

## KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR SEMEN SEBAGAI BAHAN SUBGRADE JALAN

Tjok. Gde Suwarsa Putra<sup>1</sup> dan I Nyoman Ari Budiman<sup>1</sup>

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar  
Email : suwarsaputra@gmail.com

**Abstrak:** Tanah lempung yang mempunyai sifat –sifat yang tidak baik seperti; kembang susut tinggi, platisitas tinggi, daya dukung rendah, jika dipakai sebagai bahan subgrade jalan harus diperbaiki atau distabilisasi dengan bahan lain, salah satunya distabilisasi dengan semen. Kondisi tanah pada sebagian daerah Kerobokan didominasi oleh tanah lempung yang mempunyai kembang susut tinggi, platisitas tinggi, daya dukung rendah serta nilai CBR yang dihasilkan hanya sebesar 0,84% (soaked atau kondisi jenuh air) atau masih kurang dari syarat minimum nilai CBR subgrade sebesar 6% yang ditetapkan oleh Bina Marga. Usaha perbaikan struktur tanah pun dilakukan dengan menambahkan semen dengan kadar semen yang telah ditentukan oleh Departemen Pekerjaan Umum menurut jenis tanah tersebut. Penambahan semen ini pada kadar air optimum ternyata mampu menggeser sifat fisik dan mekanisnya ke kondisi yang lebih baik. Penambahan kadar semen pada tanah dengan persentasi, 0%, 9%, 10%, 11% berbanding lurus dengan sifat mekanisnya yaitu pada nilai berat volume, untuk tanah 0% berat volumenya ( $\gamma_d$ ) sebesar 1.460 gr/cm<sup>3</sup> sedangkan pada tanah yang mengalami penambahan semen sebesar 11% nilai berat volumenya ( $\gamma_d$ ) 1.703 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan untuk nilai CBR untuk kadar semen 0% nilai CBR designnya adalah 0.84%, untuk kadar semen 9% nilai CBR designnya 8.10%, untuk kadar semen 10% nilai CBR designnya 9.45%, untuk kadar semen 11% nilai CBR designnya 10.75% , dan untuk nilai  $q_u$  dimana semakin tinggi kadar semen nilai  $q_u$  yang dihasilkan juga turut bertambah.

**Kata kunci :** subgrade jalan, semen, CBR tanah

## THE CHARACTERISTICS OF MIXED CLAY SOIL AND CEMENT FOR THE MATERIALS OF ROAD SUBGRADE

**Abstract:** Clay soils have some disadvantages such as high shrinkage and plasticity and low carrying capacity. If used as the subgrade material, it should be corrected or stabilized with other materials, one of which is stabilized with cement. Soil conditions in some areas of Kerobokan are dominated by clay soils having high shrinkage and plasticity, low carrying capacity and the generated CBR value is only by 0.84% (soaked or in saturated water conditions). These are less than the minimum requirement for subgrade CBR value of 6% set by Bina Marga. Some efforts to improve soil structure, depending on the soil type, were conducted by adding cement, for which its content was determined by the Department of Public Works. The addition of cement at an optimum water content was able to shift the physical and mechanical properties to a better condition. The addition of cements on the clay soil with a percentage of 0%, 9%, 10%, 11% is directly proportional to the mechanical properties of the heavy volume value, to 0% by soil volume weight ( $\gamma_d$ ) is 1,460 gr/cm<sup>3</sup>. Meanwhile, for clay soil added with cement by 11%, the volume weight value ( $\gamma_d$ ) is 1,703 gr/cm<sup>3</sup>. For the CBR value to 0%, 9%, 10%, and 11% of cements, the design content of CBR value are 0.84%, 8.10%, 9.45%, and 10.75% respectively. In addition, the higher the cement content the higher the  $q_u$  values.

**Keywords:** road subgrade, cement, soil CBR

## PENDAHULUAN

Subgrade atau lapisan tanah dasar merupakan lapisan dari tanah yang paling atas dan merupakan lapisan paling bawah dari suatu perkerasan (pondasi bawah). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik. Di atas Subgrade kemudian diletakkan material yang lebih baik lapis demi lapis, sehingga semakin baik kondisi tanah maka kondisi di atasnya pun akan semakin baik pula. Pada tanah lempung di Kerobokan mempunyai tanah yang kurang bagus disamping kekuatan dan daya dukung tanahnya sangat rendah, kompresibel dan kembang susut yang tinggi. Tegangan-tegangan yang bekerja pada perkerasan jalan (akibat beban roda) sangat tinggi pada permukaan jalan, semakin kebawah tegangan yang diterima semakin kecil karena adanya penyebaran beban. Apabila jalan dibangun diatas tanah lempung yang daya dukungnya rendah, maka perkerasan harus tebal supaya tegangan yang bekerja pada tanah tersebut tetap kecil. Apabila tanah lempung yang dipakai sebagai Subgrade jalan bisa ditingkatkan kekuatannya sehingga dapat menerima tegangan yang lebih tinggi maka lapisan yang berada diatas lapisan Subgrade akan semakin tipis. Mengingat perilaku tanah lempung itu sangat dipengaruhi oleh perubahan kadar air dan juga pemadatan, maka untuk mengatasi hal tersebut tanah harus dicampur dengan bahan yang lain, dimana salah satunya dicampur dengan semen. Dengan adanya penambahan bahan kimia yang berupa semen guna meningkatkan kekuatan tanah lempung, maka akan terjadi perubahan kadar air, yang menyebabkan terjadinya pergeseran kadar air optimum tanah asli. Perubahan dan pergeseran kadar air optimum yang terjadi diharapkan mampu meningkatkan nilai *Californiai Bearing Ratio* (CBR) sesuai yang disyaratkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI 03- 1744 – 1989) “Metode Pengujian CBR Laboratorium”, yaitu lebih besar dari 6%. Penelitian ini dilakukan untuk men-

dapatkan peningkatan persentase nilai CBR sampai mencapai sama atau lebih dari 6%.

## METODELOGI

### Lokasi penelitian

Lokasi Pengambilan sampel dilakukan didaerah Kerobokan, karena daerah ini memiliki jenis tanah lempung, sehingga mempunyai daya dukung tanah yang kurang baik, maka untuk pembangunan jalan kurang memenuhi syarat sehingga menyebabkan jalan bergelombang dan juga retak-retak. Adapun sampel tanah yang akan diambil pada kedalaman 1,00 m, karena untuk subgrade konstruksi jalan umumnya pada kedalaman 0,5 – 1,00 m (Silvia Sukirman, 1992).

### Metoda Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini sampel diambil secara acak dikelurahan Kerobokan Jl Raya Semer banjar Semer. Pengambilan sampel tanah hanya dilakukan pada sampel tanah tidak terganggu (undisturbed sampel) untuk menentukan sifat fisis. Sampel tanah terganggu (disturbed sampel) diperlukan apabila penggunaan tanah memang tidak dalam keadaan aslinya, sehingga sedikit usaha-usaha untuk melindungi struktur asli dari sampel tersebut.

### Pengujian laboratorium

Pengujian dilaboratorium meliputi pengujian tanah lempung Kerobokan terhadap kadar air, berat jenis tanah, analisa sa-ringan, analisa hidrometer, konsistensi atterberg (pemeriksaan batas cair, batas plastis), pemeriksaan pemadatan, Unconfined Compression Test (UCT) dan California Bearing Ratio (CBR). Terhadap contoh tanah asli (undisturbed) dan contoh tanah yang telah dicampur dengan semen.

### Analisa Data

Dalam analisa data ini dipakai analisa regresi yaitu suatu metode analisa untuk menentukan hubungan antara beberapa

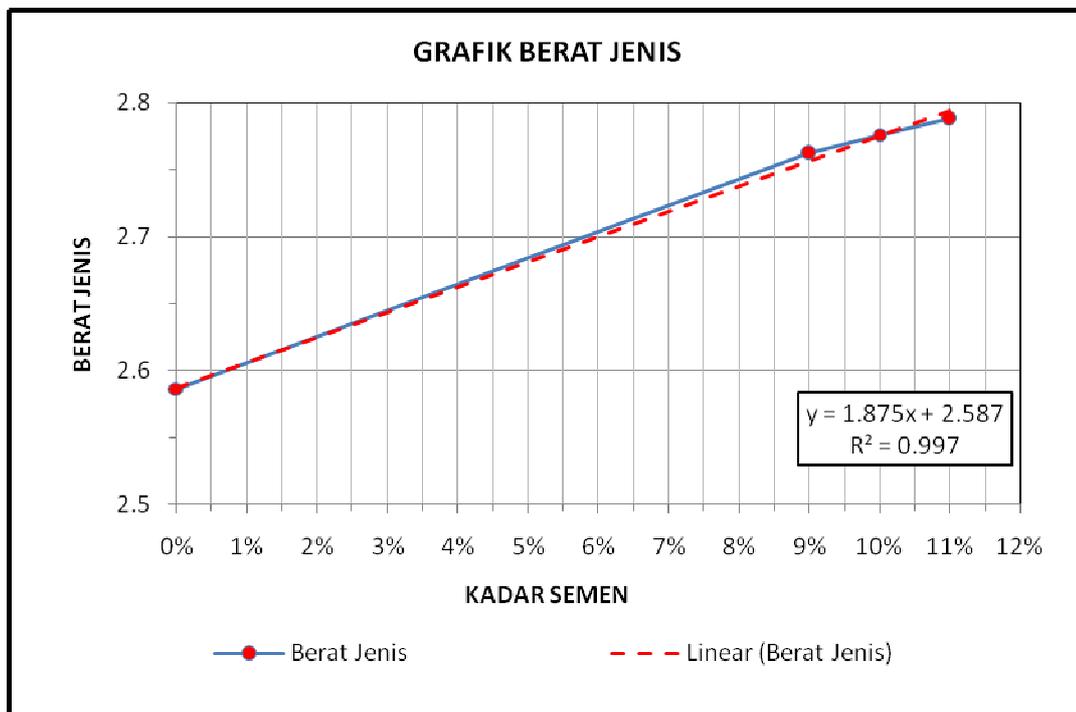
variable yang berpengaruh pada suatu data. Analisa regresi dibedakan atas dua jenis variable yaitu variable bebas dan variable tak bebas atau variable respon. Variabel yang mudah atau tersedia digolongkan kedalam variabel bebas, untuk keperluan analisis variabel bebas dinyatakan dengan  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_k$ . Sedangkan variabel tak bebas dinyatakan dengan  $Y$ . Pada analisa regresi terdapat 2 kriteria yang bisa digunakan untuk mengetahui apakah model tersebut dapat diandalkan dan tidak menyimpang dari keadaan sebenarnya. Kriteria - kriteria yang bisa digunakan adalah sidik ragam regresi (pengujian nilai koefisien regresi), dan koefisien

determinasi dan korelasi (Ratno, DS dan Mustajab, 1992).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian kadar air asli ini menggunakan sampel undistrib. Penelitian dilakukan sebanyak 3 kali, dan didapatkan data-data kadar air sebagai berikut : 47,09% . 44,84% . 45,83%. Dengan kadar air rata-rata 45,92%.

Kemudian hasil penelitian berat jenis ini dilakukan terhadap tanah asli maupun tanah yang telah mengalami proses stabilisasi dengan semen sebanyak 3 buah sampel. Dari hasil penelitian berat jenis tanah selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Hubungan Berat Jenis Dengan Kadar Semen

Dengan menggunakan persamaan  $\hat{Y} = b_0 + b_1X$  Dimana nilai-nilai dari  $b_0, b_1, b_2, b_3$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan matrik :

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n & \Sigma x \\ \Sigma x & \Sigma x^2 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} \Sigma y \\ \Sigma xy \end{bmatrix}$$

**Perhitungan Nilai-Nilai Variabel X dan Y**

X	Y	X <sup>2</sup>	X.Y	Y <sup>2</sup>
0,00	2,586	0,0000	0,00000	6,687396
0,09	2,762	0,0081	0,24858	7,628744
0,10	2,776	0,0100	0,2776	7,706176
0,11	2,788	0,0121	0,30668	7,772944
0,30	10,912	0,0302	0,83286	29,79516

Berdasarkan **Error! Reference source not found.** didapatkan persamaan matriks, yaitu:

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & 0,30 \\ 0,30 & 0,0302 \end{bmatrix}^{-1} \times \begin{bmatrix} 10,912 \\ 0,83586 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,980519 & -9,74026 \\ -9,74026 & 129,8701 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 10,912 \\ 0,83586 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,587 \\ 1,875 \end{bmatrix}$$

Maka didapatkan persamaan  $Y = 1,875X + 2,587$ . Persamaan ini dapat diandalkan karena besarnya koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang mendekati 1 yaitu sebesar 0,997 atau 99,70%. Besarnya keamatan hubungan antara variabel X dan Y dapat dilihat pada koefisien korelasi sebesar

Berdasarkan hasil penelitian gradasi Butiran tanah (Distribusi Ukuran Butiran) dapat :

- Porsentase yang lolos ayakan No 4 (4,75mm) rata- rata 100%
- Porsentase yang lolos ayakan No 10 (2mm) rata-rata 99.21%
- Porsentase yang lolos ayakan No 20 (0.85mm) rata -rata 97.56%
- Porsentase yang lolos ayakan No 40 (0.425mm) rata- rata 95.57%
- Porsentase yang lolos ayakan No 80 (0.180mm) rata- rata 93.08%
- Porsentase yang lolos ayakan No 100 (0.150mm) rata- rata 90.26%
- Porsentase yang lolos ayakan No. 200 (0,074 mm) = 83.93%
- Diameter butir yang lolos ayakan No. 200 (0,074 mm) sampai dengan diameter 0,002 mm yang termasuk lanau = 67.48%
- Diameter yang lebih kecil dari 0,002 sampai dengan diameter 0,001 mm yang termasuk lempung = 5.05%

Dari rata-rata diatas dapat ditentukan nilai grup indeks dari suatu tanah sebesar :

$$\begin{aligned} GI &= 0.01 (F - 15) (PI - 10) \\ &= 0.01 (83.93 - 15) (27.78 - 10) \\ &= 8.8 \\ &= 9 \end{aligned}$$

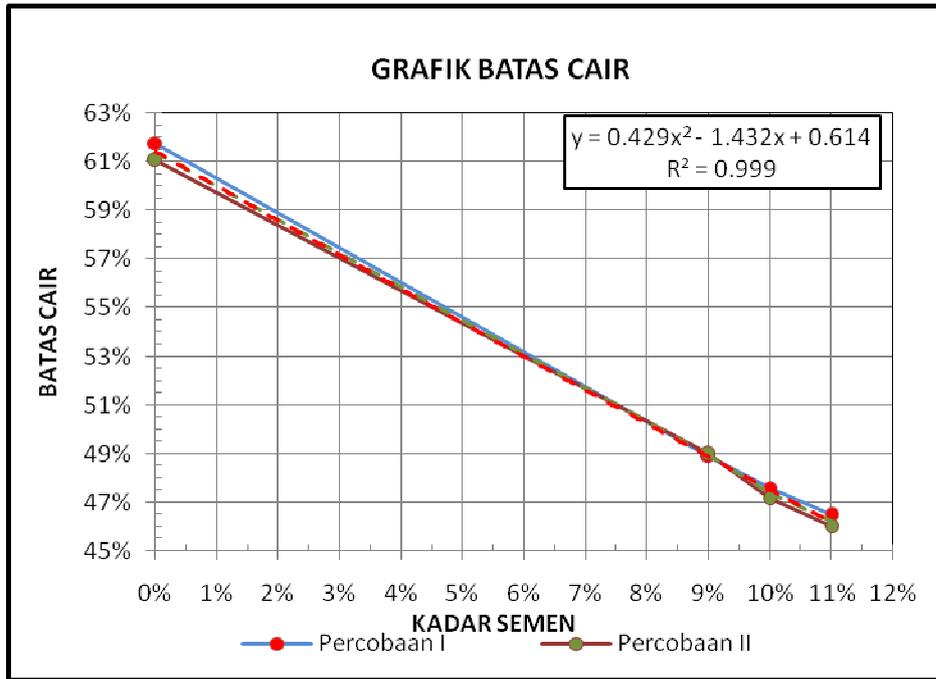
Grup Indeks digunakan sebagai patokan umum untuk menentukan daya dukung tanah. Makin besar nilai indeksnya maka makin buruk tanah tersebut. Dengan grup indeks = 9 maka dengan system AASHTO tanah kerobokan diklasifikasikan menjadi A-7-5

Hasil penelitian batas-batas Atteberg dapat dilihat pada tabel dibawah :

**Tabel 1** Hasil Penelitian Batas Cair

Kadar Semen (%)	Percobaan I	Percobaan II	Rata-Rata
0.0%	61.76%	61.05%	61.41%
9.0%	48.89%	49.00%	48.94%
10.0%	47.59%	47.16%	47.37%
11.0%	46.47%	46.00%	46.24%

Berdasar hasil diatas, dapat dilihat tanah lempung Kerobokan batas cairnya rata-rata 61.4% sehingga dengan demikian tanah lempung kerobokan ini sangat kurang baik digunakan sebagai material sub-grade atau bahan bangunan lainnya. Dengan adanya penambahan prosentase kadar semen maka dari hasil penelितihan diatas dapat dilihat mengalami penurunan. Penurunan ini diakibatkan karena sebagian air yang terdapat di dalam pori-pori tanah bereaksi dengan semen untuk digunakan dalam proses sementasi, sehingga terjadi penurunan batas cair. Jadi akan terjadi pengurangan kadar air untuk setiap penambahan semen.



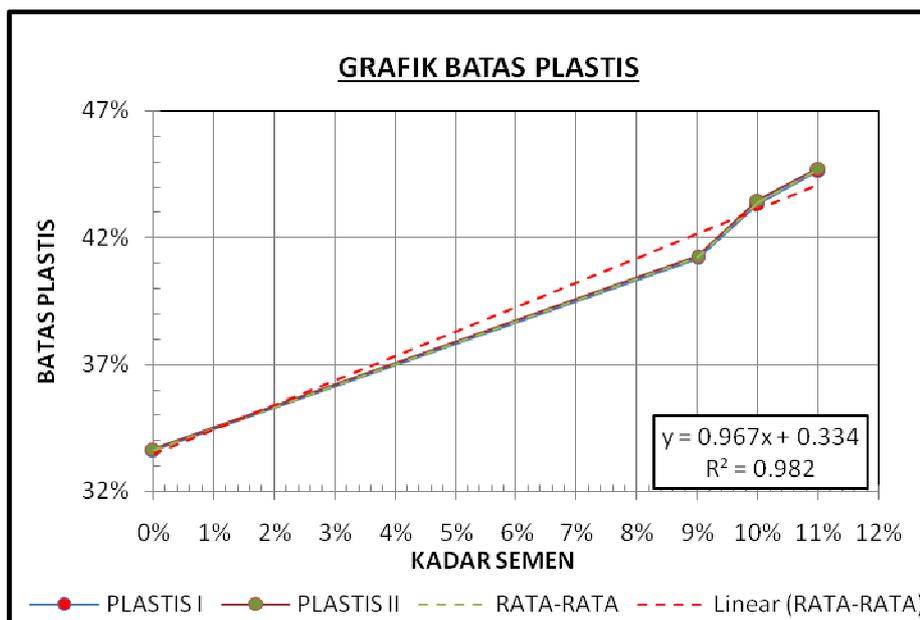
Gambar 2 Grafik Hubungan Batas Cair Dengan Kadar Semen

Dengan menggunakan persamaan diatas (3.9), (3.10), dan (3.12). Maka didapatkan persamaan  $Y = 0.429X^2 - 1,432X + 0,614$ . Persamaan ini dapat diandalkan karena besarnya koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang mendekati 1 yaitu sebesar 0,995 atau 99,50%. Besarnya keamatan hubungan antara variabel X dan Y dapat dilihat pada koefisien korelasi sebesar

**Hasil penelitian batas plastis (Plastic Limit) dapat dilihat pada rtabel di bawah**

Tabel 4. 4 Hasil Penelitian Batas Plastis.

Kadar Semen	Percobaan I	Percobaan II	Rata-Rata
0.0%	33.60%	33.65%	33.63%
9.0%	41.18%	41.271%	41.23%
10.0%	43.33%	43.465%	43.40%
11.0%	44.62%	44.728%	44.68%



Gambar 3. Grafik Hubungan Batas Plastis Dengan Kadar Semen

Dengan melihat hasil determinasi  $R^2$  sebesar 0,982 atau 98% maka persamaan  $Y = -0,967 X^2 + 0,334$  teruji keandalannya. Besarnya keeratan hubungan antara variabel X dan Y dapat dilihat pada koefisien korelasi sebesar:

$$R = r = 0,9899 = 98,99\%$$

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian batas plastis, dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar semen maka semakin tinggi pula nilai batas plastisnya, dan ini menandakan terjadinya peningkatan kualitas tanah. Pergeseran batas plastis ini diakibatkan karena sifat dari semen yang membutuhkan air untuk proses awal sementasi sehingga tanah menjadi lebih kering dan kemudian perlahan-lahan menjadi lebih solid saat proses pengeringan, yang mengakibatkan tanah menjadi lebih padat dan kaku.

Jadi semakin tinggi kadar semen maka akan dibutuhkan semakin banyak air untuk mencapai kondisi peralihan dari plastis ke semi plastis, dan semakin tinggi

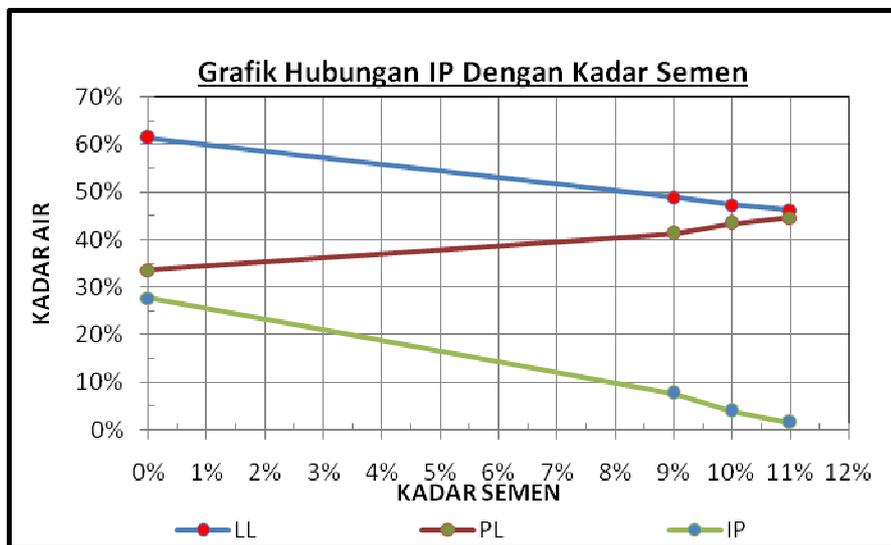
penambahan semen membuat kondisi tanah menjadi lebih getas

### Indeks Plastisitas

**Tabel 4. 5** Hasil Penelitian Indeks Plastis

Kadar Semen (%)	Percobaan I	Percobaan II	Rata-Rata
0.00%	28.16%	27.40%	27.78%
9.00%	7.71%	7.73%	7.72%
10.00%	4.25%	3.69%	3.97%
11.00%	1.85%	1.27%	1.56%

Dari Nilai Indeks Plastisitas di atas dapat dilihat bahwa perubahan kadar semen menyebabkan menurunnya indeks plastisitas yang kita peroleh dari percobaan Atterberg adalah gambaran secara garis besar mengenai sifat-sifat tanah yang bersangkutan. Indeks plastisitas dan batas cair biasanya dipakai pedoman untuk persyaratan bahan pembuatan jalan. Hal ini sesuai dengan AASHTO dimana suatu tanah bisa diklasifikasikan berdasarkan batas cairnya maupun indeks plastisitasnya.



**Gambar 4 .** Grafik Hubungan Indeks Plastis Dengan Kadar Semen

Dari nilai indeks plastisitas di atas dapat dilihat bahwa penambahan kadar semen menyebabkan menurunnya indeks plastisitas. Penurunan nilai IP ini terjadi karena pergeseran nilai LL dan PL akibat adanya penambahan semen. Indeks plastisitas dan batas cair biasanya dipakai pe-

doman untuk persyaratan bahan pembuatan jalan. Semakin rendah nilai IP maka semakin baik kualitas tanahnya. Bina Marga menetapkan nilai maksimum IP yang boleh dipakai sebagai subgrade jalan adalah 6%.

**Klasifikasi Tanah**

**Sistem Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO**

Untuk menentukan jenis berdasarkan sistem AASHTO, maka terlebih dahulu harus diketahui prosentase tanah yang lolos no. 200 (0,075 mm), nilai batas cair dan indeks platis dari tanah yang lolos saringan no. 40 dan nilai indeks kelompok.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan data-data sebagai berikut :

- Prosentase tanah yang lolos saringan no. 200 adalah rata-rata 60.29%, ini berarti tanah lebih dari 35 % yang lolos saringan no. 200. Dari tabel II.1 dapat dilihat bahwa tanah termasuk dalam kelompok A-4, A-5 atau A-7
- Nilai Batas Cair dari tanah yang lolos saringan no. 40 adalah rata-rata 61.4 % dan indeks Plastisitasnya adalah rata-rata 27.78% dimana IP,LL-30 maka tanah tersebut termasuk kedalam kelompok A-7-6.
- Untuk dapat membedakan kemampuan memikul beban roda dari jenis tanah yang satu indeks kelompoknya (Group index (GI), dimana  $GI = 36$ ). Dari hasil penelitian diatas maka berdasarkan tanah klasifikasi AASHTO, tanah termasuk dalam subkelompok A-7-6 (36).

**Sistem Klasifikasi Tanah Menurut USCS**

Untuk menentukan jenis tanah dengan klasifikasi USCS (*unified Soil Classifica-*

*tion Sistem*) maka diperlukan data analisa ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diketahui prosentase yang lolos saringan no. 200 adalah 60.29 %. Dengan menggunakan tabel II. 2, maka tanah termasuk berbutir halus, karena lebih dari 50 % lolos saringan no. 200. Sedangkan batas cair (LL) = 61.4 % dan indeks Plastisitasnya = 27.78 %. Dari tabel bagan Plastisitas tanah menggambarkan diatas garis A dan juga diatas garis dengan  $LL > 50 %$  maka tanah tersebut termasuk jenis tanah lempung anorganik dengan Plastisitas tinggi (CH).

**Sifat Mekanis tanah.**

Sifat mekanis tanah adalah sifat-sifat tanah yang mengalami perubahan setelah memperoleh pembebanan.

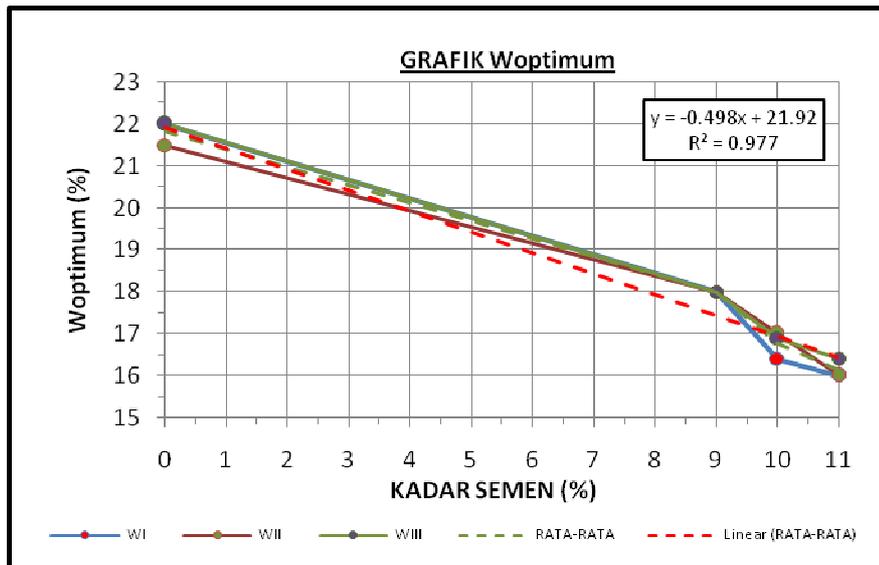
**Pemadatan Standar**

Tingkat Pemadatan suatu sampel diukur dengan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) yang dipadatkan. Bila kadar airnya rendah maka tanah tersebut keras, kaku dan sukar dipadatkan. Pada kadar air tertentu, angka pori menjadi paling rendah yaitu tanah menjadi paling padat. Kadar air ini adalah kadar air yang paling cocok untuk pemadatan yang disebut Kadar Air optimum.

Dalam penelitian ini dilakukan percobaan pemadatan terhadap tanah lempung dicampur dengan beberapa variasi kadar semen. Metode pemadatan yang dipakai adalah metode pemadatan standar (Standard Proctor Test).

**Tabel 4. 6** Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum

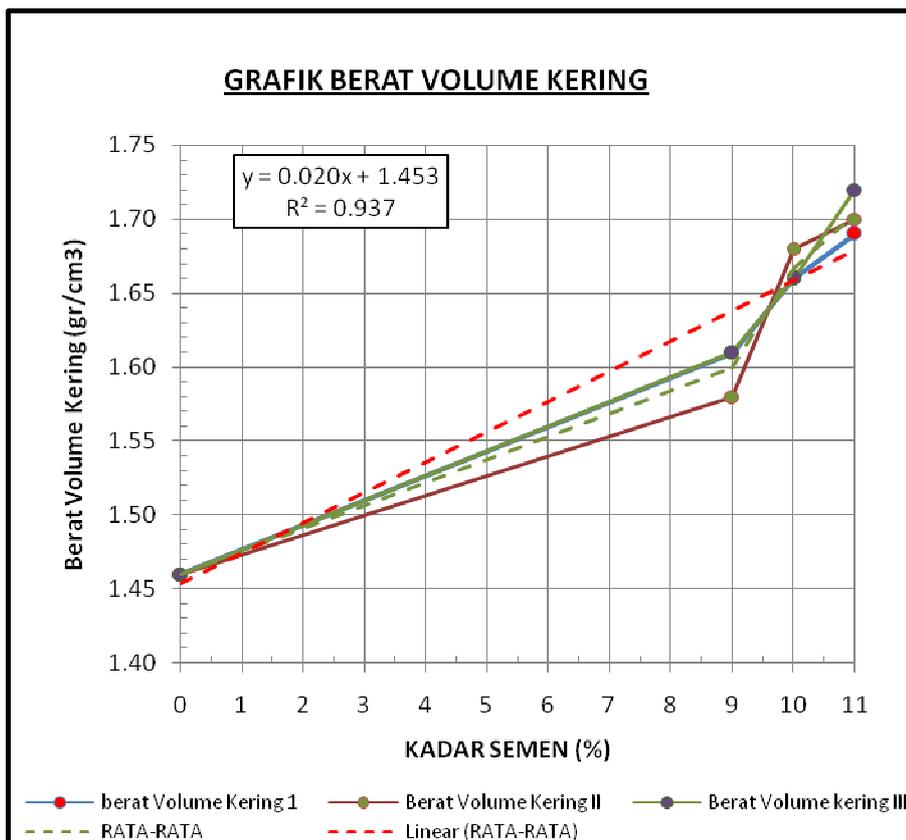
Kadar Semen	Percobaan I		Percobaan II		Percobaan III		Rata-Rata	
	W	$\gamma_d$	W	$\gamma_d$	W	$\gamma_d$	W	$\gamma_d$
0	22	1.46	21.5	1.46	22	1.46	21.83	1.460
9	18	1.61	18.0	1.58	18	1.61	18.00	1.600
10	16.4	1.66	17	1.68	16.9	1.66	16.77	1.667
11	16	1.69	16	1.7	16.4	1.72	16.13	1.703



Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Kadar Air Optimum Dengan Kadar Semen

Penurunan kadar air optimum yang terjadi pada proses pemadatan diakibatkan karena semen bereaksi dengan air sehingga mam-

pu mengikat butir-butir tanah. Butir-butir tanah yang bersatu dengan semen.



Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Berat Volume Kering Dengan Kadar Semen

Dari grafik diatas dapat dilihat meningkatnya berat volume kering disebabkan karena butir-butir tanah yang bersatu

dengan semen menyebabkan penurunan jumlah void sehingga tanah yang mampu

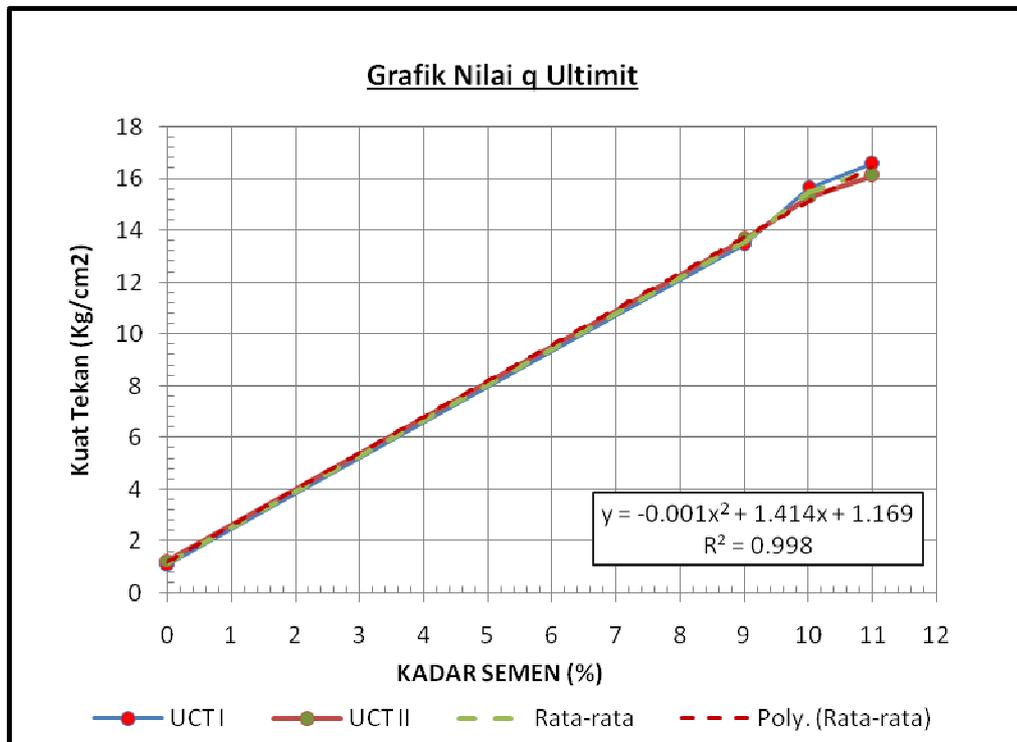
dimampatkan menjadi maksimal dan meningkatkan berat volumenya.

**Nilai UCT (Kuat Tekan Bebas)**

Penelitian kuat tekan bebas terhadap tanah yang dicampur dengan beberapa variasi kadar semen. Pada penelitian UCT ini didapatkan dengan pemadatan standar dengan kadar air mendekati optimum. Penentuan nilai UCT ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya dukung ultimit (qu) dari masing-masing variasi kadar semen.

**Tabel 4. 7** Nilai UCT (qu)

Kadar Semen (%)	Kuat Tekan (qu) (Kg/cm2)		
	I	II	Rata - Rata
Undisturb	0.531	0.550	0.540
0.0	1.104	1.242	1.173
9.0	13.463	13.658	13.561
10.0	15.638	15.279	15.458
11.0	16.569	16.126	16.348



**Gambar 4.7** Grafik nilai UCT

Persamaan hubungan antara kadar semen dengan kuat tekan dapat dilukiskan sebagai  $Y = -0,001X^2 + 1,414X + 1,169$ . Persamaan ini dapat diandalkan karena koefisien determinasinya mendekati 1 yaitu sebesar 0,998 atau sebesar 99,8%.

Peningkatan ini diakibatkan karena semen yang berikatan dengan butir-butir tanah membuat tanah menjadi lebih padat dan solid. Semen juga meningkatkan tarikan antar butir-butir tanah sehingga tanah tidak mudah runtuh, namun jika tanah su-

dah mengalami keruntuhan nilai kuat tekan akan menurun dengan sangat drastis hal ini berbeda dengan kondisi tanah tidak terganggu, karena semen membuat tanah menjadi lebih getas.

**Nilai CBR Laboratorium**

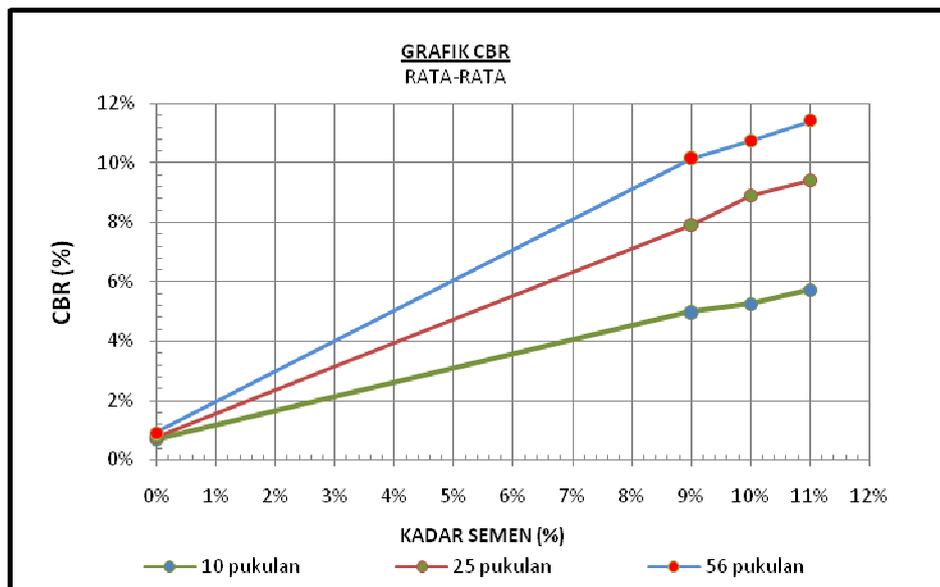
Penelitian daya dukung tanah dengan CBR dilakukan terhadap sampel tanah lempung Kerobokan yang dicampur dengan beberapa variasi kadar semen. Penelitian CBR ini dilakukan pada kadar air

optimum masing-masing campuran dan setelah perendaman selama 4 hari (96 jam). Untuk masing-masing campuran (variasi kadar semen) dilakukan tiga kali penelitian dengan menggunakan tiga buah

*mould* CBR, dengan daya pemadatan yang berbeda-beda yaitu 10, 25 dan 56 pukulan untuk tiap lapis dengan jumlah lapisan tiga.

**Tabel 4. 8** Data CBR tanah

TUMBUKAN		Kadar Semen				
		0.0%	9.0%	10.0%	11.0%	
PERCOBAAN I	10	CBR	0.70%	4.63%	5.02%	5.50%
		$\gamma_d$	1.162	1.390	1.342	1.219
	25	CBR	0.78%	7.67%	8.83%	9.17%
		$\gamma_d$	1.321	1.443	1.458	1.390
	56	CBR	0.92%	10.50%	11.00%	11.83%
		$\gamma_d$	1.487	1.503	1.588	1.578
PERCOBAAN II	10	CBR	0.70%	5.30%	5.50%	5.93%
		$\gamma_d$	1.183	1.411	1.322	1.227
	25	CBR	0.78%	8.17%	9.00%	9.67%
		$\gamma_d$	1.299	1.503	1.484	1.533
	56	CBR	0.92%	9.83%	10.50%	11.00%
		$\gamma_d$	1.467	1.551	1.627	1.627
RATA-RATA	10	CBR	0.70%	4.97%	5.26%	5.72%
		$\gamma_d$	1.172	1.401	1.332	1.223
	25	CBR	0.78%	7.92%	8.92%	9.42%
		$\gamma_d$	1.310	1.473	1.471	1.462
	56	CBR	0.92%	10.17%	10.75%	11.42%
		$\gamma_d$	1.477	1.527	1.607	1.603



**Gambar 4. 8** Grafik CBR Laboratorium

Dari Tabel diatas dapat dilihat sema-kin meningkat daya pemadatan maka nilai CBR cenderung semakin tinggi. Demikian

juga dengan penambahan kadar semen pada tanah lempung kerobokan dapat me-

meningkatkan nilai CBR laboratorium dari tanah tersebut.

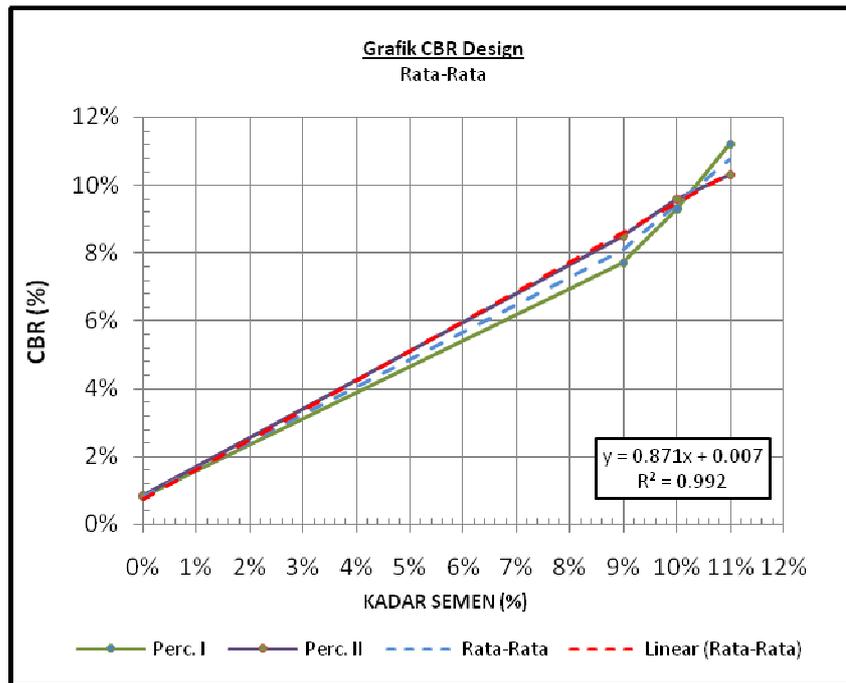
**Nilai CBR Design**

Untuk menentukan tebal pekerasan jalan digunakan nilai CBR design. CBR design merupakan nilai CBR tanah dasar (Subgrade) pada konstruksi jalan baru, dimana dapat berupa tanah asli, timbunan atau galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai 95 % kepadatan maksimum ( $\gamma_d$  maks). Dalam penelitian ini digunakan ni-

lai CBR pada 95 % kepadatan maksimum dari sampel yang diselidiki.

**Tabel 4.9** Nilai CBR Desain

Percobaan	Nilai CBR Desing (%)			
	Kadar Semen (%)			
	0%	9%	10%	11%
I	0.82%	7.70%	9.30%	11.20%
II	0.85%	8.50%	9.60%	10.30%
Rata-rata	0.84%	8.10%	9.45%	10.75%



**Gambar 4.9** Grafik CBR Design

Nilai hubungan kadar semen dengan CBR Design dapat ditentukan dengan persamaan  $Y = 0,871X + 0,007$ . Persamaan ini teruji keandalannya karena nilai determinasinya mendekati 1 yaitu 0,992 atau 99,2%

Spesifikasi dari departemen Pekerjaan Umum mensyaratkan b nilai CBR design minimum untuk subgrade adalah 6% jadi tanah dasar kerobokan tidak memenuhi syarat sebagai subgrade jalan. Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa stabilisasi dengan kadar semen 9% dapat meningkatkan CBR design hingga 8.10% sehingga telah memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI).

Dari hasil penelitian juga tampak bahwa semakin rendah nilai IP tanah maka tanah tersebut memiliki sifat mekanis yang lebih baik. Hal ini ditandai dengan semakin meningkatnya nilai  $q_u$  pada pengujian UCT dan nilai CBR yang dihasilkan.

**Tabel 4.10** Rekapitulasi hasil penelitian

Jenis Data	Variasi Kadar Semen			
	0%	9%	10%	11%
Berat Jenis	2,586	2,762	2,776	2,778
Batas Cair (%)	61.41	48.94	47.37	46.24
Batas Plastis (%)	33.63	41.23	43.40	44.68
IP (%)	27.78	7.72	3.97	1.56
Wopt (%)	21.83	18	16.77	16.13
Wopt untuk $\gamma_d$ 95% max (%)	29.5	13 - 22.5	10 - 22	11,5 - 19,5

$\gamma_d$ max (gr/cm <sup>3</sup> )	1.460	1.6	1.667	1.703
qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.540	13.561	15.458	16.348
CBR Design (%)	0.84	8.10	9.45	10.75

## KESIMPULAN

Setelah melalui beberapa tahap pengujian laboratorium dan analisa data maka dapat disimpulkan:

- Tanah yang terdapat di daerah Br. Semer Kerobokan ini memiliki karakteristik fisik butiran yang halus dan liat, dan masuk ke dalam golongan tanah lempung (CH) atau Clay High Liquid Limit.
- Dengan adanya perbaikan stabilitas tanah menggunakan semen, maka kon-disi karakteristik fisiknya (Berat Jenis, Batas Atterberg) mengalami per-geseran ke arah yang lebih baik sei-ring dengan kuantitas kadar semen yang ditambahkan.
- Untuk mendapatkan nilai CBR minimal 6% maka cukup ditambahkan semen sebanyak 9% dari berat tanah kering. Dimana pada kadar semen ini mampu menghasilkan nilai CBR sebesar 8.10%, atau berdasarkan persamaan regresi yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai CBR tepat 6% cukup menambahkan semen sebanyak 6.09% dari berat tanah kering.

## Saran

- Kondisi tanah di sepanjang jalur Banjar Semer, Kerobokan, tergolong tanah lempung yang memiliki kemampuan menumpu beban kendaraan yang tidak begitu besar. Oleh sebab itu diperlukan adanya solusi perbaikan struktur jalan/ rekonstruksi pada titik-titik yang mengalami penurunan.
- Untuk mendapatkan variasi penelitian yang lebih banyak, maka sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai prosentase penambahan aspal, penambahan bahan stabilisasi yang lainnya, serta dilakukan variasi pemeraman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budiana I Ketut, 1999, *Mengetahui Sifat-Sifat Mekanis Pada Variasi Kadar Semen Dalam Proses Stabilisasi Tanah Lempung Kerobokan*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Hary Christady Hardyatmo, Ir., M. Eng., D.E.A., 1992, *Mekanika Tanah I*, Pt. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ika Wahyuni Putu, 1996, *Pengaruh Komposisi Kadar Air Terhadap Penurunan Tanah Kohesif Yang Distabilisasi Dengan Semen*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.
- Indrasurya B. Mochtar dan Sudjarnoko S., 1993, *Jalan Raya II*, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Silvia Sukirman, 1993, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Edisi 1993, Nova, Bandung.
- Wirayasa I Ketut, 1993, *Alternatif Stabilisasi Dengan Semen Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Kerobokan Sebagai Subgrade Badan Jalan*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar.