

## PENGARUH PEMERAMAN TERHADAP TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR DENGAN ASPAL EMULSI

I Nyoman Hasta Widyatmika<sup>1</sup>, I Nyoman Aribudiman<sup>2</sup>, Tjok Gede Suwarsa Putra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Alumni Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar

E-mail: hastawidyatmika@yahoo.com

**Abstrak** : Tanah lempung merupakan tanah yang kurang baik digunakan sebagai dasar suatu bangunan. Karena tanah lempung merupakan tanah yang sangat berpotensi mengalami pengembangan dan penyusutan yang sangat besar, jika kadar air bertambah, tanah lempung akan mengembang. Sebaliknya, jika kadar air turun sampai dengan batas susutnya, tanah lempung akan mengalami penyusutan yang cukup tinggi. Sifat kembang susut yang besar dari lapisan tanah dasar ini dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi yang berada di atasnya. Mengingat sifat tanah lempung yang kurang mendukung tersebut, perlu dilakukan perbaikan tanah. Perbaikan sifat-sifat tanah yang kurang baik salah satunya yaitu dengan cara stabilisasi. Stabilisasi adalah cara memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan suatu bahan tambahan tertentu yang biasa disebut aditif. Salah satu stabilisasi dalam usaha perbaikan tanah adalah mencampur tanah lempung dengan aspal emulsi yang ditambah dengan proses pemeraman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu tanah dan mengetahui bagaimana pengaruh penambahan aspal emulsi dan proses pemeraman terhadap stabilitas tanah lempung. Penambahan aspal emulsi ke dalam tanah lempung, menggunakan variasi campuran dengan persentase: 0%, 3%, 6%, 9% dan proses pemeraman yang dilakukan selama: 2 hari, 4 hari, 6 hari. Data yang diperoleh dari hasil penelitian meliputi analisa saringan, kadar air, berat jenis, batas – batas atterberg, pemadatan tanah, kuat tekan bebas dan CBR. Hasil penelitian diperoleh nilai IP rata - rata = 20,675% yang menunjukkan tanah lempung di daerah Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 m termasuk *High Plasticity*. Nilai Indeks Plastisitas (IP) menurun, dengan nilai IP terendah sebesar 20,320% pada kadar penambahan 9% aspal emulsi. Penambahan aspal emulsi dan proses pemeraman memberi pengaruh yang signifikan terhadap kembang susut dan peningkatan kekuatan tanah. Perubahan kuat tekan bebas yang tertinggi diperoleh pada penambahan 9% aspal emulsi, yang menyebabkan nilai  $q_u$  naik dari 0,417% menjadi 1,025%,  $\phi$  naik dari  $11^\circ$  menjadi  $17^\circ$ , dan nilai  $c$  juga mengalami kenaikan dari 0,209 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,513 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai CBR juga mengalami kenaikan, untuk CBR 0,1 inchi mengalami kenaikan dari 7,484% menjadi 9,137% dan CBR 0,2 inchi dari 5,081% menjadi 6,520%. Pemeraman menyebabkan kadar air yang terkandung dalam tanah menjadi lebih merata sehingga tanah menjadi semakin mengeras, hal ini menyebabkan  $q_u$  dan  $c$  tanah menjadi meningkat.

**Kata kunci**: tanah lempung, aspal emulsi dan pemeraman.

## THE EFFECT OF AGING ON THE MIXED EMULSION ASPHALT CLAY

**Abstract**: Clay soil is not suitable to use as a building foundation. This is because clay soil is easily to get expand and shrink. As the water in the soil increased, the clay soil will expand. On the other hand, as the water content on the soil decreased, clay soil will be experiencing a very high shrinkage level. This expand and shrink behaviors of this soil will cause damage to the construction above it so that the soil needs to be improved. One of the soil improvement is to do stabilization. Stabilisation is away to improve the soil's nature behavior by adding or mixing additional specified material which is called additive. A stabilization is to mix the clay soil with emulsion asphalt

and is followed with aging process. This research is to investigate the characteristic of the soil and the effect of adding the emulsion asphalt and the aging process to the clay soil stabilitation. The clay soil is added to the emulsion asphalt using mixing percentage of 0%, 3%, 6%, 9% and the aging were held in: 2 days, 4 days, 6 days. The data analysis consisted of filter analyze, water content, specific gravity, atterberg limits, soil compaction, free compressive strength and CBR. The study resulted the average IP value of 20,675% showing the clay soil in North Padangsembian area in 1 m depth classified to high plasticity. The IP value decreased, with the lowest IP 20,320%, at 9% emulsion asphalt additive. The additional emulsion asphalt and aging process give a significant effect to the expand and shrink behavior which increases the strength of the soil. The highest free compressive strength reached by adding 9% emulsion asphalt, which caused the  $q_u$  value from 0,417% to 1,025%,  $\phi$  increase from  $11^\circ$  to  $17^\circ$ , and  $c$  value also increase from 0,209 kg/cm<sup>2</sup> to 0,513 kg/cm<sup>2</sup>. The CBR value is also increasing. For CBR 0,1 inch increased from 7,484% to 9,137% and CBR 0,2 inch increased from 5,081% to 6,520%. The incubation causing the water content on the soil spreads and make the soil become harder and this will cause the  $q_u$  and  $c$  of soil increased.

**Keywords:** clay soil, emulsion asphalt and aging.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Tanah merupakan material yang berperan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi bangunan sipil. Kebanyakan konstruksi bangunan sipil dibangun di atas tanah. Oleh karena itu, diperlukan penguasaan yang lebih mendalam mengenai masalah perilaku tanah, sehingga dapat diketahui sifat fisik dan mekanis dari suatu jenis tanah yang akan digunakan sebagai lapisan bawah dari suatu konstruksi bangunan. Tanah lempung merupakan tanah yang sangat berpotensi mengalami pengembangan dan penyusutan yang sangat besar. Jika dilihat dari fakta di atas maka diperlukan suatu perilaku khusus terhadap tanah dasar yang berdaya dukung rendah dan mempunyai sifat lempung. Perlakuan untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah dasar tersebut sering disebut dengan stabilisasi tanah. Penelitian ini akan melakukan pengamatan terhadap tanah lempung yang dicampur dengan aspal emulsi dan akan dilakukan pemeraman selama beberapa hari.

Hipotesa awal yang dapat disimpulkan dari stabilisasi tanah lempung dengan aspal emulsi adalah dapat meningkatkan kekuatan tanah. Aspal emulsi akan mempengaruhi kembang susut dari tanah lempung, me-

nurunkan kadar air pada batas cair, meningkatkan berat volume kering tanah dan menurunkan kadar air optimum, menurunkan indeks plastisitas dan meningkatkan kepadatan yang mengakibatkan tingginya daya dukung tanah. Secara lebih rinci peningkatan konsentrasi bahan stabilisasi aspal emulsi akan diikuti peningkatan CBR. Sedangkan proses pemeraman akan mempengaruhi kadar air yang terkandung dalam tanah dan berpengaruh pada karakteristik tanah.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah Bagaimana karakteristik tanah lempung Padangsembian sebelum dan sesudah penambahan aspal emulsi, Bagaimana pengaruh pemeraman terhadap tanah lempung yang dicampur dengan aspal emulsi.

### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui karakteristik tanah lempung Padangsembian sebelum dan sesudah penambahan aspal emulsi, Untuk mengetahui pengaruh pemeraman terhadap tanah lempung yang dicampur dengan aspal emulsi.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Tanah

Tanah dapat didefinisikan sebagai mineral yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi rongga-rongga kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1998).

### Tanah Lempung

Tanah Lempung adalah tanah yang terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu dirubah-rubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali kebentuk aslinya, dan tanpa terjadi retakan-retakan atau terpecah-pecah. Tanah lempung bersifat lunak dan mudah ter tekan sehingga sering menjadi masalah dalam pelaksanaan konstruksi.

### Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Ekspansif

#### Sifat-Sifat Fisik Tanah Ekspansif

Dalam keadaan asli, tanah mempunyai sifat-sifat dasar dari tanah yang berguna untuk mengetahui jenis tanah. Sifat fisik tanah ekspansif dapat diketahui dengan melihat beberapa keadaan antara lain sebagai berikut :

#### Ukuran Butiran

Tanah memiliki ukuran partikel yang berbeda tergantung jenis tanah tersebut. Tanah lempung merupakan jenis tanah dengan ukuran butir lebih kecil dari 2 mikron ( $\varnothing < 0,002$  mm). Ukuran butir dapat ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada paling atas dan makin kebawah makin kecil.

### Kadar Air Tanah ( *Water Content* )

Kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terdandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Kadar air dihitung sebagai berikut :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dengan :

w = kadar air

W<sub>w</sub> = berat air

W<sub>s</sub> = berat tanah kering

### Berat Jenis Tanah ( *Specific of gravity* )

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat isi air suling dengan volume sama pada suhu tertentu.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_w \cdot \gamma_w} \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

G<sub>s</sub> = berat jenis tanah (*specific gravity*)

γ<sub>s</sub> = berat volume butiran

γ<sub>w</sub> = berat volume air

V<sub>w</sub> = volume air

### Batas-Batas Atterberg

Beberapa percobaan untuk menentukan batas-batas Atterberg adalah:

- Batas Cair (Liquid limit)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas cair. Batas cair (LL) adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis.

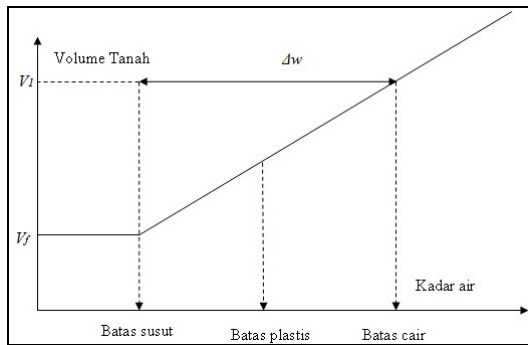
$$LL = W_c \left[ \frac{N}{25} \right]^{0.121} \dots \dots \dots (3)$$

dengan:

LL = batas cair

W<sub>c</sub> = kadar air pada saat tanah menutup

N = jumlah pukulan pada kadar air W<sub>c</sub>



**Gambar 1** Hubungan volume tanah dalam Atterberg (Das, 1998)



**Gambar 2** Alat Casagrande (Ir.G. Djatmoko Soedarmo dan Ir.S.J. Edy Purnomo, 1993)

• Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) adalah kadar air minimum dimana tanah masih dalam keadaan plastis. Dalam menentukan batas plastis ini dilakukan dengan percobaan menggiling butir tanah menjadi bulat pipih dengan diameter 3 mm sampai menjadi retak-retak dan selanjutnya diselidiki kadar airnya.

• Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas suatu tanah adalah bilangan dalam persen yang merupakan selisih antara batas cair dengan batas plastis suatu tanah (Das, 1988). Pendekatan untuk menentukan indeks plastisitas suatu tanah adalah:

$$IP = LL - PL \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

- IP = indeks plastisitas
- LL = batas cair
- PL = batas plastis

• Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Harus diketahui bahwa apabila batas susut ini semakin kecil, maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume, yaitu semakin sedikit jumlah air yang dibutuhkan untuk menyusut (Bowles, 1997). Perhitungan batas susut ini dapat digunakan rumus:

$$SL = w - \frac{V_1 - V_2}{W} \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

- SL = batas susut
- V<sub>1</sub> = volume tanah basah
- W = berat tanah kering
- V<sub>2</sub> = volume tanah kering
- w = kadar air tanah basah

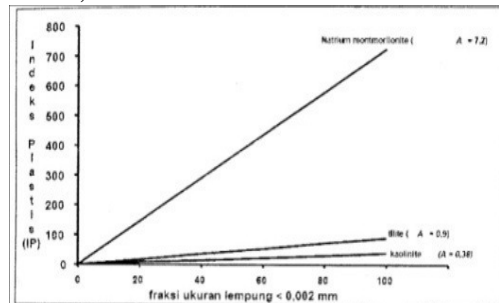
**Plastisitas dan Aktivitas Tanah**

Hubungan antara PI dan persentase butiran yang lolos ayakan 2µm didefinisikan sebagai suatu besaran yang disebut aktivitas (*activity*).

$$Ak = \frac{PI}{(\% \text{ fraksi berukuran lempung})} \dots (6)$$

Tiga kategori aktivitas (Skempton, 1953 dalam Das, 1998) :

- A < 0,75                      —————> Tidak aktif
- 0,75 < A < 1,25            —————> Normal
- A > 1,25                      —————> Aktif



**Gambar 3** Aktifitas mineral lempung (Taufik Usman, 2008)

**Tabel 1** Aktivitas Mineral Lempung

Mineral	Aktivitas
Kaolinite	0,33 – 0,46
Illite	0,9
Montmorillonite (Ca)	1,5
Montmorillonite (Na)	7,2

Sumber : (Skempton, 1953 dalam Das,1988)

**Kembang Susut**

Menurut Kormonik dan David (1969) dalam Trisnayani (2008) pengembangan dari tanah disebabkan oleh dua hal:

- Sebab mekanis  
Bila kadar air dalam tanah naik dan tanah menjadi jenuh, maka tegangan kapiler mengecil sedangkan tegangan pori didapat dari tegangan hidrostatik biasa.
- Sebab Fisika Kimia  
Pengembangan disebabkan oleh masuknya kadar air pada partikel-partikel tanah lempung. Mineral jenis montmorillonite maupun illite akan menyebabkan mengembangnya jarak antar unit lapisan struktur dasar.

**Sifat Mekanik Tanah**

Sifat mekanik tanah adalah sifat-sifat tanah yang mengalami perubahan setelah diberikan gaya-gaya tambahan atau pembebanan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah.

**Pemadatan Tanah**

Pemadatan merupakan suatu usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel atau suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis. Keuntungan yang diperoleh dengan pemadatan ini, antara lain:

- Berkurangnya penurunan permukaan tanah yaitu gerakan vertikal di dalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori
- Bertambahnya kekuatan tanah
- Berkurangnya penyusutan akibat berkurangnya kadar air dari rulai patokan pada saat pengeringan.

Dari setiap pekerjaan pemadatan yang telah dilakukan, dihitung :

- Kadar air
- Berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ), dengan persamaan:

$$(\gamma_b) = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

W = Berat tanah yang dipadatkan pada cetakan

V = volume cetakan

- Berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ ), dengan persamaan:

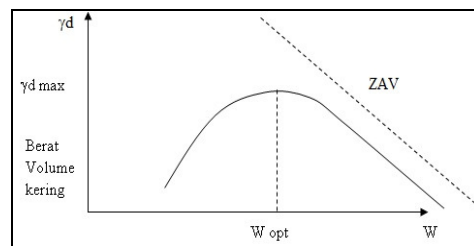
$$(\gamma_d) = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(8)$$

dimana:

w = kadar air

$\gamma_b$  = berat volume basah

Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat digambarkan grafik hubungan antara berat volume kering dengan kadar air.



**Gambar 4** Grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering (Das, 1998)

Secara teoritis berat volume kering maksimum pada suatu kadar air tertentu dengan pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali ( Zero Air Void/ZAV ) dapat dirumuskan:

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + e} \dots\dots\dots(9)$$

dengan:

$\gamma_{ZAV}$  = berat volume pada kondisi ZAV

$\gamma_w$  = berat volume air

e = angka pori

Gs = berat jenis tanah

**Percobaan Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)**

UCT merupakan suatu cara, pemeriksaan untuk mendapatkan daya dukung tanah. Dari hasil tes ini akan dibuatkan tabel kuat tekan bebas dengan beberapa perhitungan sebagai berikut:

- Regangan dari setiap pembebanan dihitung dengan rumus:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

dengan :

$\Delta L$  = Pemendekan tinggi benda uji (cm)

$L_0$  = tinggi benda uji mula-mula

$\epsilon$  = regangan aksial

- Luas rata-rata penampang benda uji dengan koreksi akibat pemendekan dengan rumus:

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon} \dots\dots\dots(10)$$

A = Luas rata-rata penampang benda uji (cm<sup>2</sup>)

A<sub>0</sub> = Luas penampang benda uji mula-mula (cm<sup>2</sup>)

- Tekanan aksial yang bekerja pada benda uji pada setiap pembebanan:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(11)$$

dengan:

P = Gaya beban yang bekerja dihitung dari pembacaan arloji ukur cincin beban (kg).

$\sigma$  = Tekanan aksial

- Besarnya kuat tekan bebas (qu) diperoleh dari nilai terbesar perhitungan pada persamaan 12 dikalikan dengan factor kalibrasi dari alat yang digunakan.
- Nilai sudut gesek tanah diperoleh dari perhitungan :

$$\phi = (a - 45^\circ) \times 2 \dots\dots\dots(12)$$

- Besarnya nilai kohesi diperoleh dari perhitungan:

$$c = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots(13)$$

**CBR ( California Bearing Ratio )**

CBR adalah perbandingan antara beban yang diperlukan untuk menekan lapisan tanah (material uji), dengan beban yang diperlukan untuk menekan material standar, dengan kecepatan penekanan dan kedalaman tertentu. Besarnya nilai CBR dipakai untuk menentukan ketebalan lapis tanah bawah jalan. Hubungan antara waktu dan pengembangan (perbandingan penambahan tinggi terhadap tinggi awal) digrafikkan, dengan beberapa perhitungan sebagai berikut :

- Harga CBR 0,1 inchi

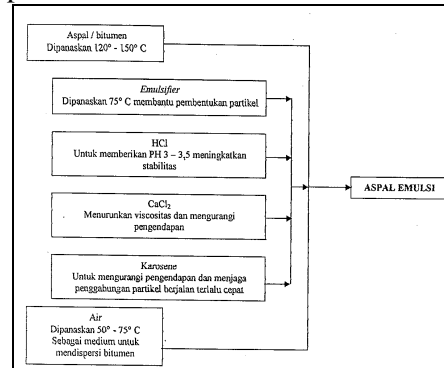
$$CBR = \frac{P1}{3000} \times 100\%$$

- Harga CBR 0,2 inchi

$$CBR = \frac{P2}{4500} \times 100\%$$

**Aspal Emulsi**

Aspal emulsi merupakan aspal yang didispersikan secara merata ke dalam air.



**Gambar 5.** Proses pembuatan aspal emulsi (Priyatno,2000 )

**Pemeraman**

Pemeraman adalah proses pencampuran tanah dengan air kemudian dibiarkan beberapa saat agar kadar air yang terkandung dalam tanah lebih merata. Proses pemeraman ini akan mempengaruhi kadar air yang terkandung dalam tanah dan berpengaruh pada karakteristik tanah, yang diharapkan mampu membantu menurunkan kadar air pada batas cair dan memperbaiki karakteristik tanah tersebut.

**METODE PENELITIAN**

**Umum**

Tahapan dari proses penelitian ini dimulai dari gagasan atau ide setelah melihat suatu permasalahan yang dilanjutkan dengan pemahaman terhadap studi literatur sebagai pedoman di dalam melaksanakan penelitian.

**Studi Literatur**

Studi literatur adalah suatu usaha yang dilakukan untuk mengumpulkan berbagai acuan atau pendukung secara teoritis.

**Pemilihan Lokasi**

Pada penelitian ini pengambilan sample tanah dilakukan di daerah Padangsambian Kaja. Kecamatan Denpasar Barat. Lokasi ini dipilih karena lokasinya yang berdekatan dengan Desa Kerobokan, sehingga kemungkinan mempunyai perilaku yang sama dengan tanah yang ada di Desa Kerobokan. Tanah di Kerobokan mempunyai perilaku kembang susut yang tinggi dan daya dukung tanah yang kurang baik.

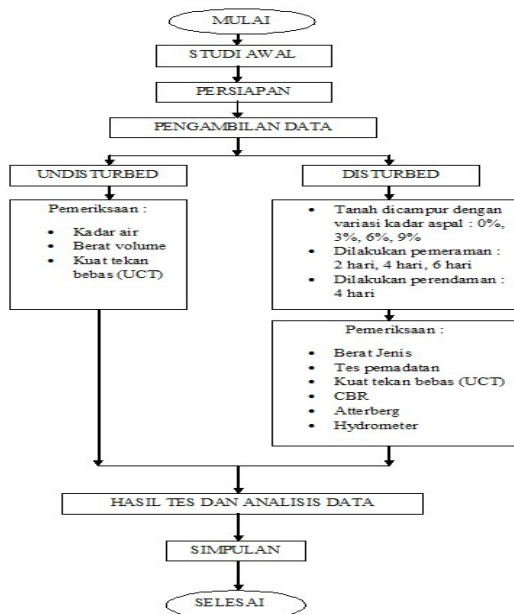
**Metode Pengambilan Sampel**

Metode yang digunakan dalam pengambilan sample adalah metode random (acak) mengingat daerah Padangsambian Kaja yang cukup luas. Untuk sampel tanah tidak terganggu ( *undisturbed sample* ) digunakan tabung sampel, yang ditutup rapat dengan plastik atau dilapisi lilin. Untuk tanah terganggu ( *disturbed sample* ), sampel dimasukkan ke dalam karung, diikat, dan diletakkan ditempat yang kering.

**Metode Penelitian di Laboratorium**

Percobaan-percobaan dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Udayana.

**Kerangka Penelitian**



**Gambar 6** Kerangka Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Umum**

Hasil penelitian akan memperlihatkan penambahan aspal emulsi yang ditambah variasi pemeraman terhadap tanah lempung yang terdapat di daerah tersebut.

**Kadar Air (w)**

**Tabel 2** Nilai Kadar Air Tanah Asli

Sampel	Nilai Kadar Air Rata-rata Tanah asli (%)
Padangsambian I	43,91%
Padangsambian II	51,15%

Sumber : Analisis 2013

Jadi kadar air tanah lempung Padangsambian Kaja berada pada rentang 43.91% sampai 51.15% dengan kadar air rata – rata 47.53%.

**Berat Volume Basah (  $\gamma_b$  )**

**Tabel 3** Nilai Berat Volume Tanah Basah

Sampel	Nilai Berat Volume Basah (Kg/cm <sup>3</sup> )
Padangsambian I	1,624
Padangsambian II	1,537

Sumber : Analisis 2013

Berat volume basah (  $\gamma_b$  ) tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 1,537 gr/cm<sup>3</sup> sampai 1,624 gr/cm<sup>3</sup>, dengan berat volume basah rata- rata 1,580 gr/cm<sup>3</sup>.

**Berat Jenis (Gs)**

**Tabel 4** Nilai Berat Jenis Tanah

Sampel	Nilai Berat Jenis Persentase Penambahan Aspal Emulsi			
	0%	3%	6%	9%
I	2,95	2,485	2,377	2,289
II	2,602	2,551	2,470	2,346
Jumlah Rata-rata	5,197	5,036	4,847	4,635
Sumber : Analisis 2013	2,599	2,518	2,424	2,318

Berat jenis rata – rata tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berkisar antara 2,595 sampai 2,602, dengan berat jenis rata – rata sebesar 2,599.

**Batas – Batas Atterberg  
Batas Cair ( *Liquid Limit* )**

**Tabel 5** Nilai Batas Cair

Sampel	Nilai Batas Cair Persentase Penambahan Aspal Emulsi			
	0%	3%	6%	9%
	I	56,890	52,949	47,808
II	51,483	48,253	47,743	47,502
Jumlah	108,373	101,202	95,551	91,531
Rata-rata	54,187	50,601	47,776	45,766

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai batas cair tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 51,483% sampai 56,890% dan nilai rata – rata batas cair adalah 54,187%. Berdasarkan Tabel di atas dapat dikatakan bahwa tanah lempung Padangsambian Kaja termasuk dalam kategori *high liquid limit* (50% – 70%).

**Batas Plastis ( *Plastic Limit* )**

**Tabel 6** Nilai Batas Plastis

Sampel	Nilai Batas Plastis Pada Persentase Penambahan Aspal Emulsi			
	0%	3%	6%	9%
	I	38,750	28,712	27,935
II	28,274	27,591	26,035	24,825
Jumlah	67,024	56,303	53,970	50,892
Rata-rata	33,512	28,152	26,985	25,446

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai batas plastis tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 28,274% sampai 38,750% dengan nilai rata – rata 33,512%. Nilai kadar air tanah pada masing – masing titik berada diantara batas

plastis dan batas cair (  $PL < w < LL$  ), maka tanah tersebut dapat dikatakan sebagai tanah plastis.

**Indeks Plastisitas ( *Plasticity Index* )**

**Tabel 7** Nilai Indeks Plastisitas

Sampel	Nilai IP Pada Persentase Penambahan Aspal Emulsi			
	0%	3%	6%	9%
	I	18,140	24,237	19,873
II	23,209	20,662	21,708	22,677
Jumlah	41,349	44,899	41,581	40,639
Rata-rata	20,675	22,450	20,791	20,320

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 18,140% sampai 23,209% dengan nilai rata – rata 20,675%, maka tanah lempung Padangsambian termasuk *high plasticity* atau tanah lempung dengan plastisitas tinggi (  $IP > 17$  ).

**Batas Susut ( *Shrinkage Limit* )**

**Tabel 8** Nilai Batas Susut

Sampel	Nilai Batas Susut Pada Persentase Penambahan Aspal Emulsi			
	0%	3%	6%	9%
	I	24,082	23,923	23,287
II	22,209	21,976	21,877	21,990
Jumlah	46,291	45,899	45,164	44,110
Rata-rata	23,146	22,950	22,582	22,055

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai batas susut tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 22,209% sampai 24,082% dengan nilai rata – rata 23,146%.

**Pemadatan Standar**

**Tabel 9** Nilai Berat Volume Kering Maksimum



Sampel	Waktu Pemeraman	Berat Volume Kering (gr/cm <sup>3</sup> )			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	1,117	1,152	1,173	1,183
		1,169	1,173	1,182	1,241
Jumlah		2,286	2,325	2,355	2,424
Rata-rata		1,143	1,163	1,178	1,212
1	4 Hari	1,151	1,166	1,182	1,254
		1,183	1,190	1,210	1,267
Jumlah		2,334	2,356	2,392	2,521
Rata-rata		1,167	1,178	1,196	1,261
1	6 Hari	1,165	1,192	1,221	1,280
		1,197	1,216	1,249	1,292
Jumlah		2,362	2,408	2,470	2,572
Rata-rata		1,181	1,204	1,235	1,286

Sumber : Analisis 2013

**Tabel 10** Nilai Kadar Air Optimum

Sampel	Waktu Pemeraman	Kadar Air Optimum (%)			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	39,36	37,15	36,56	29,78
		40,07	39,36	37,62	30,22
Jumlah		79,43	76,51	74,18	60,00
Rata-rata		39,72	38,26	37,09	30,00
1	4 Hari	38,92	36,62	34,79	29,28
		36,98	35,22	33,21	27,79
Jumlah		75,90	71,84	68,00	57,07
Rata-rata		37,95	35,92	34,00	28,54
1	6 Hari	37,72	35,31	32,68	27,21
		35,36	33,17	32,05	25,99
Jumlah		73,08	68,48	64,73	53,20
Rata-rata		36,54	34,24	32,37	26,60

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa kepadatan kering maksimum tanah lempung Padangsambian Kaja pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 1,117 gr/cm<sup>3</sup> sampai 1,169 gr/cm<sup>3</sup> dengan nilai rata – rata 1,143 gr/cm<sup>3</sup>. Kadar air optimum tanah Padangsambian Kaja berada pada rentang 39,36% sampai 40,07% dengan nilai rata- rata 39,72%.

**Kuat Tekanan Bebas ( UCT )**

**Tabel 11** Hasil Penelitian UCT Tanah Asli (Undisturbed)

Sampel	Kuat Tekan Bebas	Sudut Geser	Kohesi
	Tanah Asli (qu) (kg/cm <sup>2</sup> )	Tanah (φ) (°)	Tanah (c) (kg/cm <sup>2</sup> )
Padang sambian Kaja Titik I	0,743	9,6°	0,372
Padang sambian Kaja Titik II	1,030	10,2°	0,515

Sumber : Analisis 2013

**Tabel 12** Nilai Kuat Tekan Bebas

Sampel	Waktu Pemeraman	Kuat Tekan Bebas (Kg/cm <sup>2</sup> )			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	0,363	0,505	0,670	0,951
		0,471	0,651	0,806	1,098
Jumlah		0,834	1,156	1,476	2,049
Rata - rata		0,417	0,578	0,738	1,025
1	4 Hari	0,412	0,619	0,784	1,100
		0,546	0,815	0,923	1,181
Jumlah		0,958	1,434	1,707	2,281
Rata - rata		0,479	0,717	0,854	1,141
1	6 Hari	0,562	0,762	0,913	1,233
		0,652	0,892	1,153	1,243
Jumlah		1,214	1,654	2,066	2,476
Rata - rata		0,607	0,827	1,033	1,238

Sumber : Analisis 2013

**Tabel 13** Nilai Sudut Geser Tanah

Sampel	Waktu Pemeraman	Nilai Sudut Geser			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	10,4	13,2	14,4	16,8
		11,8	13,6	15,6	17,1
Jumlah		22	27	30	34
Rata - rata		11	13	15	17
1	4 Hari	12,14	14,8	17,6	19,9
		13,8	16,2	18,8	20,6
Jumlah		25,94	31	36,4	40,5
Rata - rata		12,97	15,5	18,2	20,25
1	6 Hari	14,8	18,6	19,8	23,2
		15,4	19,4	20,4	23,6
Jumlah		30,2	38	40,2	46,8
Rata - rata		15,1	19	20,1	23,4

Sumber : Analisis 2013

**Tabel 14** Nilai Kohesi Tanah

Sampel	Waktu Pemeraman	Nilai Kohesi Tanah (Kg/cm <sup>2</sup> )			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	0,182	0,253	0,335	0,476
		0,236	0,326	0,403	0,549
Jumlah		0,418	0,579	0,738	1,025
Rata - rata		0,209	0,290	0,369	0,513
1	4 Hari	0,206	0,310	0,392	0,550
		0,273	0,408	0,462	0,591
Jumlah		0,479	0,718	0,854	1,141
Rata - rata		0,240	0,359	0,427	0,571
1	6 Hari	0,281	0,381	0,457	0,617
		0,326	0,446	0,577	0,622
Jumlah		0,607	0,827	1,034	1,239
Rata - rata		0,304	0,414	0,517	0,620

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa qu tanah lempung Padangsambian Kaja (undisturbed sample) berada pada rentang 0,743 kg/cm<sup>2</sup> sampai 1,030 kg/cm<sup>2</sup> dengan nilai rata – rata 0,887 kg/cm<sup>2</sup>. φ berkisar antara 9,6° sampai 10,2°, dan nilai c berada pada rentang 0,372 kg/cm<sup>2</sup> sampai 0,515 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata – rata 0,443

kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk tanah lempung Padangsambian (*disturbed sample*) yang dipadatkan memiliki nilai qu pada rentang 0,363 kg/cm<sup>2</sup> sampai 0,471 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata – rata 0,417 kg/cm<sup>2</sup>. φ berkisar antara 10,4° sampai 11,8° dengan rata – rata 11° dan c berada pada rentang 0,182 kg/cm<sup>2</sup> sampai 0,236 kg/cm<sup>2</sup> dengan rata – rata 0,209 kg/cm<sup>2</sup>.

**Penelitian CBR (*California Bearing Ratio*)**

**Tabel 15** Nilai CBR (0,1 Inchi)

Sampel	Waktu Pemeraman	Nilai CBR 0.1 Inchi (%)			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	7,438	8,724	8,908	9,091
		7,530	8,816	8,999	9,183
Jumlah		14,968	17,540	17,907	18,274
Rata - rata		7,484	8,770	8,954	9,137
1	4 Hari	7,530	8,999	9,183	9,734
		8,173	9,550	9,918	10,285
Jumlah		15,703	18,549	19,101	20,019
Rata - rata		7,852	9,275	9,551	10,010

Sumber : Analisis 2013

**Tabel 16** Nilai CBR (0,2 Inchi)

Sampel	Waktu Pemeraman	Nilai CBR 0.2 Inchi (%)			
		Persentase Penambahan Aspal (%)			
		0%	3%	6%	9%
1	2 Hari	5,020	5,877	6,183	6,367
		5,142	6,306	6,428	6,673
Jumlah		10,162	12,183	12,611	13,040
Rata - rata		5,081	6,092	6,306	6,520
1	4 Hari	5,204	6,244	6,306	6,673
		5,755	6,551	6,795	7,040
Jumlah		10,959	12,795	13,101	13,713
Rata - rata		5,480	6,398	6,551	6,857

Sumber : Analisis 2013

Berdasarkan Tabel di atas menunjukkan bahwa nilai CBR 0,1 inchi tanah lempung Padangsambian Kaja (*disturbed sample*) berada pada rentang 7,438% sampai 7,530% dengan nilai rata- rata 7,484% dan nilai CBR 0,2 inchi berada pada rentang 5,020% sampai 5,142% dengan nilai rata – rata 5,081%. Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa penambahan aspal emulsi pada tanah lempung mengakibatkan nilai CBR meningkat. Pemeraman yang dilakukan pada penelitian CBR juga meningkatkan

nilai CBR, karena pada saat pemeraman air yang terkandung dalam tanah mengalir lebih merata sehingga tanah menjadi lebih padat.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang dilakukan terhadap data hasil penelitian laboratorium, maka dapat disimpulkan :

- Karakteristik tanah lempung Padangsambian Kaja : Ditinjau dari batas-batas atterberg, terlihat bahwa penambahan aspal emulsi menyebabkan penurunan nilai batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan batas susut. Dari tes pemadatan standar kadar air optimum mengalami penurunan dan berat volume kering maksimum meningkat. Perubahan kuat tekan bebas yang tertinggi diperoleh pada penambahan 9% aspal emulsi, yang menyebabkan nilai qu naik dari 0,417% menjadi 1,025%, φ naik dari 11° menjadi 17°, dan nilai c juga mengalami kenaikan dari 0,209 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 0,513 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai CBR juga mengalami kenaikan, untuk CBR 0,1 inchi mengalami kenaikan dari 7,484% menjadi 9,137% dan CBR 0,2 inchi dari 5,081% menjadi 6,520%.
- Pengaruh pemeraman terhadap tanah lempung yang dicampur dengan aspal emulsi : penambahan persentase aspal emulsi menyebabkan karakteristik tanah lempung menjadi lebih baik. Pemeraman menyebabkan kadar air yang terkandung dalam tanah menjadi lebih merata sehingga tanah menjadi semakin mengeras, hal ini menyebabkan qu dan c tanah menjadi meningkat.

**Saran**

Perlu dilakukan penelitian dengan penambahan aspal emulsi dan waktu pemeraman dengan variasi waktu berbeda, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai stabilisasi tanah dengan penambahan adi-

tif-aditif yang lebih inovatif dan kreatif baik dari segi teknis maupun ekonomis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R, F. 1994. *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M, Endah, N dan Indra Surya, B. M. 1998. *Mekanika Tanah ( Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis )*, Jilid I, Erlangga, Jakarta.
- Gede Buana Budiarta, 2010. *Pengaruh Penambahan Pasir terhadap perilaku tanah ekspansif*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.
- Mitchell James, K. 1976. *Fundamentals of soil Behavior*, University of California, Berkeley
- Samara, D. M. 2008. *Perencanaan Pondasi Jalan Raya di Atas Tanah Ekspansif Dengan Kombinasi Geotekstil*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Denpasar.
- Shirley, L. H. 2000. *Penuntun Praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah ( Penyelidikan Lapangan dan Laboratorium )*, Nova, Bandung.
- Soedarmo, Djatmiko, Ir. Dan Purnomo, Edy, Ir. 1997. *Mekanika Tanah I*, Cetakan I, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Untoro Nugroho, 2003. *Pengaruh penambahan kapur dan Aspal Emulsi terhadap Kembang Susut dan Daya Dukung Tanah Ekspansif sebagai Subgrade Jalan*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.