

## ANALISIS KEKUATAN DAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI ASPAL EMULSI

Yus Yudhyantoro<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,  
email: yusyudhy@gmail.com

### ABSTRAK

*Soil is not always suitable to be a place to build a construction or be a raw material construction because the most of soil have limited strength and bearing capacity. One of cause is volume changes; generally happened because there are swelling and shrinkage of clay soil together with drying and wetting in natural process automatically in a whole year. This study aims to determine the effect of Cationic Asphalt Emulsion, also called Asphalt Emulsion (AE), in strength and CBR (California Bearing Ratio) of clay soil. The disturbed of clay soil obtained from Desa Doy, Kecamatan Ulee Kareng, Banda Aceh and AE derived from PT. Hutama Prima, Cilacap, Jawa Tengah. Tests conducted by ASTM (American Standard Testing and Materials) which includes testing of compaction (Standard Proctor method) and CBR laboratory. The results showed that stabilization of optimum AE increase compression strength ( $q_u$ , maks) and CBR value, both of soaked and unsoaked. Value of optimum AE for maximum dry density is 7-10%, for compressive strength at optimum Proctor condition is 4-6% and for CBR value 2-3% (soaked) and 8-9% (unsoaked) at optimum Proctor condition.*

**Kata kunci :** asphalt emulsion, compressive strength, CBR value, stabilization.

**Abstrak:** Tidak selamanya tanah dapat digunakan secara langsung sebagai tempat berdirinya konstruksi atau sebagai bahan konstruksi mengingat sebagian tanah dalam keadaan alamiahnya mempunyai kekuatan dan daya dukung yang terbatas. Salah satu penyebabnya adalah perubahan volume pada tanah lempung, yang tidak terlepas dari adanya peristiwa pengeringan dan pembasahan yang berlangsung sepanjang tahun. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan aspal emulsi kation (*cationic asphalt emulsion*), biasa disebut aspal emulsi (AE) terhadap perubahan kuat tekan dan nilai CBR tanah lempung. Tanah lempung berasal dari Desa Doy, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh dalam kondisi terganggu (*undisturbed*) dan AE diperoleh dari PT. Hutama Prima, Cilacap, Jawa Tengah. Pengujian dilakukan berdasarkan ASTM yang meliputi pengujian kuat tekan bebas dan CBR, baik kondisi terendam maupun tidak terendam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan AE yang optimum mengakibatkan peningkatan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ , maks) dan nilai CBR. AE optimum untuk nilai kuat tekan maksimum kondisi Proctor optimum adalah 4-6% dan untuk nilai CBR kondisi Proctor optimum adalah 8-9%.

**Kata kunci :** aspal emulsi, kuat tekan, nilai CBR, stabilisasi.

## **1. PENDAHULUAN**

Tanah di dalam pekerjaan teknik sipil mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi dan juga sebagai bahan konstruksi. Tanah yang tersedia di lapangan apabila dapat dipergunakan secara langsung akan sangat ekonomis. Kenyataannya menunjukkan bahwa tanah tidak dapat digunakan secara langsung sebagai bahan konstruksi mengingat sebagian tanah dalam keadaan alamiahnya mempunyai kekuatan yang terbatas dan tidak memenuhi syarat daya dukung tanah yang cukup. Sifat-sifat tanah, karena faktor-faktor seperti iklim, cuaca dan manusia, dapat mengalami perubahan-perubahan secara fisik, mekanik dan kimia. Setiap perubahan tersebut akan berpengaruh pada konstruksi di atasnya, atau konstruksi yang menggunakan tanah sebagai material penyusunnya.

Jenis tanah lempung yang banyak menimbulkan masalah adalah tanah lempung ekspansif, karena tanah lempung ekspansif ini mempunyai kemampuan pengembangan dan penyusutan yang besar. Karakteristik yang khas pada tanah lempung ekspansif ini tidak terlepas dari adanya peristiwa pengeringan dan pembasahan yang berlangsung secara alamiah sepanjang tahun. Sebagai negara tropis yang memiliki dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau, Indonesia, termasuk Nanggroe Aceh Darussalam, memiliki potensi permasalahan yang besar terkait dengan jenis tanah ekspansif ini.

Jenis tanah seperti tanah lempung ekspansif ini menuntut adanya perlakuan tertentu (*treatment*) terlebih dahulu sebelum digunakan. Oleh karena itu dilakukan berbagai upaya untuk mengubah tanah tersebut dari keadaan tidak stabil menjadi stabil atau dikenal dengan istilah stabilisasi sehingga dapat meningkatkan kemampuan daya dukung dan kekuatan tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan cara memadatkan tanah dengan menggunakan peralatan mekanis dan stabilisasi kimia (bahan pencampur) yang dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan stabilisasi seperti semen, kapur, abu terbang (*fly ash*), bitumen atau bahan lainnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh stabilisasi dengan aspal emulsi kation (sering disebut Aspal Emulsi atau AE) terhadap kekuatan dan daya dukung tanah lempung ekspansif. Kekuatan yang dimaksud adalah kuat tekan yang diperoleh melalui pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength* atau UCS), sedangkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan representasi daya dukung tanah.

Pemilihan aspal emulsi juga sebagai upaya untuk mencari alternatif bahan stabilisasi tanah lempung ekspansif yang tepat dan efektif selain kapur, semen, aspal dan *fly ash* yang telah umum digunakan. Variasi AE yang digunakan 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% terhadap berat kering tanah.

## **2. KAJIAN PUSTAKA**

Menurut Bowles (1993) tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah yang tidak kohesif dan tanah yang kohesif, atau sebagai tanah berbutir kasar (pasir atau kerikil) dan tanah berbutir halus (lanau atau lempung). Istilah ini terlalu umum, sehingga memungkinkan terjadinya identifikasi yang sama untuk tanah-tanah yang hampir sama sifatnya. Lebih lanjut Bowles (1993) mengatakan bahwa seluruh sistem klasifikasi tanah menggunakan uji batas cair, batas plastis dan uji analisis ukuran butiran. Sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan yaitu AASHTO (*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*).

## **2.1. Tanah Lempung Ekspansif**

Das (1995) mengemukakan bahwa lempung terdiri dari partikel-partikel mikroskopis (*microscopic*) dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm. Lebih lanjut Das (1995) menyatakan bahwa partikel-partikel tanah lempung mempunyai muatan negative pada permukaan nya. Besarnya muatan negatif yang terdapat pada partikel-partikel tanah lempung tergantung pada luasan permukaan spesifiknya.

Craig (1974) dan Bowles (1993) menggambarkan lempung (tanah kohesif) sebagai kumpulan partikel yang mempunyai indeks plastis tinggi, yang pada waktu mengering membentuk suatu massa yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya. Dalam kondisi kering, lempung mempunyai kekuatan yang besar, namun akan berkurang jika tanah lempung tersebut bercampur dengan air yang melebihi kadar air optimumnya.

Perkembangan selanjutnya menunjukkan adanya perilaku lain yang lebih rumit dari jenis tanah ini, yang kemudian dikenal dengan istilah ekspansif (*expansive*). Menurut Bowles (1993), lempung ekspansif adalah lempung yang mudah mengalami pengembangan dan penyusutan atau mengalami perubahan volume yang cukup besar akibat perubahan kadar airnya. Pengembangan pada lempung terjadi ketika kadar airnya bertambah, sedangkan penyusutan terjadi apabila kadar airnya berkurang sampai pada batas susutnya. Lebih lanjut Bowles menambahkan bahwa biasanya suatu tanah lempung dapat diperkirakan akan mempunyai perubahan volume yang besar (ekspansif) apabila memiliki indeks plastisitas  $I_p \geq 20\%$ . Namun menurut Chen (1983), lempung akan mempunyai potensi pengembangan (*swelling potential*) yang sangat tinggi apabila mempunyai indeks plastisitas (*plasticity index*)  $I_p \geq 35\%$ .

## **2.2. Stabilisasi**

Jenis tanah seperti tanah lempung ekspansif ini menuntut adanya perlakuan tertentu (*treatment*) terlebih dahulu sebelum digunakan. Oleh karena itu dilakukan berbagai upaya untuk mengubah tanah tersebut dari keadaan tidak stabil menjadi stabil atau dikenal dengan istilah stabilisasi yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan mengurangi sifat kembang-susut tanah. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu stabilisasi mekanis yang dilakukan dengan cara memadatkan tanah dengan menggunakan peralatan mekanis dan stabilisasi kimia yang dilakukan dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan stabilisasi seperti semen, kapur, abu terbang (*fly ash*), bitumen atau bahan lainnya.

Dunn, et al (1992) mengatakan bahwa bahan-bahan bitumen (aspal, ter, dan terhitam) dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Bila dicampur dengan tanah kohesif, bahan bitumen akan menaikkan daya dukung dan kekuatan tanah, menjadikan tanah kedap air dan mencegah kadar air yang tinggi. Bahan-bahan bitumen apabila ditambahkan pada pasirakan berfungsi sebagai bahan sementasi, dan menghasilkan massa yang lebih kuat dan lebih kompak. Lebihlanjut Dunn, et al (1992) mengatakan bahwa penggunaan utama dari bahan-bahan bitumen adalah pada pembuatan jalan, di mana bahan ini menjadi bahan campuran utama bagi lapisan atau digunakan pada lapisan bawah dan untuk menstabilisasi tanah lapis dasar.

Ingles dan Metcalf (1972) menyebutkan bahwa stabilisasi dengan menggunakan bahan bitumen dapat dilakukan pada tanah berbutirkasar yang tidak kohesif, di mana bahan bitumen dapat menambah kekuatan ikatan tarpartikel, dan pada tanah kohesif, bahan bitumen dapat membuat tanah menjadi kedap air yang akan mengurangi hilangnya kekuatan ketika kadar air bertambah. Pada

kedua jenis tanah tersebut, bahan bitumen akan membentuk lapisan tipis di sekeliling partikel tanah, membuat partikel-partikel tanah saling mengikat, dan mencegah meresapnya air kedalam massa tanah.

### **2.3. Aspal Emulsi (*Cationic Asphalt Emulsion*)**

Aspal emulsi adalah aspal minyak yang di-dispersikan ke dalam air dengan suatu bahan *emulsifier* sehingga butiran-butiran aspal yang berukuran kecil antara 0,001-0,01 mm dapat bercampur dengan air secara homogen sehingga menjadi apa yang disebut emulsi. Aspal emulsi mempunyai viscositas yang rendah sehingga dapat langsung dipergunakan atau dicampurkan tanpa pemanasan terlebih dahulu.

Menurut PT. Utama Prima (2003) dalam Yus Yudhyantoro (2013), aspal merupakan bahan pengikat yang mengikat butiran tanah sehingga kepadatan campuran lebih tinggi tetapi tidak meninggalkan kefleksibilitasnya. Aspal yang lazim digunakan untuk stabilisasi tanah adalah aspal emulsikation atau sering disebut aspal emulsi. Jenis aspal ini tidak perlu dipanaskan, karena sifat fisiknya yang cair dan mempunyai viskositas (kekentalan) yang rendah. Penggunaan aspal emulsi sebagai bahan stabilisasi tanah akan menghemat biaya pelaksanaan, memudahkan pelaksanaan pekerjaan, dan ramahlingkungan.

Lebih lanjut PT. Utama Prima, (2003) mengatakan bahwa aspal emulsi merupakan aspal minyak yang di dispersikan ke dalam air dengan suatu bahan *emulsifier* sehingga butiran-butiran aspal yang berukuran kecil antara 0,001 hingga 0,01 mm dapat bercampur dengan air secara homogen. Apabila aspal emulsi telah dicampurkan dengan agregat maka terjadi proses *breaking* di mana gaya tersebut akan pecah, air dan bahan lain akan menguap dan yang tersisa adalah resi dua spalnya saja. Setelah semua air dan bahan lain menguap aspal akan mengikat kuat dengan partikel tanah, proses ini disebut *setting*. Aspal emulsi memberikan gaya elektrostatis antara butiran aspal dengan air sehingga ada gaya tolak-menolak. Terdapat beberapa jenis aspal emulsi yang tersedia. Dari kemampuannya untuk melakukan reaksi, aspal emulsi terdiri dari jenis CRS (*Cationic Rapid Setting*) dengan kecepatan *setting* yang cepat, CMS (*Cationic Medium Setting*) dengan kecepatan *setting* yang sedang, dan CSS (*Cationic Slow Setting*) dengan kecepatan *setting* yang lambat.

Siswosoebroto, et al (1999) dalam Yudhyantoro (2013) mendefinisikan emulsi sebagai sebuah system termodinamik tidak stabil yang heterogen, yang meliputi paling tidak dua fase cair, yaitu yang terdispersi dan yang beru palarutan kental dengan diameter lebih besar dari 0,1 micron. Kestabilan minimum yang menjadi sifatnya dapat diperoleh dengan menambahkan bahan tambah yang tepat, seperti *surfactant* atau sesuatu yang halus-padat. Sebagai contoh dan telah digunakan dalam penelitian adalah aspal emulsi.

Penggunaan aspal emulsi dalam peristiwa stabilisasi lebih dikarenakan sifatnya yang mampu mengikat batuan atau butiran tanah. Selain memiliki daya ikat yang kuat, penggunaan aspal emulsi untuk stabilisasi tanah kohesif seperti lempung adalah karena aspal emulsi tersebut akan menyelimuti (menutupi) seluruh permukaan butiran halus tanah tersebut, sehingga akan mengurangi kemampuan tanah tersebut dalam meresap atau melepaskan air dari porinya (Siswosoebroto, et al (1999)

### **2.4. Kuat Tekan**

Bowles (1993) mengatakan bahwa untuk mengetahui nilai kekuatan tanah, banyak jenis alat ukur yang dapat digunakan, misalnya dengan alat *unconfined compression strength* (UCS), CBR, *triaxial*, dan lain-lain. Alat UCS mempunyai prinsip kerja hanya menekan atau kompresi sehingga mudah digunakan untuk mengukur kekuatan tanah. Pada pengujian ini, sampel tanah berbentuk

silinder dengan panjang 2 kali diameternya diletakkan pada alat pengujian UCS dan kemudian diberikan pembebanan. Kecepatan pembebanan diatur agar diperoleh pemampatan (regangan) sebesar 1% dari tinggi benda uji dalam waktu 1 menit. Kekuatan pada saat contoh tanah runtuh disebut kekuatan tekan maksimum atau  $q_u$ .

Hardiyatmo (2002) mengemukakan bahwa pengujian UCS hanya cocok untuk jenis tanah lempung jenuh, di mana pada pembebanan cepat air tidak sempat mengalir keluar dari benda uji. Pada pengujian tekan bebas ini tegangan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan.

## 2.5. Nilai CBR (*California Bearing Ratio*)

Menurut Redana (2011), metode pengujian CBR pertama kali diperkenalkan oleh O.J Porter dari *California State Highway Department*. Metode ini mengkombinasikan *load penetration test* di laboratorium maupun di lapangan dengan design chart empiris untuk mendapatkan kekuatan tanah dan sekaligus mendapatkan tebal perkerasan jalan. Menurut Wesley (1977) harga CBR dihitung dengan cara membagi beban pada harga penetrasi benda uji 0,1 inci dan 0,2 inci dengan beban standar pada masing-masing penetrasi tersebut, seperti dinyatakan dalam persamaan 1 dan 2 berikut ini.

$$C_{0,1"} = \frac{X}{3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$C_{0,2"} = \frac{Y}{4} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

dengan :  $CBR_{0,1"}$ -dan  $CBR_{0,2"}$  = Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inci dan 0,2 inci  
 $X$  = Beban penetrasi dari pengujian CBR

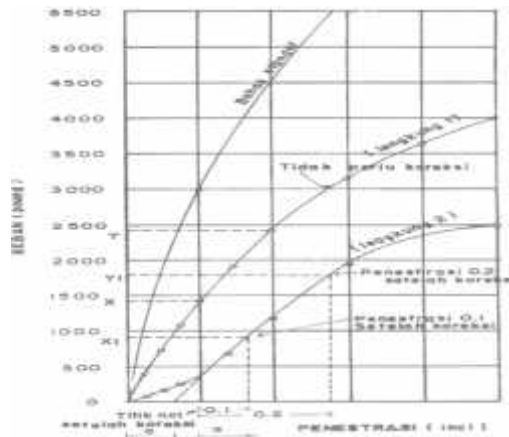
Beban standar adalah adalah beban yang diperoleh dari percobaan terhadap batu pecah California yang mempunyai CBR 100 %. Menurut Sukirman (1999), beban standar yang digunakan pada persamaan 1 dan 2, serta beban standar untuk penetrasi 0,3, 0,4 dan 0,5 inci diperoleh dari Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Beban untuk penetrasi bahan standar (Sukirman, 1999)**

Penetrasi		Beban standar	
inci	Mm	Lbs	lbs/inch <sup>2</sup>
0,1	2,5	3000	1000
0,2	5,0	4500	1500
0,3	7,5	5700	1900
0,4	10,0	6900	2300
0,5	12,5	7800	6000

Berdasarkan Persamaan 1 dan 2, harga X dan Y merupakan harga yang ditentukan dari Gambar 3 untuk grafik lengkung 1. Jika diperoleh grafik dengan kondisi seperti lengkung 2 (bagian awal merupakan lengkung cekung), maka harus dilakukan koreksi sehingga nilai X dan Y yang digunakan adalah  $X_1$  dan  $Y_1$ . Nilai CBR dipilih yang terbesar diantara  $CBR_{0,1"}$  dan  $CBR_{0,2"}$ .

**Gambar 1. Kurva hasil pengujian CBR (Sukirman, 1999)**

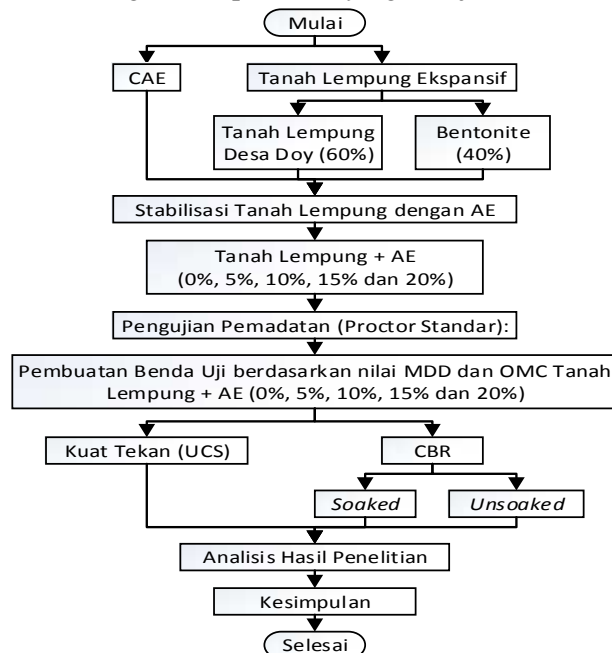


### 3. METODE PENELITIAN

Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian adalah sampel terganggu (*undisturbed sample*) yang berasal dari Desa Doy, Kecamatan Ulee Kareng, Kota Banda Aceh. Tanah lempung tersebut kemudian dicampur bentonite (dengan perbandingan 60% tanah dan 40% bentonite) agar memiliki karakteristik ekspansif seperti yang diinginkan.

Aspal emulsi kation (*Cationic Asphalt Emulsion*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe CSS-1S (*Cationic Slow Setting*) yang diperoleh dari PT. Utama Prima, Cilacap, Jawa Tengah. Konsentrasi larutan aspal emulsi yang dicampurkan sesuai kondisi aslinya (tanpa penambahan air). Kemudian tanah lempung ekspansif tersebut dicampur dengan aspal emulsi secara bervariasi berdasarkan persentase berat, yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Sebelum dilakukan pengujian, benda uji didiamkan selama 24 jam untuk memberikan kesempatan terjadinya reaksi kimia.

Pengujian yang dilakukan meliputi pemadatan (*standard Proctor*), kuat tekan bebas (*unconfined compression strength*) dan Tekanan Pengembangan (*Swelling Pressure*). Tahapan pengujian dapat dilihat dalam diagram alir penelitian yang ditunjukkan Gambar 2 berikut ini.



**Gambar 2. Diagram alir penelitian**



### **3.1. Pengujian Pemadatan**

Pengujian kepadatan di laboratorium dilakukan untuk memperoleh kadar air optimum (*Optimum Moisture Content* atau OMC) dan berat kering maksimum (*Maximum Dry Density* atau MDD), baik tanah lempung ekspansif maupun tanah lempung yang telah dicampur dengan 5%, 10%, 15% dan 20% aspal emulsi. Nilai Kadar air optimum dan Berat Kering Maksimum, atau biasa disebut dengan Proctor Optimum, ditentukan dari kurva hubungan antara kadar air dan berat kering. Kurva tersebut diperoleh berdasarkan pengujian pemadatan Proctor standar. Kedua nilai tersebut menjadi dasar dalam menentukan kepadatan benda uji yang akan digunakan dalam pengujian karakteristik mekanis, yaitu daya dukung (CBR) dan kekuatan (UCS).

### **3.2. Pengujian Kuat Tekan Bebas**

Pengujian UCS dilakukan berdasarkan standar ASTM D 2166-72. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur kekuatan tanah dengan metode penekanan (kompresi). Peralatan-peralatan yang digunakan pada pengujian kuat tekan bebas ini antara lain peralatan pemadatan, alat untuk mengeluarkan benda uji (extruder), cetakan benda uji (tube) dengan diameter 5,5 cm, trimmer, gergaji kawat, dan seperangkat alat pengujian UCS. Alat uji kuat tekan bebas yang digunakan adalah compression machine model U-560 Soil Test Inc 2205 LEEST, Evanston ILL USA bernomor 8681, yang digunakan secara manual. Pengukuran pembebanan dilakukan dengan proving ring yang berkonstanta 0,4082 kg/div, dengan skala dial 1 : 0,0001 inc.

Benda uji yang diuji dengan metode UCS terdiri dari tiga kondisi, yaitu kondisi kadar air Proctor optimum (OMC), kondisi kadar air 3% di bawah kadar air Proctor optimum ( $OMC-3\%$ ), ataupun pada kondisi kadar air 3% di atas kadar air Proctor optimum ( $OMC+3\%$ ).

### **3.3. Pengujian CBR**

Standar pengujian CBR yang digunakan adalah standar ASTM D1883-67. Ada dua jenis pengujian, yaitu CBR *Soaked* (terendam selama 4 hari) dan CBR *Unsoaked* (tidak terendam). Benda uji berupa silinder dengan diameter sekitar 15 cm dan tinggi 12 cm yang dipadatkan berdasarkan optimum Proctor standar. Pengujian CBR dilakukan 3 kali pengulangan pada setiap variasi penambahan aspal emulsi dan benda uji dibuat berdasarkan kadar air optimum masing-masing variasi penambahan aspal emulsi, yang diperoleh dari percobaan pemadatan.

Pembebanan dilaksanakan dengan memutar engkol pada alat tersebut sehingga kecepatan penurunan mendekati 0,05 inci/menit. Pembacaan pembebanan dicatat pada penetrasi : 0,0125; 0,025; 0,05; 0,075; 0,10; 0,15; 0,20; 0,30; 0,40; dan 0,50 inci. Setelah pembebanan benda uji dikeluarkan dari cetakan dan diukur kadar airnya. Harga CBR pada setiap penetrasi akan disajikan dalam bentuk grafik hubungan beban tes dan penetrasi.

## **4. HASIL PEMBAHASAN**

Menurut Yudhyantoro (2013), tanah lempung dari Desa Doy yang memiliki nilai Indeks Plastisitas (PI) 32,84%, berdasarkan sistem AASHTO dan USCS termasuk klasifikasi A-7-6 (33) dan CH (Clay with High Plasticity atau Lempung dengan Plastisitas Tinggi). Yudhyantoro (2013) juga menyebutkan bahwa ketika lempung tersebut dicampur bentonite, maka nilai PI meningkat menjadi 41,98% sehingga klasifikasi AASHTO menjadi A-7-6 (47) dan klasifikasi USCS tetap CH. Peningkatan nilai PI menunjukkan tanah lempung yang dicampur bentonite bersifat ekspansif.

Yudhyantoro (2013) lebih lanjut menyebutkan penambahan AE pada tanah lempung ekspansif mengakibatkan kadar air optimum (OMC) berkurang seiring dengan peningkatan persentase kadar AE, sedangkan berat volume kering maksimumnya (MDD) meningkat sampai persentase AE

optimum dan setelahnya mengalami penurunan. Kondisi ini seperti ditunjukkan dalam Tabel 2 berikut.

**Tabel2. Hasil pengujian pemadatan**

No.	Parameter Kepadatan	Stabilisasi lempung ekspansif dengan AE (%)				
		0	5	10	15	20
1.	MDD atau ( $\gamma_{dmaks}$ ) (gr/cm <sup>3</sup> )	1,376	1,412	1,424	1,370	1,319
2.	OMC atau $\omega_{opt}$ (%)	28,30	27,03	25,50	24,45	24,08

Lebih lanjut Yudhyantoro (2013) menyebutkan bahwa pengaruh AE ini disebabkan karena aspal emulsi yang berbentuk cair membuat partikel-partikel tanah saling mengikat dan menjadikannya lebih mudah merapat. Namun pada pemberian yang berlebihan aspal emulsi justru akan membuat tanah menjadi sangat sukar dipadatkan karena bentuk fisiknya yang cair dan bersifat plastis. Variasi optimum penambahan AE untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif berkisar dari 7 sampai 10%.

#### 4.1 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas

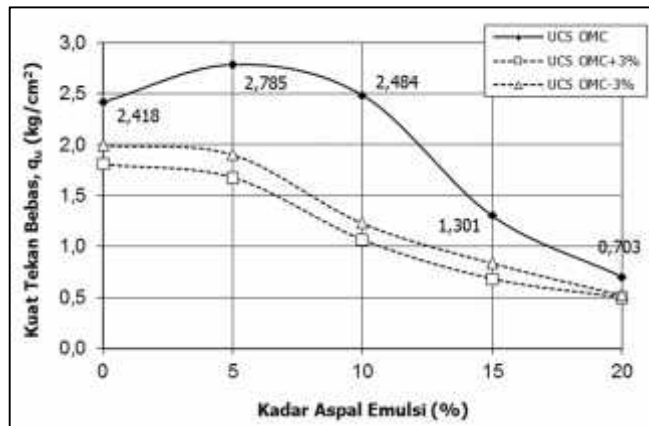
Hasil yang diperoleh dari pengujian UCS terbagi menjadi tiga macam, yaitu nilai  $q_u$  pada kondisi kepadatan optimum (OMC), kadar air 3% di atas optimum (OMC – 3) dan kadar air 3% di bawah optimum (OMC + 3). Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif dengan variasi penambahan aspal emulsi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel3. Hasil pengujian kuat tekan bebas**

No.	Nilai $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Stabilisasi lempung ekspansif dengan AE (%)				
		0	5	10	15	20
1.	Kepadatan OMC	2,42	2,79	2,48	1,30	0,70
2.	Kepadatan 3% di atas OMC	1,81	1,68	1,07	0,68	0,50
3.	Kepadatan 3% di bawah OMC	1,99	1,90	1,23	0,84	0,52

Pengaruh penambahan aspal emulsi terhadap kekuatan tanah diperlihatkan dalam Gambar 3. Tampak bahwa pada kondisi kadar air optimum (OMC) penambahan aspal emulsi sampai 5% akan meningkatkan nilai kekuatan tanah lempung ekspansif, sebaliknya kekuatan tersebut akan berkurang pada variasi yang lebih besar dari 5%. Menurut Yudhyantoro (2013), keadaan ini disebabkan karena pada persentase penambahan sampai 5%, aspal emulsi berfungsi melapisi permukaan partikel-partikel lempung akibat reaksi antara muatan negatif (anion) pada permukaan partikel lempung dengan muatan positif (kation) pada aspal emulsi, sehingga terbentuk lapisan tipis di sekeliling partikel tanah. Pelapisan permukaan partikel-partikel lempung oleh aspal emulsi juga akan membuat partikel-partikel tanah saling mengikat dan tanah menjadi kedap air sehingga struktur tanah akan menjadi lebih kompak dan padat.





**Gambar 3. Pengaruh penambahan aspal emulsi terhadap kekuatan tanah**

Untuk persentase penambahan yang lebih besar dari 5% aspal emulsi bukan hanya akan melapisi permukaan partikel lempung tapi juga akan mengisi pori-pori tanah. Pada saat beban bekerja, aspal emulsi yang mempunyai viskositas rendah justru akan memikul beban. Dengan demikian tegangan efektif antar butiran tanah menjadi berkurang sehingga kekuatan struktural tanah pun menurun. Sementara itu nilai  $q_u$  untuk kondisi kadar air 3% lebih besar dan lebih kecil dari Proctor optimum selalu lebih kecil dari nilai  $q_u$  Proctor optimum.

#### 4.2 Hasil Pengujian CBR

Pengujian CBR dilakukan dalam dua perlakuan yaitu terendam (*soaked*) dan tidak terendam (*unsoaked*). Hasil pengujian CBR *soaked* dan *unsoaked* pada kondisi Proctor optimum untuk tanah lempung ekspansif yang distabilisasi aspal emulsi dengan variasi 5%, 10%, 15% dan 20% diperlihatkan pada Tabel 4 berikut ini.

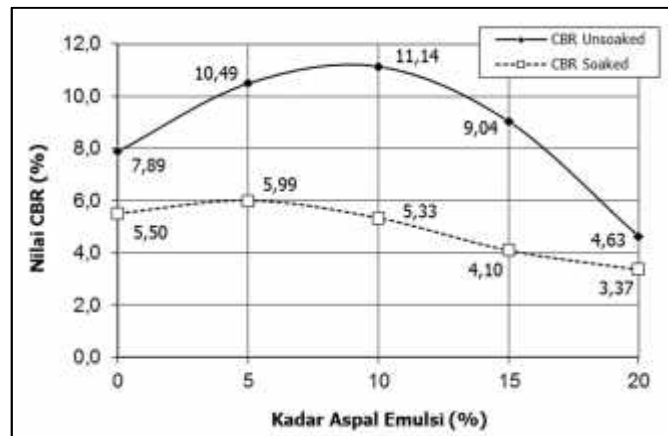
**Tabel 4. Hasil pengujian CBR**

No.	Nilai CBR (%)	Stabilisasi lempung ekspansif dengan AE (%)				
		0	5	10	15	20
1.	Tidak terendam ( <i>unsoaked</i> )	7,89	10,49	11,14	9,04	4,63
2.	Tidak terendam ( <i>soaked</i> )	5,50	5,99	5,33	4,10	3,37

Gambar 4 merupakan grafik hubungan antara daya dukung tanah dengan kadar aspal emulsi sebagai bahan stabilisasi. Lebih lanjut Gambar 4 menunjukkan bahwa untuk kedua perlakuan *soaked* dan *unsoaked*, nilai CBR tertinggi tercapai pada penambahan aspal emulsi optimum yang berkisar 5 – 10%. Untuk penambahan aspal emulsi kurang dari 5% dan 10% akan mengakibatkan nilai CBR menjadi lebih rendah.

Secara umum, nilai CBR *soaked* lebih rendah daripada CBR *unsoaked*, tetapi memiliki kecenderungan yang sama, yaitu memiliki nilai optimum. Peningkatan nilai CBR disebabkan karena pada tahapan awal aspal emulsi yang ditambahkan akan membentuk lapisan tipis di sekeliling butiran tanah sehingga menambah kekuatan ikatan antar butiran-butiran tanah dan mengurangi hilangnya kekuatan tanah akibat pengaruh air pada butiran tanah lempung. Tetapi pada pengujian CBR untuk kadar aspal emulsi 15% dan 20% nilai CBR berkurang sebagai akibat karena penambahan yang berlebih telah mengubah fungsi aspal emulsi menjadi hanya sebagai pengisi pori (*filler*) saja dan tanah akan berubah menjadi sangat plastis. Semakin banyak aspal emulsi yang

ditambahkan maka semakin membuat tanah tersebut menjadi plastis sehingga mengurangi daya dukungnya.



**Gambar 4. Pengaruh penambahan aspal emulsi terhadap daya dukung tanah**

## 5. KESIMPULAN

Dalam proses stabilisasi tanah lempung ekspansif, penambahan aspal emulsi yang optimum untuk meningkatkan daya dukung tanah berkisar 7 - 10% dan untuk kekuatan tanah berkisar 4 - 6%. Peran yang dimainkan oleh aspal emulsi dalam proses stabilisasi tanah lempung ekspansif adalah aspal emulsi yang ditambahkan akan membentuk lapisan tipis di sekeliling butiran tanah sehingga menambah kekuatan ikatan antar butiran-butiran tanah dan mengurangi hilangnya kekuatan tanah akibat pengaruh air pada butiran tanah. Dengan demikian efektifitas penggunaan aspal emulsi sebagai bahan stabilisasi tanah adalah 0 - 10%.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada saudara Muhajir, ST. dan Aidil Azhari, ST. atas bantuan dan partisipasinya dalam penelitian ini.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1993. Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Craig, R. F., 1987. Mekanika Tanah. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B. M., 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Chen, F. H., 1983. Foundation on Expansive Soils. New York: Elsevier Scientific Publishing Company.
- Dunn, I. S., Anderson, L. R. dan Kiefer, F. W., 1992. Dasar-dasar Analisis Geoteknik. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hardiyatmo, C. H., 2002. Mekanika Tanah I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Ingles, O. G. dan J. B. Metcalf, 1972. Soils Stabilization. Melbourne: Butterworths.
- Redana, I. W., 2011. Mekanika Tanah. Denpasar: Udayana University Press.
- Sukirman, S., 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Nova.
- Yudhyantoro, Y., 2013. Proceeding of Aceh International Symposium on Civil Engineering (AISCE). Banda Aceh: University of Syiah Kuala.
- Wesley, L. D., 1977. Mekanika Tanah. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.