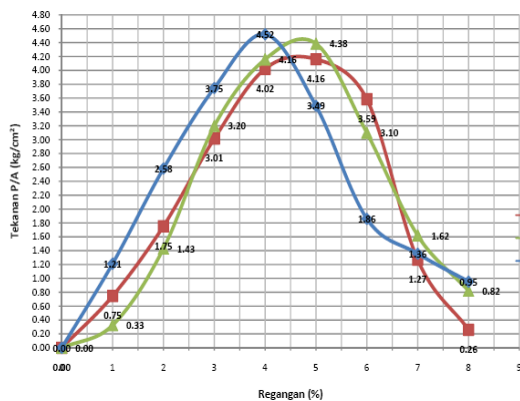
Hasil uji tekan bebas terhadap tanah-semen dengan kadar campuran PC 4%, PC 8%, dan PC 12% disajikan Gambar 8 sampai Gambar 10.



Gambar 8. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 4 %

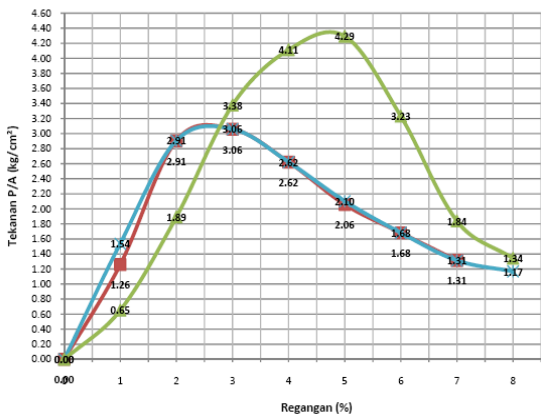


Gambar 9. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 8 %

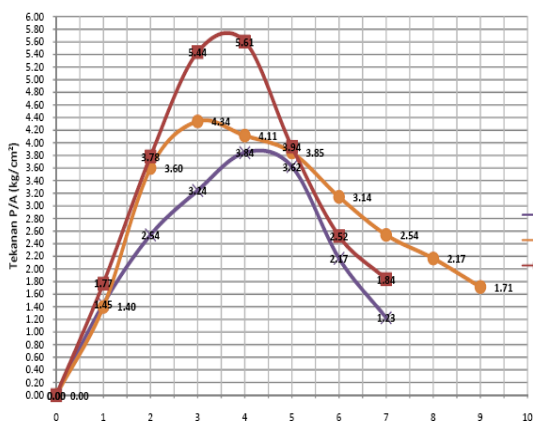


Gambar 10. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 12 %

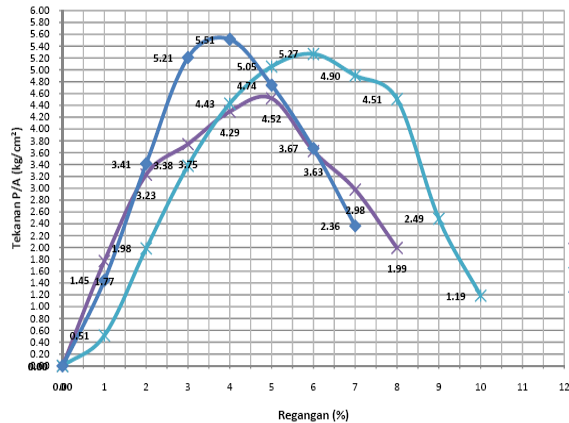
Hasil uji tekan bebas terhadap tanah-semen-Matos[®] dengan kadar campuran PC 4%, PC 8%, PC 12% disajikan Gambar 11 sampai 13.



Gambar 11. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 4 %- Matos[®]



Gambar 12. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 8 %- Matos[®]

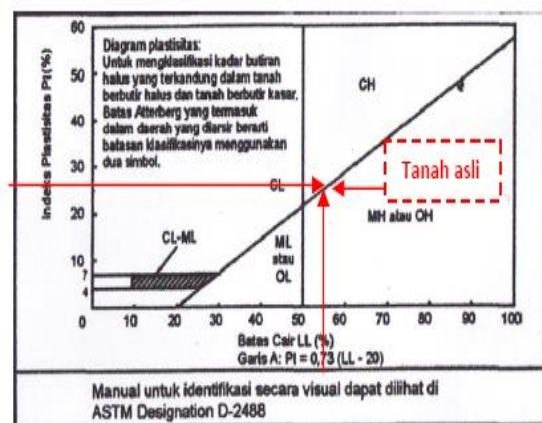


Gambar 13. Hasil Uji UCS Tanah-Semen 12 % - Matos[®]

Pembahasan

1. Klasifikasi Tanah

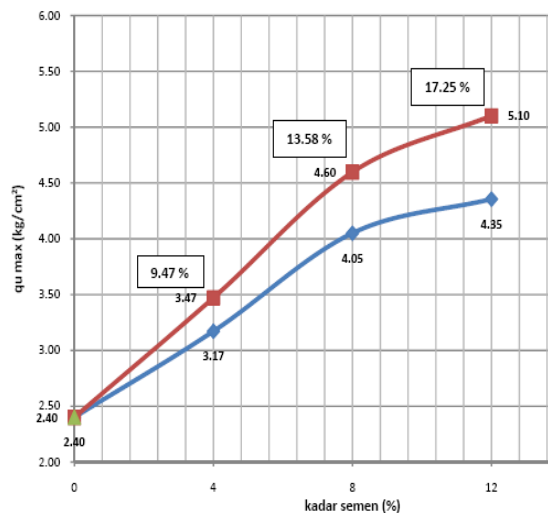
Gambar 14 menunjukkan klasifikasi menurut Unified Soil Classification System (USCS). Tanah uji memiliki nilai kandungan butiran halus > 50%, batas cair > 50% dan PI berada sedikit di atas garis A sehingga termasuk golongan lempung plastisitas tinggi (CH).



Gambar 14. Diagram klasifikasi tanah USCS

2. Kuat Tekan Bebas (UCS)

Perbandingan nilai UCS antara tanah-semen terhadap tanah-semen-Matos[®] menunjukkan bahwa penambahan stabilizer Matos[®] mampu meningkatkan nilai UCS tanah-semen. Peningkatan nilai UCS bertambah seiring bertambahnya kadar penambahan semen.



Gambar 15. Perbandingan nilai UCS tanah-semen dan tanah-semen-stabilizer

Peningkatan nilai UCS tanah-semen- Matos[®] terhadap nilai UCS tanah-semen adalah 9,47% (penambahan semen 4%), 13,58 (penambahan semen 8%), dan 17,25 % (penambahan semen 12%). Peningkatan nilai UCS yang relatif kecil ini menunjukkan penambahan Matos[®] 1 kg/m³ tanah pada stabilisasi tanah-semen kurang efektif. Hal ini disebabkan oleh luas permukaan butiran halus yang sangat besar dan struktur lempung yang memiliki empat tingkatan struktur. Kandungan air yang terdapat pada empat tingkatan struktur lempung mengakibatkan jumlah Matos[®] yang diperlukan untuk melarutkan humus lebih besar.

KESIMPULAN

1. Peningkatan nilai UCS tanah-semen- Matos[®] terhadap nilai UCS tanah-semen adalah 9,47% (penambahan semen 4%), 13,58 (penambahan semen 8%), dan 17,25 % (penambahan semen 12%).
2. Kandungan air yang terdapat pada empat tingkatan struktur lempung mengakibatkan jumlah stabilizer Matos[®] yang diperlukan untuk melarutkan humus lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim., MATOS[®] BOOK,. PT. Watukali Capita Ciptama, Yogyakarta
- Anonim., ASTM, 2004. *Annual Book Of Standart: Soil and Rock (I) D 420 - D 5611*. Vol. 4.08
- Anonim., ASTM, 2004. *Annual Book Of Standart: Soil and Rock (II) D 5714 - latest*. Vol. 4.09
- Hardiyatmo, H.C., 2002, *Mekanika Tanah I, edisi – 3*, Gadjah mada university press, Yogyakarta
- Mittchell, J.K., 1993, *Fundamental of Soil Behavior*, John Wiley & Sons, Inc New York.
- Wahyudi, H., 2002, *Swelling Soil Ditinjau dari Aspek Mikroskopis*, Seminar Tentang Perkembangan Terkini dalam Pemecahan Masalah-masalah Geoteknik di Indonesia, HATTI, Surabaya.