

STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN BAHAN KIMIA ASAM FOSFAT SEBAGAI LAPISAN FONDASI JALAN

STABILIZATION OF CLAY WITH ADDITIVE CHEMICAL FOSFAT ACID AS SUBGRADE

Ibrahim¹⁾, Arfan Hasan¹⁾, Yuniar²⁾

¹⁾ Teknik Sipil, ²⁾ Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Email : ibrahim_hasirun07@yahoo.com

ABSTRACT

Land is a part of the most structure as a foundation that supporting the construction above it. The quality and durability of a construction can't be separated from the nature of soil, some of them may cause problems. These problems usually occurred because of the unstable soil condition. The settlement that have done so far is to fix the top layer of the road but it doesn't solve the problem cause unstable road not only the structure on the road but also on the subgrade. The repair on the soft subgrade cause water content can be done with stabilization. This research is analyze about behavior of clays from Soekarno-Hatta Palembang which obtained the density soil maximum and water content optimum with acid phosphate increment as 0% , 2.5% , 5% , 7.5% , 10% and 12.5% of the land, and then do testing of index properties soil and California Bearing Ratio (CBR) test. From the research according to Unifed Soil Classification System (USCS) these soil at this area is included in the OH category, while according to American Association of State Highway an Transportation Officials (AASHTO) these soil is included in the A-7-5 category. The mixture soil with increment acid phosphate than original soil are showed that the liquid limid (LL) and plastic limid (PL) has decreased, it's mean index plastic (IP) tended to decrease. CBR value with increment of additive tend to increase and attain a peak increase from 7.5% while 10% and 12.5 % decrease.

Key words : clay, stabilization, asam fosfat

PENDAHULUAN

Beberapa kontruksi jalan raya di Sumatera selatan dibangun di atas tanah lempung. Daya dukung tanah yang berkadar lempung tinggi sangat sensitif terhadap pengaruh air, dalam keadaan kering mempunyai daya dukung tinggi dan dalam keadaan jenuh akan mempunyai daya dukung yang rendah serta kuat geser tanah turun. Akibat perilaku tersebut, jalan yang dibangun di atas tanah lempung sering mengalami kerusakan, misalnya jalan retak dan bergelombang maupun penurunan badan jalan sebelum mencapai umur rencana.

Kekuatan tanah dasar memegang peranan penting dalam penentuan tebal perkerasan yang dibutuhkan pada perkerasan aspal (*flexible pavement*). Jika tanah dasar merupakan tanah yang berkadar lempung tinggi, sifat-sifat fisis dan teknis tanah tersebut harus diperbaiki, sebab tanah lempung mempunyai daya dukung rendah serta sangat sensitif terhadap pengaruh air. Melihat kondisi tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah serta sangat sensitif terhadap pengaruh air.

Penyelesaian yang dilakukan selama ini adalah perbaikan pada lapis atas jalan, namun tidak menyelesaikan masalah yang terjadi karena ketidakstabilan jalan tersebut diperkirakan bukan terjadi pada struktur atas jalan tetapi pada tanah dasarnya. Dengan tanda-tanda semacam itu dapat diasumsikan bahwa bahan jalan yang digunakan

merupakan tanah yang tidak stabil atau tanah bermasalah.

Perbaikan pada tanah dasar (*subgrade*) yang lunak akibat perubahan kadar air umumnya dengan memodifikasi atau melakukan penanganan khusus untuk menghasilkan tanah dasar tersebut menjadi lebih baik bagi suatu konstruksi jalan serta material yang memenuhi standar perencanaan jalan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah sehingga mempunyai daya dukung yang baik dan berkemampuan mempertahankan perubahan volumenya yaitu dengan cara stabilisasi.

Salah satu bahan stabilisasi yang digunakan yaitu menggunakan bahan kimia asam fosfat. Asam fosfat akan bereaksi dengan kation dari mineral tanah membentuk senyawa baru yang akan mengikat struktur mineral yang ada di dalam tanah hingga menjadi suatu lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air.

Secara praktis stabilisasi tanah merupakan rekayasa perkuatan terhadap pondasi atau tanah dasar dengan atau bahan campuran, untuk menaikkan kemampuan menahan beban dan daya dukung terhadap tegangan fisik dan kimiawi akibat pengaruh cuaca atau lingkungan selama masa guna keteknikan suatu konstruksi jalan. Sifat tanah dasar seperti: kekakuan kekuatan, mampu mampat, potensi mengembang, daya tembus air dan perubahan volume. Adapun cara yang paling sederhana yang dapat digunakan yaitu dengan cara pemadatan, namun dengan kondisi tanah dasar yang memiliki

kestabilan dengan nilai CBR yang tinggi sebagaimana disyaratkan dalam suatu konstruksi jalan. Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas, tetapi apabila kita dihadapkan pada kondisi lapangan dengan kondisi tanah dasar yang bermasalah/kurang mendukung untuk suatu konstruksi jalan maka selain pemadatan diperlukan juga perlakuan khusus, diantaranya dengan menggunakan bahan kimia asam fosfat untuk perbaikan tanah dasar tersebut.

Masalah yang timbul setelah pembangunan jalan adalah kerusakan jalan yang ditandai dengan retak-retak, bergelombang maupun penurunan jalan. Kondisi tersebut terjadi disebagian besar jalan di kota Palembang yang terletak diatas tanah lempung. Penyelesaiannya yang dilakukan selama ini adalah perbaikan pada lapis atas jalan, namun tidak menyelesaikan masalah yang terjadi. Ketidakstabilan jalan tersebut diperkirakan bukan terjadi pada struktur atas jalan tetapi pada tanah dasarnya. Pada musim hujan kondisi jalan sangat lunak dan sebaliknya pada musim kering kondisi tanah sangat keras. Oleh sebab itu penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis tanah tersebut serta alternatif pemecahannya.

Stabilisasi tanah dasar dengan bahan kimia asam fosfat, dalam hal ini merupakan penanganan perbaikan tanah yang memungkinkan untuk menjadikan tanah dasar tersebut lebih baik bagi konstruksi jalan. Stabilisasi tanah dasar dapat dilakukan secara kimiawi.

Tanah Lempung

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang mempunyai ukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron) (Das, 1983). Hal ini disebabkan karena terjadinya proses kimiawi yang mengubah susunan mineral batuan asalnya yang disebabkan oleh air yang mengandung asam atau alkali, oksigen dan karbondioksida. Ditinjau dari segi mineralnya lempung didefinisikan sebagai tanah yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila tanah tersebut dicampur dengan air. Lempung terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan pipih dan merupakan partikel dari mika, mineral yang sangat halus lainnya.

Minerologi adalah faktor pengendali utama terhadap ukuran, bentuk, sifat-sifat fisis dan kimiawi, dari partikel tanah (Mitchell, 1976). Chen, 1975 mengemukakan bahwa suatu mineral lempung tidak dapat dibedakan melalui ukuran partikel saja, sebagai contoh partikel *quartz* dan *feldspar*, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karena umumnya partikel-partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah. Perubahan sifat fisik dan mekanis tanah lempung

dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut.

Terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959 dalam Hardiyatmo, 2002). Di antaranya terdiri dari kelompok-kelompok: *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *polygorskite*. Terdapat pula kelompok yang lain, misalnya *chlorite*, *vermiculite*, dan *hallosyte*. Susunan kebanyakan tanah lempung terdiri dari *silika tetrahedra* dan *aluminium oktahedra*. Silika dan aluminium secara parsial dapat digantikan oleh elemen yang lain dalam kesatuannya, keadaan ini dikenal sebagai substitusi *isomorf*. Kombinasi susunan dari kesatuan dalam bentuk susunan lempeng. Sumber utama dari mineral lempung adalah pelapukan kimiawi, dari batuan yang mengandung *Feldspar ortoklas*, *Feldspar plagioklas*, *Mika (muskovia)* yang semuanya dapat disebut silikat aluminium kompleks. Menurut Grim (1968) dalam Bowles (1984), mineral lempung dapat terbentuk dari hampir setiap batuan selama terdapat cukup banyak alkali dan tanah alkalin untuk dapat membuat terjadinya reaksi kimia. Secara umum lempung mempunyai muatan listrik negatif pada permukaannya. Muatan negatif pada permukaan partikel lempung akibat substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya. Partikel yang mempunyai luasan spesifik yang lebih besar terdapat pada muatan negatif yang lebih besar. Mineral *montmorillonite*, adalah jenis mineral yang mempunyai luas permukaan spesifik terbesar dengan kapasitas pertukaran kation terbesar dari kelompok mineralnya, disusul berturut-turut mineral *illite*, dan *kaolinit*. Banyaknya pertukaran kation pada jenis mineral dan luas permukaan spesifik jenis mineral.

Asam Fosfat

Asam fosfat teknis adalah cairan kental jernih tidak berwarna sampai hitam keruh, yang bagian terbesar terdiri dari P₂O₅ dan digunakan untuk industri. Asam fosfat diproduksi dengan cara melebur fosfat anhidrat kedalam air.

Fosfat anorganik maupun organik terdapat dalam tanah. Bentuk anorganiknya adalah senyawa Ca, Fe, Al, dan F. Fosfat organik mengandung senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme dan tersusun dari asam nukleat, fosfolipid, dan fitin (Rao, 1994). Bentuk fosfat anorganik tanah lebih sedikit dan sukar larut, sehingga dengan demikian P yang tersedia dalam tanah relatif rendah. Fosfat tersedia didalam tanah dapat diartikan sebagai P- tanah yang dapat diekstraksikan atau larut dalam air dan asam sitrat. P- organik dengan proses dekomposisi akan menjadi bentuk anorganik.

Stabilisasi tanah lempung diperlukan untuk memperbaiki karakteristik tanah tersebut. Penambahan aditif berupa asam fosfat menyebabkan terjadinya reaksi kimia di dalam tanah. Asam fosfat akan bereaksi dengan kation dari mineral tanah

membentuk senyawa baru yang akan mengikat struktur mineral yang ada di dalam tanah hingga menjadi suatu lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air.

Reaksi Asam Fosfat dengan Tanah

Berbagai bahan kimia dapat menyebabkan flokulasi atau disperse partikel-partikel tanah. Bahan kimia yang menyebabkan flokulasi berupa kation seperti ammonium halide. Bahan kimia yang menyebabkan disperse berupa anion yang memperlemah ikatan tanah seperti natrium hidroksida, natrium alkyl (aryl) sulfat atau suphonates. Penambahan bahan kimia tersebut akan mempengaruhi berat jenis maksimum tanah.

Penambahan asam fosfat atau senyawa fosfat lainnya ke dalam tanah mampu meningkatkan kekuatan dan daya dukung tahanan tanah terhadap air. Jika asam fosfat ditambahkan kedalam mineral tanah akan terjadi reaksi antara asam fosfat dengan kation yang ada di dalam tanah yang menghasilkan senyawa alumunium atau senyawa besi terutama senyawa alumunium atau senyawa besi terutama senyawa alumunium metafosfat.

Pada tanah lempung, pori-pori tanah bisa dikeluarkan dengan memberikan *dispersing agent*. Asam fosfat berfungsi sebagai "*dispersing agent*" yang melepaskan ion alumunium yang ada pada molekul tanah dengan menghancurkan struktur mineral tanah. Kation alumunium tersebut kemudian bereaksi struktur mineral tanah. Kation alumunium tersebut kemudian bereaksi dengan asam fosfat membentuk gel alumunium metafosfat dan berfungsi sebagai "*coagulator*" yang akan membekukan tanah. Alumunium metafosfat yang terbentuk tersebut mengikat struktur mineral yang ada didalam tanah hingga menjadi suatu lapisan yang keras dan tidak dapat larut di dalam air. Dengan demikian stabilisasi tanah (perbaikan karakteristik tanah) bisa dicapai.

Tingkat yang terjadi bergantung pada konsentrasi senyawa yang terlibat dalam reaksi. Didalam tanah, kation untuk reaksi tersebut diperoleh dari struktur mineral lempung, ion alumunium yang mudah bereaksi ("*exchangeable cations*") dan Alumunium oksida yang berada dalam keadaan bebas.

Kation tanah juga bisa ditambahkan dengan pemberian bahan tambahan berupa garam-garam kalsium, alumunium, magnesium atau besi. Pemberian bahan aditif tambahan berupa garam-garam tersebut bertujuan untuk mengantisipasi kurangnya jumlah kation yang ada di dalam tanah sehingga tidak semua asam fosfat yang ditambahkan kedalam tanah akan bereaksi. Kelebihan jumlah asam fosfat didalam tanah akan menyebabkan penurunan kekuatan tanah itu sendiri. Hal ini disebabkan karena asam fosfat yang tidak bereaksi akan "melumasi" partikel-partikel tanah.

Jumlah asam fosfat yang optimum dan peningkatan kekuatan yang maksimum dari tanah yang distabilisasi tergantung pada jumlah dari ukuran butiran yang ada pada tanah. Semakin tinggi kandungan tanah lempung yang ada pada tanah, semakin besar prosentase optimum asam fosfat yang dibutuhkan dan semakin rendah ekuatan yang terjadi. Penurunan kekuatan maksimum tersebut disebabkan oleh sedikitnya fraksi butiran kasar yang ada pada tanah yang memberikan kontribusi gesekan internal untuk melawan "pelumasan" asam fosfat yang tidak beraksi, karena pembentukan gel didalam tanah harus terjadi didalam larutan, maka *curing* dari spesi tanah sangat penting. Peningkatan kekuatan tanah sangat dipengaruhi oleh jumlah asam fosfat yang ditambahkan pada *curing*

Pemadatan

Tanah kecuali berfungsi sebagai pendukung fondasi bangunan, juga digunakan sebagai bahan timbunan seperti tanggul, bendungan, dan jalan. Untuk situasi keadaan lokasi aslinya membutuhkan perbaikan guna mendukung bangunan di atasnya, ataupun karena digunakan sebagai bahan timbunan, maka pemadatan sering dilakukan. Maksud pemadatan tanah yaitu mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat, mengurangi permeabilitas, mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya.

Maksud tersebut dapat dicapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, pemilihan mesin pematat serta jumlah lintasan yang sesuai. Tanah granuler dipandang paling mudah penanganannya untuk pekerjaan lapangan. Material ini mampu memberikan kuat geser yang tinggi dengan sedikit perubahan volume sesudah dipadatkan.

Tanah lanau yang dipadatkan umumnya akan stabil dan mampu memberikan kuat geser yang cukup dan sedikit kecenderungan perubahan volume. Tanah lanau sangat sulit dipadatkan dalam keadaan basah karena permeabilitasnya rendah.

Pemadatan tanah lempung secara benar akan memberikan kuat geser yang tinggi, sedangkan stabilitas terhadap kembang susut tergantung dari jenis kandungan mineralnya.

Tingkat pemadatan tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan kepada tanah yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai pembasah (pelumas) pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tanah tersebut akan lebih mudah bergerak dan bergeser satu sama lain dan membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik, bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat.

Bila kadar air ditingkatkan terus secara bertahap pada usaha pemadatan yang sama, maka berat dari jumlah bahan padat dalam tanah persatuan volume juga meningkat secara bertahap pula. Setelah

mencapai kadar air tertentu adanya penambahan kadar air justru cenderung menurunkan berat volume kering tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut kemudian menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebetulnya dapat ditempati partikel-partikel padat dari tanah. Kadar air pada saat nilai berat volume kering maksimum tanah dicapai disebut kadar air optimum. Berat volume kering tanah maksimum secara teoritis didapat bila pada pori-pori tanah sudah tidak ada udaranya lagi, yaitu pada saat derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%. Jenis tanah (distribusi ukuran butiran), bentuk butiran tanah, gravitas khusus bagian padat tanah, dan jumlah serta jenis mineral lempung yang ada pada tanah mempunyai pengaruh besar terhadap harga berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari tanah tersebut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan yaitu dengan pengambilan sampel tanah untuk pengujian diambil dari Desa Gasing, Tanjung Api-Api, Palembang.. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,5 – 1 m dari permukaan tanah. Asam fosfat yang digunakan adalah asam fosfat teknis.

Adapun peralatan yang digunakan adalah Satu set saringan standar ASTM D421-58 dan hidrometer D422-63, kadar air D 2216-80, gravitas khusus ASTM D8554-58, Alat uji batas *konsistensi* ASTM D423-66, D424-59 dan D427-61, pematat standar ASTM D698-78, Satu set alat uji CBR (*California Bearing Ratio*) ASTM D1883-94.

Metode Penelitian

Tahapan penelitian ini terdiri atas 4 tahapan yaitu :

Tahap 1. Uji Sifat Fisis Tanah

Uji sifat fisis tanah dilakukan terhadap tanah lempung, meliputi : uji kadar air ASTM D 2216-80, gravitas khusus ASTM D 854-91, distribusi ukuran butiran tanah ASTM D 4318-84 dan batas konsistensi/atterberg ASTM D 4318-78.

Tahap 2. Uji Pematatan

Uji pematatan *standard* ASTM D698-78 dilakukan pada tanah asli guna mendapatkan grafik hubungan berat kering dan kadar air, sedangkan pada tanah campuran (tanah+asam fosfat) tidak dilakukan uji pematatan.

Tahap 3. Pencampuran Asam fosfat

Pencampuran tanah dengan bahan tambah asam fosfat dengan persentase bahan tambah sebesar 0%; 2,5 %; 5 %; 7,5% ,0 % dan 12,5%. Pada tanah yang sudah dicampur dengan bahan tambah ini dilakukan uji sifat fisis yang meliputi: uji kadar air, gravitas khusus ASTM D8554-58, analisis diameter ukuran

butiran ASTM D421-58 dan D422-63, dan batas konsistensi ASTM D423-66, D424-59 dan D427-61, kemudian dibandingkan dengan hasil pada tanah asli.

Tahap 4. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Selanjutnya dilakukan pengujian CBR ASTM D1883-94 untuk tanah asli dan tanah dengan bahan tambah. Uji pada tanah asli ini, digunakan sebagai pembandingan pada hasil uji selanjutnya yang menggunakan variasi asam fosfat. Untuk uji CBR selain dirawat satu hari, dilakukan perendaman empat hari. Analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Excel 2007.

Prosedur Analisis

Pengujian Kadar Air, ASTM D 2216-80

Timbang berat cawan yang akan digunakan, catat nomor dan beratnya. Letakkan contoh tanah yang akan diuji lalu ditimbang. Keringkan dalam oven dngan suhu 110°C dalam keadaan terbuka (tanpa tutup cawan) selama 12-16 jam atau sampai berat contoh tanah konstan. Cawan dan contoh tanah kering ditimbang.

Distribusi Ukuran Butiran Tanah, ASTM D 4318-84

Tanah kering oven sebanyak kira 60 gram ditambah *reagent* (sodium silikat) direndam selama 24 jam, kemudian diaduk kurang lebih 15 menit. Setelah itu *suspensi* dimasukkan ke dalam gelas silinder pengendapan dan ditambahkan air sehingga volumenya mencapai 1000 cm³. Selain *suspensi*, disediakan pula gelas silinder yang diisi dengan air distilata ditambah *reagent*. Setelah pembacaan hidrometer selesai tanah dicuci dan dikeringkan dalam oven selama 24 jam selanjutnya butir-butir tanah disaring dengan menggunakan 1 set saringan. Saringan diguncang dengan mesin pengguncang selama 15 menit. Timbang berat tanah yang tertahan pada masing-masing saringan.

Uji Batas Konsistensi, ASTM D 4318-78

Benda uji yang digunakan untuk uji batas *konsistensi* merupakan sebagian tanah sisa dari uji triaksial, kemudian dijemur sampai tanah mencapai kering udara. Tanah tersebut ditumbuk dan disaring dengan saringan No. 40. Selanjutnya dilakukan uji batas cair (ASTM D423-66), batas plastis (ASTM D424-59), batas susut (ASTM D427-61).

Uji Gravitas Khusus, ASTM D 854-91

Sebagian tanah sisa dari uji triaksial dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 60°C – 80°C, setelah itu dimasukkan ke dalam desikator. Tanah yang sudah dingin dari desikator, dimasukkan ke dalam piknometer seberat kira-kira 15 gram dan dilakukan uji gravitas khusus mengacu pada ASTM D854-91.

Pengujian Pemadatan, ASTM D698-78

Contoh tanah dan bahan campurannya harus lolos ayakan no 4,75 mm (no 4). Jumlah contoh tanah yang lolos saringan no 4 sebanyak 2,5 kg. Benda Uji dicampur dengan air yang ditentukan perbandingannya dan diaduk sampai rata. Timbang cetakan dengan keping alasnya hingga ketelitian 1 gr (w1). Cetakan, alas dan leher disatukan dan ditempatkan pada landasan yang kokoh. Ambil benda uji lalu dipadatkan dalam cetakan.

Pada tiap-tiap lapisan tanah dilakukan 25x pukulan dengan pemukul standar. Tanah dipadatkan dalam 3 lapisan dengan perbedaan tebal masing-masing tidak lebih dari 0,5 cm. Lepaskan leher sambungan dan potong kelebihan tanah dari bagian leher dengan straight edge agar kelebihan tanah betul-betul rata dengan permukaan cetakan. Timbang cetakan beserta keping alas yang berisi benda uji dengan ketelitian 5 gr (w2). Keluarkan benda uji dengan menggunakan ekstruder dan potong sebagian kecil dari benda uji untuk menentukan kadar airnya (w) nya. Selanjutnya dari uji ini dibuat kurva hubungan antara kadar air dan berat unit kering, untuk mendapatkan kadar air optimum.

Pengujian CBR, ASTM D1883-87

Pada pengujian CBR ini merupakan pengujian CBR Rendaman dan tanpa rendaman (unsoaked). Sebelum melakukan pengujian ini, terlebih dahulu dilakukan persiapan benda uji. Pada penelitian ini benda uji dipersiapkan menurut cara pemeriksaan pemadatan standard.

Siapkan contoh tanah kira-kira seberat 5 kg dan bahan campuran yang masing-masing lolos saringan No 4. Untuk persentase campuran 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%. Campur bahan tersebut dengan air sampai dengan kadar air optimum yang berasal dari pengujian pemadatan, agar air benar-benar merata maka tanah diperam selama ± 1 malam. Pasang cetakan pada keping atas dan leher cetakan lalu kuatkan dengan mengeratkan batunya. Padatkan bahan tersebut dalam cetakan sesuai dengan pemeriksaan pemadatan standard.

Buka leher sambungan dan ratakan dengan alat perata. Tambah lubang-lubang yang terjadi pada permukaan karena lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Untuk benda uji tanpa perendaman, benda uji tersebut dapat langsung dilakukan pengujian CBR, agar data-data benda uji tidak tertukar satu dengan yang lain maka dilakukan penomoran. Sedangkan langkah kerja pada pengujian CBR antara lain :

Letakkan keping pemberat di atas permukaan benda uji seberat minimal 4,5 kg atau sesuai dengan bahan perkerasan. Atur torak penetrasi pada permukaan benda uji sehingga arloji pembebanan menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg. Pembebanan permulaan ini dengan permukaan benda uji. Kemudian arloji penunjuk beban dan arloji pengukur penetrasi di nolkan. Berikan pembebanan

dengan teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,25 mm (0,05") : 0,17 mm (0,075") : 2,5 mm (0,1") : 3,75 mm (0,15") : 5 mm (0,2") : 7,5 mm (0,3") : 10 mm (0,4") : 12,5 mm (0,5"). Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,50 mm. Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25,4 mm. Pengambilan benda uji untuk kadar air dapat diambil dari seluruh kedalaman bila diperlukan kadar air rata-rata. Benda uji untuk pemeriksaan kadar air sekurang-kurangnya 100 gr untuk tanah berbutir halus atau sekurang-kurangnya 500 gr untuk tanah berbutir kasar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Indeks Properties Tanah

Hasil pengujian *indeks properties* tanah yang dilakukan, antara lain dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji sifat fisis tanah

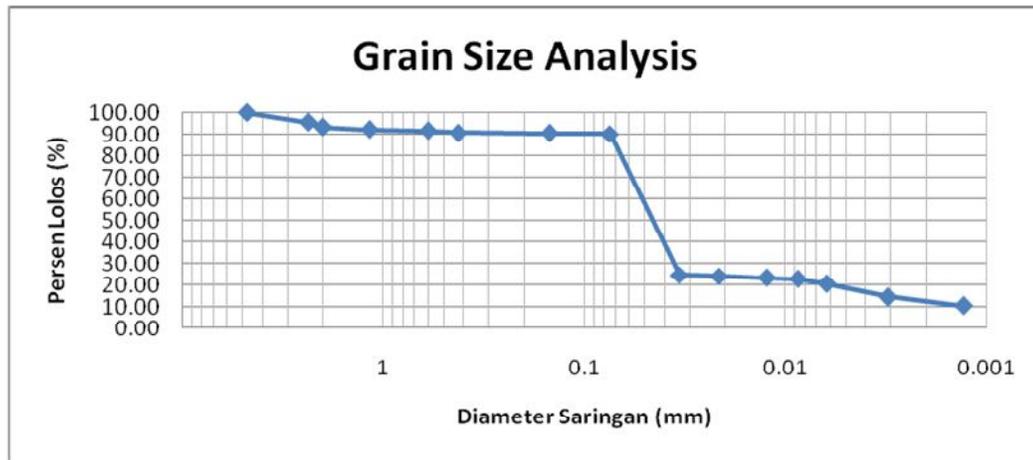
Parameter	Nilai
Kadar Air Tanah (w), %	10,227
Batas cair (LL), %	70,42
Batas Plastis (PL), %	31,02
Indeks Plastis (IP), %	39,40
Specific Gravity (GS)	2,611
Butiran lolos saringan No.200	90,16 (%)
a. Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	OH
b. Pasir	9,84 (%)
c. Kerikil	0 (%)

Klasifikasi Tanah Asli

Lempung merupakan salah satu jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat cukup kompleks. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesinya. Sifat ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti terangkatnya pondasi, retaknya dinding, bergelombang maupun penurunan badan jalan dan sebagainya. Tanah dengan kondisi seperti ini mempunyai kekuatan rendah, oleh karena itu perlu adanya perbaikan terhadap tanah tersebut. Perbaikan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mencampur tanah dengan bahan *additive* (gambar 1).

Gambar 1. terlihat bahwa persentase butiran tanah yang lolos saringan No.200 sebesar 90,16% dan dihubungkan dengan nilai batas cair 70,42% dan indeks plastisitas yang ada sebesar 9,426% maka menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH yaitu Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

Menurut *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5, merupakan tanah berlempung yang tidak baik apabila digunakan sebagai dasar pondasi jalan raya.



Gambar 1. Analisa Saringan tanah asli

Karakteristik tanah lempung dengan campuran Additive

Campuran tanah dan *additive* mempunyai perilaku yang berbeda tergantung variasi campurannya. Pengujian yang dilakukan terhadap campuran tanah dan *additive* terdiri dari uji berat jenis, batas konsistensi, gradasi butiran, pemadatan, dan CBR perendaman dan tanpa perendaman.

1. Berat Jenis

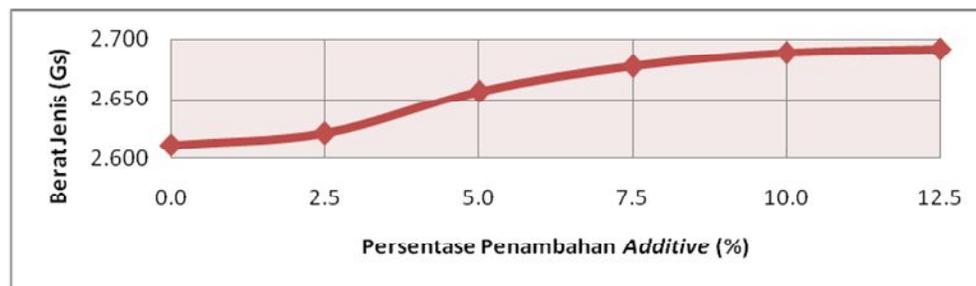
Hasil dari pengujian berat jenis dengan variasi persentase campuran tanah dan *additive* sebagaimana tercantum pada tabel 5.2 menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan nilai berat jenis seiring dengan persentase *additive*. Nilai berat jenis campuran tanah dan *additive* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai berat jenis tanah asli yaitu 2,611%. Hal ini disebabkan pada proses pencampuran *additive* bersifat mengikat tanah lempung yang akan menambah berat butiran, maka nilai berat jenis akan meningkat, Gambar 2.

2. Batas-batas Konsistensi

Uji batas konsistensi berupa uji batas cair (LL), batas plastis (PL) dan batas susut (SL). Pengaruh penambahan persentase *additive* terhadap nilai batas konsistensi yang ditunjukkan pada gambar 1 berdasarkan hasil uji batas cair (LL), penambahan *additive* menyebabkan penurunan nilai batas cair. Hal ini mengindikasikan telah terjadi pengikatan antara *additive* dengan butiran tanah lempung, yang mengakibatkan butiran lempung mengikat saat uji batas cair, sehingga batas cairnya menurun.

Berdasarkan uji batas plastis (PL), penambahan *additive* mempunyai kecenderungan turun, hal ini dikarenakan sifat plastis dan susut tanah lempung dipengaruhi *additive*.

Indeks plastisitas (IP) adalah nilai batas cair dikurangi nilai batas plastis ($IP = LL - PL$). Hubungan tersebut memperlihatkan bahwa nilai IP sangat tergantung pada nilai batas cair dan batas plastis. Karena penambahan persentase *additive* dapat menurunkan batas cair, sehingga menghasilkan indeks plastisitasnya menurun.



Gambar 2. Hubungan persentase penambahan *additive* dengan nilai berat jenis

3. Batas-batas Konsistensi

Hasil uji gradasi butiran akibat penambahan bahan *additive* menunjukkan bahwa terjadi perubahan komposisi tanah, yaitu berkurangnya lolos

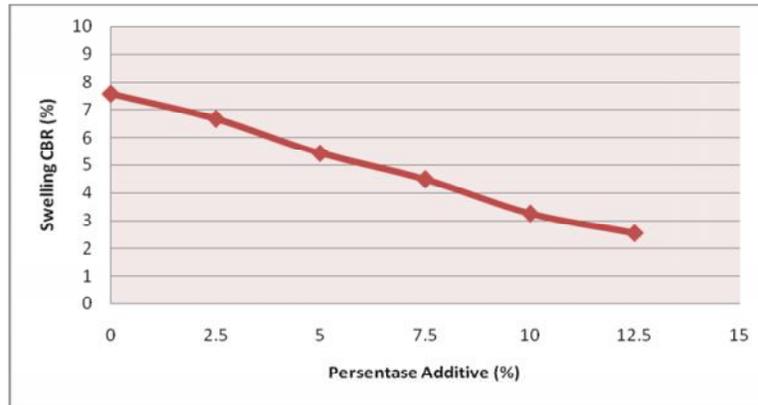
saringan pada fraksi halus dan meningkatnya fraksi kasar. Perilaku gradasi butiran untuk penambahan *additive* seperti Gambar 5.6 terlihat bahwa penambahan *additive* dapat memberikan pengaruh

Gambar 5 Hubungan persentase *additive* dengan nilai CBR Tanpa Perendaman

Pencampuran *additive* ini menyebabkan penggumpalan tanah sehingga meningkatnya daya ikat antar butiran. Dengan meningkatnya daya ikat antar butiran, maka kemampuan kuat dukung tanah meningkat.

Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa nilai CBR tertinggi tercapai pada penambahan *additive* 7,5%,

akan tetapi pada penambahan *additive* 10% dan 12,5% nilai CBR cenderung mengalami penurunan, hal ini dikarenakan berat volume tanah berkurang karena pori-pori tanah terisi oleh *additive* dan menyebabkan hasil penetrasi pada pengujian CBR menurun.



Gambar 6. Hubungan persentase *additive* dengan *swelling* uji CBR Perendaman

Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan *additive* yang banyak mengakibatkan nilai pengembangan campuran tanah semakin berkurang. Hal ini disebabkan karena *additive* bersifat mengikat/menyelimuti pori-pori pada butiran, sehingga proses masuknya air pada tanah terhambat dan *swelling* CBR perendaman 4 hari (96 jam) menurun.

Secara keseluruhan, berdasarkan analisis seperti yang dijelaskan sebelumnya tentang penambahan *additive* pada tanah dengan kondisi $\gamma_d = 1,477 \text{ gr/cm}^3$ dengan kadar air optimum ($W_{optimum}$) = 22,85%..

KESIMPULAN

Dari pengujian tanah asli didapat nilai berat isi kering maksimum (γ_d) = 1,477 gr/cm^3 ; Kadar air optimum (W_{opt}) = 22,85% ; LL = 70,42 % ; PL = 31,02 % ; SL = 16,06% ; IP = 39,49 %, mengandung fraksi halus 90,16%, dengan *Specific Gravity* = 2,611. Menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) tanah tersebut termasuk dalam kelompok OH, sedangkan menurut *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) tanah tersebut termasuk dalam kelompok A-7-5.

Hasil uji batas konsistensi (*Atterberg Limits*) campuran tanah dengan penambahan *additive* dibandingkan tanah asli menunjukkan bahwa batas cair (LL) dan batas plastis (PL) mengalami penurunan, maka Indeks Plastisitasnya (IP) cenderung menurun. Penambahan *additive* pada tanah asli menyebabkan perubahan gradasi butirannya

itu persentase fraksi halus berkurang dan fraksi kasar meningkat.

Penambahan *additive* untuk CBR perendaman (*soaked*) 4 hari (96 jam) pada tanah asli akan memperbaiki sifat mekanis tanah, yaitu menyelimuti butiran tanah dan bekerja efektif sehingga kekuatannya meningkat dan pengembangannya (*swelling*) menurun. Namun nilai CBR pada CBR perendaman (*soaked*) dan CBR tanpa perendaman (*unsoaked*) dengan penambahan *additive* cenderung meningkat, dan nilai CBR mencapai titik puncak peningkatan pada penambahan *additive* sebesar 7,5%, tetapi pada penambahan *additive* 10% dan 12,5% cenderung mengalami penurunan. Dari hasil pengujian dari penelitian di laboratorium, asam fosfat dapat dimanfaatkan untuk stabilisasi tanah lempung dapat dilihat dari peningkatan nilai CBR.

DAFTAR PUSTAKA

- Andisti Rica Pradia, Suci Fitriana, 2007, *Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Karet Alam Cair Terhadap Kuat Tekan Bebas (Unconfined)*, Tugas Akhir D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Hardiyatmo, H.C, 2006, *Mekanika Tanah I & Mekanika Tanah II Edisi Kelima*, Gadjah Mada University Prees, Jakarta.
- Nurly Gopar, 2009, *Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah*, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Nugraha Rodeta Dwi, Muhammad Irfan Sanjaya, 2011, *Analisa Stabilisasi Tanah lempung Daerah Gasing Tnajung Api – Api Dengan Bahan Additive Fly Ash (BatuBara) Untuk*

- Lapisan Pondasi Dasar Jalan / Subgrade*, Tugas Akhir D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Noor Endah, Msx. Ph.D. *Mata Kuliah Mekanika Tanah (PS-135)*, ITS, Surabaya.
- Novita Sri, 2010, *Analisa Stabilisasi Tanah Lempung Organik dengan Limbah Karbit untuk Subgrade pada Jalan*, Tugas Akhir D-III Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Priyo, Dwi Ariyanto. *Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta,
- Sukirman Silvia, 1995, *Kajian Daya Dukung Tanah Pada Perkerasan Lentur*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Smith, M.J, 1992, *Mekanika Tanah (Soil Mechanic)*, Erlangga, Jakarta.
- Terzaghi, Karl. Ralh. Peck, 1987, *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa Jilid 1 dan Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.