

ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIS TANAH LEMPUNG MENGUNAKAN BAHAN *ADDITIVE DIFA SOIL STABILIZER* DAN SEMEN

Asep Hawanto¹, Yusuf Amran², Leni Sriharyani³

Pordi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro^{1,2,3}

E-mail : asephawanto25@gmail.com¹, yusufamran307@gmail.com²,
lenisriharyani8@gmail.com³

ABSTRAK

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan tanah asli yang terletak paling bawah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi di atasnya. Daya dukung suatu lapisan tanah tertentu tergantung dari kepadatan tanah yang menyusun lapisan tersebut, semakin kecil CBR (*California Bearing Ratio*) suatu lapisan dari jenis tanah tertentu maka lapisan yang dibuat di atasnya haruslah semakin tebal. Salah satu tanah yang biasa ditemukan pada suatu konstruksi yaitu jenis tanah lempung. Tanah lempung memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi dan kondisi pengaliran air sangat rendah. Tanah lempung merupakan jenis tanah dengan daya dukung rendah, pengaruh air sangat besar terhadap perilaku fisik dan mekanisnya. Dari hasil penelitian/pengujian terhadap sampel tanah, secara umum menunjukkan semakin banyak persentase penggunaan semen maka daya dukung tanah semakin baik, namun jika penggunaan pada jenis tanah lempung berplastisitas rendah, dianjurkan penggunaan *difa soil stabilizer* yang digunakan secara bersamaan dengan semen persentase optimum pada 4% dari berat/volume tanah kering, yang diparameterkan melalui sifat mekanis tanah meliputi nilai hasil uji pemadatan tanah/uji proctor (kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah) dan nilai hasil pengujian CBR laboratorium. Terjadi peningkatan daya dukung tanah yang diindikasikan adanya peningkatan nilai-nilai CBR tanah campuran dari nilai CBR tanah asli, pada persentase penambahan *difa soil stabilizer* dan semen sebesar 4% ternyata telah mampu meningkatkan nilai CBR tanah dasar menjadi 6,37% dari CBR tanah asli sebesar 2,7%, nilai ini telah memenuhi batas minimum CBR tanah dasar/sub grade yang ditentukan oleh spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2010 yaitu sebesar 6%.

Keywords: Sifat Fisik dan Mekanis Tanah, Analisis Parameter Tanah

PENDAHULUAN

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan tanah asli yang terletak paling bawah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi di atasnya. Daya dukung suatu lapisan tanah tertentu tergantung dari kepadatan tanah yang menyusun lapisan tersebut, semakin kecil CBR (*California Bearing Ratio*) suatu lapisan dari jenis tanah tertentu maka lapisan yang dibuat di atasnya haruslah semakin tebal. Salah satu tanah yang biasa

ditemukan pada suatu konstruksi yaitu jenis tanah lempung.

Tanah lempung memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi dan kondisi pengaliran air sangat rendah. Tanah lempung merupakan jenis tanah dengan daya dukung rendah, pengaruh air sangat besar terhadap perilaku fisik dan mekanisnya. Untuk itu, dalam penggunaan tanah lempung sebagai bahan konstruksi, kadar air memegang peranan yang sangat penting. Jenis tanah ini daya dukung rendah apabila dijadikan

untuk tanah (*subgrade*) dalam pembangunan jalan, dikarenakan kuat geser rendah dan kompresibilitasnya yang besar.

Permasalahan yang sering dihadapi dalam merencanakan dan melaksanakan konstruksi perkerasan adalah melihat karakteristik tanah yang kurang baik, kondisi ini dapat dilihat dari bentuk fisik tanah menjadi retak-retak, kerusakan tersebut karena rendahnya nilai kuat dukung dan kuat geser tanah. Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat beban muatan (beban siklik/berulang). Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan konstruksi perkerasan tersebut rusak. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat dibawah tanah dasar harus diperhatikan, tanah dasar yang mempunyai kekuatan dan volume yang rendah akan mengakibatkan perkerasan mudah mengalami deformasi dan retak, oleh sebab itu tanah dasar yang akan digunakan untuk konstruksi perkerasan perlu distabilisasikan agar daya dukung tanah tersebut baik.

Stabilisasi merupakan upaya untuk memperbaiki sifat dan parameter dari tanah asli agar tanah tersebut sesuai atau memenuhi syarat untuk dipergunakan sesuai fungsinya. Penambahan bahan campuran dalam stabilisasi tanah telah lama dikembangkan karena dengan stabilisasi dengan cara ini memiliki keunggulan jika dibandingkan dengan mengganti material baru yaitu lebih ekonomis. Sedangkan stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan memperbaiki gaya ikatan secara mikro antara butir tanah dan bahan pembantu.

Salah satu cara stabilisasi adalah dengan cara kimiawi yakni dengan menggunakan bahan campuran zat additive berupa Difa Soil Stabilizer. Difa Soil Stabilizer merupakan bahan additive yang berfungsi memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*). Prinsip kerja komponen difa soil stabilizer adalah dengan menyisihkan mineral yang berada

pada permukaan partikel tanah. Sedangkan bahan semen (*soil cemen*) ini berfungsi sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi satu kesatuan yang homogen.

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis peningkatan daya dukung tanah lempung berplastisitas rendah yang distabilisasi menggunakan difa soil stabilizer dan semen yang dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhamadiyah Metro menggunakan standarisasi ASTM dan SNI serta Bina Marga.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka akan diperoleh data tentang perubahan sifat fisik dan mekanis tanah sebelum dan sesudah dilakukan stabilitas dengan *difa soil stabilizer* dan semen pada parameter nilai-nilai kepadatan tanah (berat isi kering maksimum/ γ_d mak. dan kadar air optimum/ W_c opt.) serta nilai CBR Laboratorium. Persentase difa soil stabilizer dan semen yang digunakan adalah menggunakan sistem perhitungan dan penggunaan komposisi material sesuai dengan petunjuk penggunaan yang diatur pada profile product PT. Difa Mahakarya atau menggunakan metode yang diterapkan di lapangan/lokasi pekerjaan tanah mengacu pada standarisasi nilai minimum CBR yang disyaratkan Bina Marga yaitu sebesar 6%.

TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada. Sifat-sifat tanah yang dapat diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi; kestabilan

volume, kekuatan atau daya dukung, permealitas, dan durabilitas atau keawetan. Pada umumnya cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan berikut (Bowles, 1989);

- a. Mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, peledakan dengan alat peledak, tekanan statis, pembekuan, pemanasan. Tujuan dilakukan pemadatan adalah untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik masa tanah seperti menaikkan kekuatannya, memperkecil pemampatan, memperkecil pengaruh air dan memperbaiki daya dukung tanah.
- b. Bahan pencampur (*Additiver*), yaitu perbaikan tanah dengan menggunakan bahan pencampur/adiktif seperti penambahan krikil atau tanah kohesif (lempung), lempung untuk tanah berbutir kasar, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping, abu batubara, abu vulkanik, batuan kapur, semen aspal, sodium dan kalsium klorida, limbah pabrik kertas dan lain-lainya.

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam Additive untuk bereaksi

Pengujian Sifat Fisik Tanah

- a. Kadar Air
 Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah asli. Kadar tanah asli adalah perbandingan antara berat air dalam suatu tanah dengan berat kering tanah terse (ASTMD 2216-71). Kadar air tanah asli dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$w = \frac{(W3-W2)}{(W2-W1)} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

- Keterangan :
- W = Kadar air tanah asli (%)
 - W1 = Berat cawan kosong (gr)
 - W2 = Berat cawan + tanah basah (gr)
 - W3 = Berat cawan + tanah kering (gr)

- b. Berat Jenis Tanah
 Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suatu berat jenis suatu tanah. Berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. (ASTM D854-83). Berat jenis tanah pada suhu t°c dapat dihitung dengan persamaan dengan rumus:

$$G = \frac{(w2 - w1)}{(w4 - w1) - (w3 - w2)} \dots \dots \dots (2)$$

- Keterangan :
- W1 = Berat picknometer kosong (gr)
 - W2 = Berat picknometer kosong + tanah kering (gr)
 - W3 = picknometer kosong + tanah + air (gr)
 - W4 = picknometer kosong + air (gr)

- c. Klasifikasi Jenis Tanah
 Analisa Saringan
 Penelitian ini bertujuan untuk menentukan persentase dari penurunan massa tanah pada benda uji yang telah tertahan analisa saringan No.200 (ASTM D 422 -74). Menghitung Ukuran Butir – Butir terbesar D (mm)
 Ukuran butir tanah yang ada dalam suspensi pada kedalaman efektif pada penekanan pada penurunan massa tanah setiap saat pembacaan pada menit ke T dengan rumus sebagai berikut :

$$D = k \sqrt{\frac{L}{T}} \dots \dots \dots (3)$$

- Keterangan
- D = Ukuran butir terbesar.
 - K = konstanta yang besarnya dipengaruhi oleh temperatur (t°)c suspensi pada berat jenis butir tanah (GS)

L = kedalaman efektif, yang nilainya ditentukan oleh jenis hidrometer.
T = Saat pembacaan pada menit ke T (menit).

Atterberg Limit

Batas konsistensi tanah dibagi menjadi 3 yaitu :

1) Batas cair (LL)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastis, batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat – sifat tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan No.40 (ASTM D 423 – 66).

2) Batas Plastis (PL) dan Indeks Plastisitas (PI)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plastisitas. Batas plastisitas adalah kadar air minimum suatu tanah dalam keadaan plastisitas (ASTM D 424 – 74)

Indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan dengan rumus sebagai berikut
 $PI = LL - PL \dots \dots \dots (4)$

Keterangan:

PI = Indeks Plastisitas (%)

LL = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Stabilisasi mekanis atau stabilisasi mekanikal dilakukan dengan mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat yang telah ditentukan komposisi tambahannya. Pencampuran tanah ini dapat dilakukan dilokasi proyek atau di laboratorium, dipabrik, atau dilakukan di tempat pengambilan bahan timbunan (borrow area) tetapi penelitian ini dilakukan di labratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro, Lampung. Material yang telah dicampur ini, kemudian dihamparkan dan dipadatkan di laboratorium. Pengujian

sifat mekanis tanah juga dapat dilakukan dengan cara mengambil tanah langsung ditempat dan menggantinya dengan material granuler ditempat lain. Menurut lambe (1962), dalam Harry Cristady Hardiyatmo (2010), stabilisasi mekanis merupakan suatu proses yang menyangkut dua cara perubahan sifat – sifat tanah:

- a. Penyusunan kembali partikel – partikel tanah, seperti contohnya pencampuran beberapa lapisan tanah, pembentukan kembali tanah yang telah terganggu dan pemadatan.
- b. Penambahan atau penyingkiran partikel-partikel tanah, sifat fisik tanah tertentu dapat diubah dengan menambahkan dan memisahkan ini umumnya sangat lebih rendah dibandingkan dengan metode stabilisasi yang lain.

Bahan Additive

Difa Soil Stabilizer

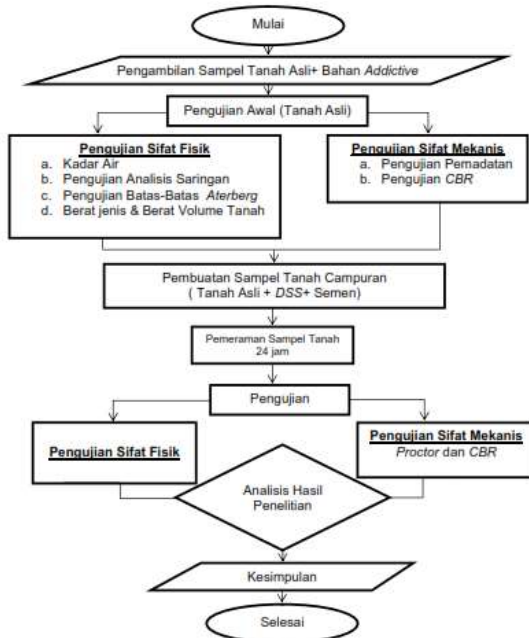
Difa soil stabilizer adalah bahan *additive* yang berfungsi untuk memadatkan (*solidifikasi*) dan menstabilkan (*stabilizer*) tanah secara fisik-kimia yang berupa material serbuk halus yang terdiri dari komposisi mineral anorganik. Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambahan atau sering disebut juga stabilisasi kimiawi bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, dengan cara mencampur tanah dengan penggunaan bahan tambahan dengan komposisi perbandingan yang sudah ditetapkan. Jika percampuran hanya dimaksudkan hanya untuk mengubah gradasi dan plasitas tanah, dan kemudian dikerjakan, maka hanya diperlukan penambahan *zat additive* yang sedikit. Namun stabilisasi dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan tinggi, maka diperlukan bahan pencampuran *zat additive* ini harus dihampar dan disimpan ditempat yang baik supaya mendapat nilai yang diinginkan.

Difa soil stabilizer adalah salah satu stabisasi kimiawi dengan cara *ion exchange*, produk ini dikembangkan PT. DIFA MAHA KARYA yang beralamatkan Jl. Kaliurang KM.13, RT 04/RW 09, No.120, Dusun Wonosalam, Desa Sukaharjo, Ngagli Sleman 55581, Yogyakarta.

Soil stabilizer adalah metode perbaikan tanah untuk dapat memenuhi spesifikasi teknis material dalam aplikasi teknik stbalisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis dan kimiawi. Stabilisasi secara mekanis adalah dengan memperbaiki sifat tanah secara fisik, biasanya dilakukan dengan mengurangi volume rongga udara pada kadar air yang optimum saat pemadatan (*compoction*) dilakukan. Sedangkan stabilisasi secara kimiawi dilakukan dengan memperbaiki gaya ikatan secara mikro antara butir tanah dan bahan pembantu yaitu *difa soil stabilizer*.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian (Asep Harwanto)

Teknik Sampling

Dalam melakukan penelitian, hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah pengambilan sampel tanah dan bahan tambahan/campuran. Metode yang dilakukan dalam pengambilan contoh tanah adalah dengan cara pengambilan tanah terganggu (*disturbed soil*). Contoh tanah lempung yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Contoh tanah tersebut digunakan untuk pengujian sifat-sifat fisik (tes property tanah) dan mekanis tanah meliputi uji pemadatan/proctor dan CBR Laboratorium.

Perencanaan dan Pelaksanaan Campuran Sampel Tanah Dengan Difa Soil Stabilizer dan Semen

Komposisi campuran soil stabilizer dengan tanah semen tidaklah sama antara satu jenis tanah dengan tanah yang lain. Pencampuran soil stabilizer dengan takaran yang sama disetiap tanah yang akan dilakukan perkerasan, menyebabkan hasil tidak selalu efisien dan tidak selalu efektif. Bisa saja secara kebetulan takarannya tepat sesuai dengan target perkerasan yang diinginkan, akan tetapi tidak jarang hasilnya tidak sesuai keinginan/target rencana perkerasan. Sebelum dilakukan penelitian dan pengujian terhadap sampel tanah yang dicampur bahan soil stabilizer yang digunakan, akan dilakukan penelitian/pengujian terhadap sampel tanah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Langkah- langkah penelitian/pengujian terhadap sampel tanah adalah sebagai berikut:

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah lempung diambil dari lokasi proyek rehabilitasi saluran irigasi di daerah kelurahan Tejo Sari, Metro Timur Kota Metro yang diambil pada titik

tertentu menggunakan alat bantu sederhana untuk dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Metro, metode yang dilakukan dalam pengambilan contoh tanah adalah dengan cara pengambilan tanah terganggu (disturbed soil). Sampel tanah lempung yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut.

Perencanaan Komposisi Campuran Sampel Tanah dan Difa Soil Stabilizer serta Semen

Sampel tanah lempung yang digunakan pada penelitian/pengujian ini adalah sampel tanah lempung yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dimana proses perhitungan dan perencanaan campuran antara sampel tanah lempung dan difa soil stabilizer serta semen mengacu pada profile product yang dikeluarkan oleh PT. DIFA MAHAKARYA selaku perusahaan produsen dan distributor difa soil stabilizer termuat di dalamnya mengatur bahwa penggunaan 1 Kg difa soil stabilizer diperuntukkan untuk 1 m³ tanah lepas dalam kondisi kering, adapun penggunaan bahan tambahan berupa semen diatur sebesar 2-8 % dari berat kering tanah lepas yang digunakan.

Mengacu pada petunjuk penggunaan product difa soil stabilizer seperti tersebut di atas, maka nantinya akan dihitung dan dikonversikan kebutuhan difa soil stabilizer sesuai dengan kebutuhan penelitian/pengujian yang dilakukan di laboratorium (metode dan peralatan yang digunakan), sedangkan untuk penggunaan bahan tambahan berupa semen ditentukan sebanyak 4 variabel persentase penggunaannya yaitu sebesar 2%, 4%, 6% dan 8% (ambang batas minimum dan maksimum penggunaan semen sesuai aturan profile product yang dikeluarkan oleh PT. DIFA MAHAKARYA).

Pelaksanaan Pengujian

Sampel tanah lempung yang dicampur dengan difa soil stabilizer dan semen akan diuji di laboratorium dengan menggunakan berbagai variasi kadar difa soil stabilizer dan semen yang diperlukan seperti tergambar pada penjelasan di atas untuk mendapatkan/memenuhi nilai-nilai kepadatan tanah dan nilai-nilai CBR yang diinginkan melalui pengujian pemadatan tanah di laboratorium (uji modified proctor) dan pengujian CBR laboratorium.

Setelah semua pengujian dilakukan, maka akan dihitung dan dibuat suatu simpulan penelitian untuk mengetahui seberapa besar kebutuhan penggunaan difa soil stabilizer yang diperlukan. Semua rincian dan hasil kajian secara teknis akan diberikan agar membantu memahami dan menghitung kelayakan penggunaan difa soil stabilizer dalam suatu pekerjaan tanah terutama pada suatu kegiatan pembangunan jalan di suatu lokasi.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji properties tanah/sifat-sifat fisik tanah dan alat uji mekanis tanah berupa uji proctor modified dan uji CBR Laboratorium yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Metro sesuai Standarisasi *American Society For Testing Material* (ASTM).

Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan pengujian yang dipakai dalam penelitian ini adalah terdiri dari :

- 1) Sampel tanah yang berupa tanah lempung yang berasal dari proyek irigasi kelurahan Tejo Sari, Metro Timur, Lampung.
- 2) Air yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro Lampung.

- 3) Difa Soil Stabilizer sebagai media stabilisasi dan pemadatan tanah berasal dari PT. DIFA MAHAKARYA, Yogyakarta.
- 4) Semen yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah PCC tipe 1 yang beredar dipasaran pada toko-toko bahan bangunan di Kota Metro.

Pengujian Sampel Tanah

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro. Adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

Pengujian Kadar Air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216. Adapun cara kerja pengujian ini berdasarkan ASTM D-2216, yaitu :

- a) Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukan benda uji kedalam cawan dan menimbangnyanya.
- b) Memasukan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 110°c selama 24 jam.
- c) Menimbang kembali cawan berisi tanah yang sudah di oven dan menghitung persentase kadar air.

Perhitungan:

Berat air (Ww) = Wcs-Wds

Berat Kering (Ws) = Wds-Wc

Kadar air (ω) = $\frac{Ww}{Ws} \times 100\%$(5)

Dimana :

Wc = Berat cawan yang akan digunakan

Wcs = Berat benda uji + cawan

Wds = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven.

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah (analisa saringan) adalah ayakan atau menggetarkan benda uji melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Tujuan dari pengujian ini

adalah untuk mengetahui persentase ukuran butir sampel tanah yang dipakai. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-442, AASHTO (Bowles, 1991). Adapun cara kerja dari pengujian analisa saringan, yaitu :

- a) Mengambil sampel tanah sebanyak 2000 gram.
- b) Meletakkan susunan saringan diatas mesin penggetar dan memasukan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.
- c) Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama 15 menit.
- d) Menimbang masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan diatasnya.

Perhitungan :

Berat masing-masing saringan (Wci)

Berat masing-masing saringan beserta sampel yang tertahan (Wbi)

Berat tanah yang tertahan (Wai) = Wbi - Wci

Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan ($\sum Wai \approx Wtot$)

Persentase berat tanah yang tertahan dimasing-masing saringan (Pi)

$Pi = \left[\frac{Wbi - Wci}{Wtot} \times 100\% \right]$(6)

Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan (q) :

qi -100% - Pi%

q (1 +1) = qi - P (1 +1).....(7)

Dimana :

i = 1 (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai dengan saringan No.200)

Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian ini mencakup penentuan berat jenis (specific gravity) tanah dengan menggunakan botol picnometer. Tanah yang diuji harus lolos saringan No.40. Bila nilai berat jenis dan benda uji hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji Hydrometer, maka tanah harus lolos saringan No.200 (diameter = 0,074 mm) Uji berat jenis ini menggunakan standar ASTM.

Adapun cara kerja berdasarkan standar ASTM D-854, yaitu :

- a) Menyiapkan benda uji secukupnya dan mengoven pada suhu 60°C sampai dapat digemburkan atau dengan pengeringan matahari.
- b) Mendinginkan tanah dengan Desikator lalu menyaring dengan saringan No.40.
- c) Mencuci labu ukur dengan air suling dan mengeringkannya.
- d) Menimbang labu tersebut dalam keadaan kosong.
- e) Mengambil sampel tanah.
- f) Memasukan sampel tanah kedalam labu ukur dan menambahkan air suling sampai menyentuh garis batas labu ukur.
- g) Mengeluarkan gelembung- gelembung udara yang tertangkap didalam butiran tanah dengan menggunakan pompa vakum.
- h) Mengeringkan bagian luar labu ukur, menimbang dan mencatat hasilnya dalam temperatur tertentu.

Perhitungan :

$$Gs = \frac{W2-w1}{(w4-w1)-(w3-w2)} \dots \dots \dots (8)$$

Dimana :

- Gs = Berat jenis
- W1 = Berat picnometer (gram)
- W2 = Berat picnometer + tanah kering (gram)
- W3 = Berat picnometer + tanah + air (gram)
- W4 = Berat picnometer + air (gram)

Pengujian Atterbeg Limit (LL dan PL)

Batas konsistensi tanah dibagi menjadi 2 yaitu :

- a) Batas Cair (LL)
 Pengujian bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastis, batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan No.40 (ASTM D-4318-89) .
- b) Batas Plastis (PL)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah pada kondisi batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu tanah dalam keadaan plastis (ASTM D-4318-89). Indeks Plastisitas dapat dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (9)$$

Pengujian sifat mekanis tanah asli dan tanah campuran yang telah distabilisasi menggunakan difa soil stabilizer dan semen adalah berupa ;

1) Pengujian Pematatan Laboratorium/Proctor

Tujuan pengujian pematatan ini adalah untuk menentukan kepadatan maksimum tanah dengan cara tumbukan yaitu dengan mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah. Pengujian ini menggunakan modified ASTM D-1557, untuk proctor modified dan proctor standard ASTM D-698. Adapun cara kerja berdasarkan standar ASTM, yaitu :

- a) Pengujian Pematatan Standar (*Proctor Standard*)
 Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-698. Pada percobaan ini tanah tanah didapatkan dalam mold standar dengan alat pemukul sebesar 2,5 kg yang dijatuhkan dengan ketinggian 30,5 cm. Pematatan dibagi menjadi 3 lapis lapis pematatan dan setiap lapis mendapat pukulan 25 kali.
- b) Pengujian Pematatan (*Modified Proctor*)
 Perbedaan pada percobaan ini yaitu pada alat pemukul, jumlah lapisan dan tinggi jatuh alat pemukul. Berat pemukul yang dipakai yaitu 4,5 kg. Sedangkan jumlah lapis pematatannya sebanyak 5 lapis. Untuk tinggi jatuh alat pemukul yaitu

45,7 cm. Percobaan ini menggunakan modified ASTM D-15577.

2) Pengujian CBR Laboratorium

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan nilai CBR dengan mengetahui kuat hambatan campuran tanah dengan difa soil stabilizer dan semen terhadap penetrasi kadar air optimum. Adapun langkah kerja pengujian CBR ini, yaitu :

- Menyiapkan 3 sampel tanah yang lolos saringan No. 4 masing-masing sebanyak 5 kg.
- Menentukan penambahan air dengan rumus

Dimana :

OMC = Kadar air optimum dari hasil uji pemadatan

MC = Kadar air sekarang

- Menambahkan air yang didapat dari perhitungan diatas dengan sampel tanah lalu diaduk hingga merata. Setelah itu melakukan pemeraman selama 24 jam.
- Menambahkan difa dan semen dengan tanah yang telah diperam selama 24 jam.
- Memasukan sampel kedalam mold lalu menumbuk secara merata.
- Melakukan penumbukan sampel dalam moldel dengan 3 lapisan dan banyaknya tumbukan pada masing-masing sampel adalah :
Sampel 1 = Setiap lapisan ditumbuk 10 kali
Sampel 2 = Setiap lapisan ditumbuk 25 kali
Sampel 3 = Setiap lapisan ditumbuk 56 kali
- Melepaskan *Collar* dan meratakan sampel dengan *mold* lalu menimbang *mold* berikut sampel tersebut.
- Mengambil sebagian sampel yang tidak terpakai untuk mengetahui kadar air.

- Meletakkan sampel pada alat uji CBR, setelah itu dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan :

Berat mold = W_m (gram)

Berat mold + sampel = W_{ms} (gram)

Berat sampel = $W_{ms} - W_m$ (gram)

Volume mold = W_c / V (gram)

Kadar air = $(\omega) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$

Berat volume kering (γ_d)

$(\gamma_d) = \frac{\gamma}{1+\omega} \times 100 \%$ (gram/cm³)

Harga CBR :

Untuk 0,1” $\frac{\text{penetrasi}}{3 \times 150} \times 100\%$

Untuk 0,2” $\frac{\text{penetrasi}}{3 \times 150} \times 100\%$

Dari ketiga sampel didapat nilai CBR dan grafik CBR untuk penumbukan 10,25 56 kali.

HASIL PENELITIAN

Gambaran Umum

Sampel tanah lempung diambil dari lokasi proyek rehabilitasi saluran irigasi di daerah kelurahan Tejosari, Metro Timur Kota Metro yang diambil pada titik tertentu menggunakan alat bantu sederhana untuk dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro, metode yang dilakukan dalam pengambilan contoh tanah adalah dengan cara pengambilan tanah terganggu (*disturbed soil*). Sampel tanah lempung yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut.

Pembahasan

Setelah dilakukan percobaan penelitian menggunakan 5 komposisi campuran (tanah asli+ difa soil stabilizer+air+semen 2%, 4%, 6%, 8%, 10%), secara umum menunjukkan semakin banyak persentase penggunaan semen maka daya dukung tanah semakin baik, namun jika penggunaan pada jenis

tanah lempung berplastisitas rendah, dianjurkan penggunaan difa soil stabilizer yang digunakan secara bersamaan dengan semen persentase optimum pada 4% dari berat/volume tanah kering, yang diparameterkan melalui sifat mekanis tanah meliputi nilai hasil uji pemadatan tanah/uji proctor (kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah) dan nilai hasil pengujian CBR laboratorium. Kaitannya terhadap nilai CBR tanah dasar, pada persentase penambahan semen sebesar 4% ternyata telah mampu meningkatkan nilai CBR tanah dasar menjadi 6,37%, nilai ini telah memenuhi ambang batas minimum CBR tanah dasar/sub grade yang ditentukan oleh Bina Marga yaitu sebesar 6%. Kemudian seiring dengan bertambah besarnya persentase penggunaan difa soil stabilizer dan semen terhadap volume/berat tanah asli, penggunaan difa soil stabilizer dan semen sebagai bahan campuran tanah lempung mampu meningkatkan nilai berat isi kering tanah (γ_d) dimana semakin tinggi nilai berat ini kering tanah (γ_d)/semakin besar tingkat kepadatan dan kerapatan antar butiran serta volume tanah dengan nilai kadar air yang relatif stabil. Hal ini akan menyebabkan tanah lempung semakin besar kemampuannya dalam menerima beban, baik beban internal/berat tanah sendiri dan beban eksternal/berat struktur perkerasan jalan dan beban kendaraan (beban berulang/beban siklik).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengamatan, analisis dan pembahasan yang dilakukan pada sampel tanah lempung berplastisitas rendah di lokasi penelitian dan uji laboratorium di laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro, maka peneliti dapat menyimpulkan hasil penelitian sebagai berikut:

Kondisi eksisting sifat fisik dan mekanis tanah asli (lempung) yang digunakan sebagai bahan penelitian dapat dilihat pada tabel 17 Bab IV, di mana pada penelitian ini dilakukan percobaan menggunakan 5 uji coba komposisi campuran (tanah asli+DSS+Air+semen dengan komposisi 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%) dari berat sampel tanah kering pada masing-masing pengujian.

Dari hasil penelitian/pengujian terhadap sampel tanah, secara umum menunjukkan semakin banyak persentase penggunaan semen maka daya dukung tanah semakin baik, namun jika penggunaan pada jenis tanah lempung berplastisitas rendah, dianjurkan penggunaan difa soil stabilizer yang digunakan secara bersamaan dengan semen persentase optimum pada 4% dari berat/volume tanah kering, yang diparameterkan melalui sifat mekanis tanah meliputi nilai hasil uji pemadatan tanah/uji proctor (kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah) dan nilai hasil pengujian CBR laboratorium.

Terjadi peningkatan daya dukung tanah yang diindikasikan adanya peningkatan nilai-nilai CBR tanah campuran dari nilai CBR tanah asli, pada persentase penambahan difa soil stabilizer dan semen sebesar 4% ternyata telah mampu meningkatkan nilai CBR tanah dasar menjadi 6,37% dari CBR tanah asli sebesar 2,7%, nilai ini telah memenuhi batas minimum CBR tanah dasar/sub grade yang ditentukan oleh spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2010 yaitu sebesar 6%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amran, Y. dan Surandono, A. 2017. Analisis Daya Dukung Tanah (DDT) pada Sub Grade/Tanah Dasar (Studi Kasus Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara, 38B Banjar Rejo Lampung Timur-Batas Kota Metro). Jurnal TAPAK, 7(1), h. 1-6.

- Amran, Y. dan Dewi, SU. 2018. Analisis Perbaikan Sub Grade/Tanah Dasar Menggunakan Bahan Tambahan Kapur dan Abu Sekam Padi pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara, 38B Banjar Rejo Lampung Timur-Batas Kota Metro. *Jurnal TAPAK*, 8(1), h. 1-8.
- Amran, Y. dan Sadiya, R. 2019. Analisis Peningkatan Sifat Mekanis Tanah Dasar Menggunakan Campuran Abu Limbah Ampas Tebu dan Semen. *Jurnal TAPAK*, 9(1), h. 74-83.
- Anonim (1989), ASTM D-2216-1989 Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index of Soils.
- Anonim (1989), SNI 03-1744-1989 Metode Pengujian CBR Laboratorium, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim (2020), Pedoman Penulisan Karya Ilmiah (PPKI)., Universitas Muhammadiyah Metro. Metro.
- Anonim (2020), Profile Product., PT. DIFA MAHAKARYA. Yogyakarta.
- Bowles, J.E., 1989, "Analisa dan Desain Pondasi-Jilid I", Jakarta : Erlangga
- Das, B. M. (1998), *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Djarmiko Soedarmo, G, Ir. 1993. *Mekanika Tanah 1*. Penerbit Kanisius. Malang.
- Djarmiko Soedarmo, G, Ir. 1993. *Mekanika Tanah 2*. Penerbit Kanisius. Malang.
- E. Sutarman. 2009. *Konsep dan Aplikasi Mekanika Tanah*, Penerbit ANDI Yogyakarta; Yogyakarta.
- Harry Christady H. 2002. *Ilmu Mekanika Tanah I*, Jakarta; Balai Pustaka
- Harry Christady H. 2012. *Mekanika Tanah 2*, Edisi Ke V Yogyakarta; Gajah Mada University Press.
- Harry Christady H. 2012. *Mekanika Tanah 1*, Edisi Ke VI Yogyakarta; Gajah Mada University Press.
- Harry Christady H. 2009. *Pemeliharaan Jalan Raya*, Edisi Ke II Yogyakarta; Gajah Mada University Press.
- Lucio Canonica, Msc. CE. ETHZ (1991). *Memahami Mekanika Tanah*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan., 2006., No. 003-01/BM/2006, Pekerjaan Tanah Dasar Buku Umum., Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan., 2010.,No.001-01/BM/2010,Pekerjaan Tanah Dasar Buku 3 Pedoman Penyelidikan dan Pengujian Tanah Dasar Untuk Jalan., Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.