

KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG EKSPANSIF YANG DITAMBAHKAN SEMEN DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI SUBGRADE JALAN (Studi Kasus: Jalan Raya Munggu, Ruas Cunggu-Tanah Lot)

I Nyoman Aribudiman¹, Tjok. Gde Suwarsa Putra², I Wayan Ariyana Basoka²,

¹Dosen Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

²Alumni Teknik Sipil, Universitas Udayana, Denpasar

e-mail: naribudiman@yahoo.com

ABSTRAK: Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang banyak menimbulkan masalah dalam konstruksi sipil, karena memiliki daya dukung rendah, plastisitas tinggi, dan kembang susut yang tinggi pada saat tanah tersebut mengandung air. Pada konstruksi jalan tanah berfungsi sebagai *subgrade*. Oleh karena itu, kelemahan-kelemahan tanah tersebut haruslah dikurangi dengan cara menstabilisasinya. Pada penelitian ini diambil sampel di daerah Munggu Bali, tanah dicampur dengan menggunakan campuran semen dan abu sekam padi dengan perbandingan 3:2 (tiga semen dan dua abu sekam padi) yang ditambahkan sebesar 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, dan 20% terhadap berat kering tanah lempung ekspansif. Dari penelitian ini diharapkan memberikan gambaran karakteristik tanah lempung ekspansif Munggu serta mengetahui alternatif untuk memperbaiki tanah ekspansif tersebut demi keamanan konstruksi jalan. Dari hasil penelitian diperoleh nilai aktivitas tanah di daerah Munggu sebesar 1,2943 dengan indeks plastis 50,64%, potensi pengembangan termasuk ke dalam *high swelling potential*, jenis tanah di daerah Munggu berdasarkan ukuran butir termasuk ke dalam tanah lempung berlanau. Nilai aktivitas dan indeks plastisitas berangsur-angsur menurun seiring bertambahnya campuran semen dan abu sekam padi. Berat kering tanah yang distabilisasi mengalami penurunan, untuk kadar air optimumnya mengalami peningkatan. Nilai CBR design diperoleh 1,13% dan meningkat hingga 42,20%, nilai swelling menurun dari 28,70% hingga 0,04% pada penambahan 20% campuran. Nilai kuat tekan bebas dan kohesi tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya campuran semen dan abu sekam padi, Untuk waktu konsolidasi tanah mengalami peningkatan menerus hingga penambahan 20% campuran semen dan abu sekam padi.

Kata kunci: lempung ekspansif, CBR, semen, abu sekam padi, *subgrade*

THE CHARACTERISTICS OF MIXED EXPANSIVE CLAY SOIL WITH CEMENT AND RICE HUSK ASH FOR THE MATERIALS OF ROAD SUBGRADE

(Case Study: Munggu highway, segment Cunggu-Tanah Lot)

ABSTRACT: An expansive clay soil causes a lot of problems in civil construction, because it has a low carrying capacity, high plasticity, high shrinkage and swelling when the soil contains water. In road construction soil serves as a *subgrade*. Therefore, the weaknesses of the land must be reduced by stabilize that soil. In this experiment take samples in Munggu Bali, the soil was mixed with a mixture of cement and rice husk ash with a ratio of 3: 2 (three cement and two rice husk ash) were added at 0%, 4%, 8%, 12%, 16%, and 20% of the dry weight expansive clay soils. From this experiment are expected to provide an overview the characteristics of expansive clay soil and knowing about alternative method to improve the expansive soil for the safety of road construction. From the research, activities of the soil value in the Munggu area is 1,2943 with plastic index 50.64%, swelling potential including into a high swelling potential, soil type in the Munggu area based on grain size belonging to the silty clay. Activity and plasticity index values gradually decrease as higher the a mixture of cement and rice husk ash added to soil. Dry weight of stabilized soil decreased, and for optimum water content increased. CBR design value obtained 1.13% and increased to 42.20%, the swelling value decreased from 28.70% to 0.04% in increments of 20% mixture. The unconfined compression strength and cohesion has increased with increasing cement and rice husk ash, For a soil consolidation has increased continuously up to 20% addition of cement and rice husk ash.

Keyword: expansive clay, CBR, cement, rice husk ash, *subgrade*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan konstruksi bangunan sipil, yang berpengaruh terhadap perencanaan konstruksi sipil. Tanah dalam konstruksi jalan berfungsi sebagai lapisan dasar (*subgrade*) yang menopang beban konstruksi dan lalu lintas di atasnya, tanah yang sering mengalami masalah dalam pembangunan konstruksi sipil adalah tanah lempung (tanah lempung ekspansif), dimana tanah lempung memiliki plastisitas yang tinggi, daya dukung yang rendah, dan nilai kembang susut yang tinggi. Oleh sebab itu dilakukan perbaikan tanah untuk mengurangi sifat yang kurang menguntungkan tersebut. Dalam penelitian ini digunakan campuran semen dan abu sekam padi dengan perbandingan 3:2 (tiga semen dua abu sekam padi) yang ditambahkan sebesar 0%, 4%, 8%, 16%, 20% terhadap berat kering tanah. Abu sekam padi yang bersifat pozzolanik diharapkan mampu mengikat partikel-partikel tanah begitu pula semen yang bersifat mengikat.

Dalam penelitian ini berbeda dengan penelitian yang sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh Adha (2011) yang mencampurkan semen dan abu sekam padi 2:1, disini dilakukan perubahan prosentase campuran, perubahan pengambilan lokasi sampel, dan dilakukan pula pengujian kuat tekan bebas dan konsolidasi.

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Munggu, Kec. Mengwi, Kab. Badung, Bali mengingat tanah di daerah tersebut termasuk kedalam tanah lempung ekspansif, yang diperkuat dengan adanya penelitian sebelumnya yang berdekatan dengan daerah tersebut oleh Trisnayani (2008) yang menggolongkan tanah di daerah Pererenan, Kec Mengwi, Kab. Badung, Bali termasuk kedalam *high plasticity*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik tanah lempung

di daerah Munggu, mengetahui pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap sifat-sifat tanah lempung di daerah Munggu, mengetahui daya dukung, daya pengembangan, dan konsolidasi tanah tersebut.

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang karakteristik tanah lempung ekspansif di sekitar Jalan Raya Munggu ruas jalan Cunggu-Tanah Lot, menyangkut tentang kembang susut dan sifat fisiknya, serta mengetahui alternatif untuk memperbaiki tanah ekspansif tersebut demi keamanan konstruksi jalan.

MATERI DAN METODE

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das, 1988). Dalam Sukirman (1995) dijelaskan bahwa lapisan tanah setebal 50-100 cm di atas mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Tanah ekspansif (*expansive soil*) adalah tanah lempung yang lunak dan mudah tertekan sehingga sering menjadi masalah dalam pelaksanaan konstruksi. Selain itu, tanah ini mempunyai sifat-sifat yang kurang baik, seperti plastisitas yang tinggi sehingga sulit dipadatkan, dan

permeabilitas rendah sehingga air susah keluar dari tanah. Sifat-sifat tersebut menyebabkan tanah ekspansif memiliki kembang susut yang besar. Berdasarkan aktivitasnya tanah lempung ekspansif termasuk ke dalam golongan tanah aktif.

Tabel 1 Aktivitas tanah

$A_k < 0,75$	Tidak aktif
$0,75 A_k < 1,25$	Normal
$A_k > 1,25$	Aktif

(Sumber: Das 1988)

Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini pengambilan sampel tanah dilakukan di Jalan Raya Munggu ruas jalan Cangu-Tanah Lot, Bali. Lokasi ini dipilih karena memiliki jenis tanah lempung, sehingga mempunyai potensi kembang susut yang tinggi yang dapat menyebabkan kerusakan bahkan keruntuhan konstruksi jalan.

Metode Pengambilan Sampel

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah metode acak (*random*) mengingat daerah Munggu yang cukup luas. Diambil sampel terganggu (*disturbed*) dan tidak terganggu (*undisturbed*) untuk selanjutnya diteliti di laboratorium.

Penelitian Laboratorium

Dilakukan beberapa penelitian di laboratorium, diantaranya:

- Kadar air

$$w = (w_w/w_s) \times 100\% \quad (1)$$
 dimana: w = kadar air, w_w = berat air, w_s = berat tanah kering
- Gradasi Ukuran Butir
 Dilakukan pengujian ayakan dan hidrometer
- Berat Jenis (G_s)

$$G_s = (w_2 - w_1)/(w_4 - w_1) - (w_3 - w_2) \quad (2)$$
 dimana: w_1 =berat pikno, w_2 =berat pikno+tanah, w_3 =berat pikno+tanah+air, w_4 =berat pikno+air
- Batas Cair (LL)

$$LL = w_c (N/25)^{0,121} \quad (3)$$

dimana: w_c =kadar air, N =jumlah pukulan

- Batas Plastis (PL)
- Batas Susut (SL)

$$SL = w - ((v_1 - v_2)/W) \quad (4)$$

dimana: w =kadar air tanah basah, v_1 =volume tanah basah, v_2 =volume tanah kering, W =berat tanah kering

- Indeks Plastis (IP)

$$IP = LL - PP \quad (5)$$

- Aktivitas (A_k)

$$A_k = IP / (\% \text{ berat fraksi berukuran lempung}) \quad (6)$$

- Potensi Pengembangan (S')

$$S' = 3,6 \times 10^{-5} \cdot A_k^{2,44} \cdot CF^{3,44} \quad (7)$$

dimana: CF =persen fraksi lempung dalam tanah

- Pemadatan

$$\gamma_b = W/v \quad (8)$$

dimana: γ_b =berat volume tanah basah, W =berat tanah yang dipadatkan, v =volume cetakan

$$\gamma_d = \gamma_b / (1 + w) \quad (9)$$

dimana: γ_d =berat volume tanah kering, w =kadar air

$$\gamma_{zav} = \gamma_w / (w + (1/G_s)) \quad (10)$$

dimana: γ_{zav} =berat volume pada kondisi ZAV, γ_w =berat volume air, w =kadar air, G_s =berat jenis

- Kuat Tekan Bebas (UCT)

$$\sigma = q_u = P/A \quad (11)$$

dimana: σ =tekanan aksial, q_u =kuat tekan bebas, P =gaya, A =luas rata-rata benda uji

$$\phi = (\alpha - 45^\circ) \times 2 \quad (12)$$

dimana: ϕ =sudut geser tanah, α =sudut runtuh tanah

$$c_u = q_u / 2 \quad (13)$$

dimana: c_u =kohesi, q_u =kuat tekan bebas

- CBR
- Konsolidasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Diperoleh kadar air di daerah Munggu, dengan dengan *undisturbed sample*.

Tabel 2 Hasil penelitian kadar air

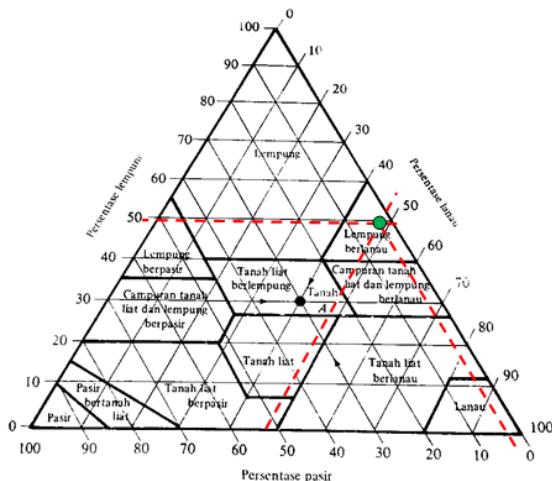
Sampe 1	Kadar Air (%)
Titik 1	40,87%
Titik 2	41,98%
Titik 3	40,99%
Rata- Rata	41,28 %

(sumber: hasil penelitian)

Gradasi Butiran

Dilakukan pengujian gradasi butiran dengan ayakan untuk ukuran butir >0,075 mm, dan dengan hidrometer untuk ukuran butir <0,075mm.

- Lempung (*Clay*)= 49,12% (berat diameter <0,002 mm)
- Lanau (*Silt*) = 47,86% (berat diameter 0,002-0,075mm)
- Pasir (*Sand*) = 3,02% (berat diameter >0,075)



Gambar 1 Klasifikasi ukuran butir

Berdasarkan klasifikasi ukuran butir, tanah di daerah Munggu termasuk tanah lempung berlanau.

Berat Jenis (Gs)

Berat jenis (Gs) adalah perbandingan antar berat butir tanah dengan berat air suling dengan volume sama pada suhu tertentu. Setelah dilakukan pengujian berat jenis dengan *disturbed sample*, diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil penelitian berat jenis (Gs)

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
Berat Jenis	2,606	2,587	2,556	2,528	2,508	2,473

(sumber: hasil penelitian)

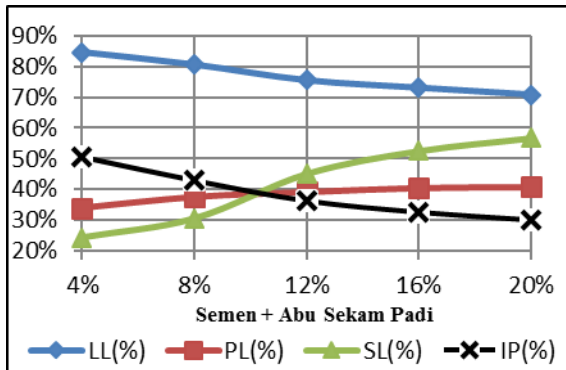
Terjadi penurunan berat jenis yang disebabkan karena berat jenis abu sekam yang rendah sehingga mempengaruhi keseluruhan campuran.

Batas-batas Atterberg

Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas susut (*SL*). Kadar air dimana transisi dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*PL*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*LL*). Selisih antar batas cair dan plastis disebut dengan indeks plastis (*IP*). Batas-batas ini dikenal sebagai batas-batas Atterberg. Dari hasil penelitian diperoleh batas-batas Atterberg pada Tabel 4 dan Gambar 2.

Tabel 4 Hasil penelitian batas-batas Atterberg

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
LL (%)	84,4	80,5	75,4	73,1	70,8	69,5
PL (%)	33,8	37,5	39,1	40,5	40,8	41,2
SL (%)	24,3	30,6	45,0	52,4	56,6	60,3
IP (%)	50,6	42,9	36,3	32,5	30,0	28,3



Gambar 2 Pengaruh penambahan semen dan abu sekam padi terhadap batas-batas Atterberg

Penurunan nilai indeks plastisitas disebabkan pori-pori pada tanah telah diisi oleh abu sekam padi, yang menyebabkan sensitivitas tanah terhadap air menjadi berkurang, selain itu semen berperan dalam proses pengerasan tanah tersebut (mengikat partikel-partikel lempung) sehingga memperkecil potensi kembang susut tanah akibat air. Penurunan indeks plastisitas yang terjadi hingga 28,33% masih tergolong ke dalam tanah plastisitas tinggi, ini disebabkan karena semen lebih cocok untuk tekstur tanah kepasiran, sedangkan untuk tanah lempung lebih cocok menggunakan kapur.

Aktivitas Tanah dan Potensi Pengembangan

Aktivitas tanah merupakan hubungan antara indeks plastis dan persentase butiran lebih kecil dari 2μ (0,002 mm), besarnya aktivitas tanah berbanding lurus

dengan keekspansifan tanah itu sendiri. Nilai aktivitas tanah dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Nilai aktivitas (Ak) dan potensi pengembangan (S')

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
Ak	1,2943	1,0983	0,9284	0,8328	0,7682	0,7242
S'	44,43%	29,76%	19,75%	15,15%	12,44%	10,77%

Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa tanah lempung di daerah Munggu termasuk tanah yang aktif karena nilai aktivitasnya 1,2943 > 1,25. Terjadi penurunan nilai aktivitas menjadi golongan tanah tidak aktif 0,7242 < 0,75. Ini disebabkan karena ikatan semen terhadap tanah dan pengisian pori oleh abu sekam padi yang mengakibatkan sensitivitas tanah menjadi berkurang terhadap air. Potensi pengembangan tanah menurun seiring menurunnya keaktifan tanah, sehingga potensi kembang susut tanah berkurang.

Pemadatan

Pemadatan merupakan suatu usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel atau suatu proses ketika udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan cara mekanis. Hasil penelitian pemadatan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil penelitian pemadatan

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
W _{opt}	35,54%	38,11%	41,58%	43,08%	45,15%	47,56%
γ _{d maks (gr/cm³)}	1,1816	1,1536	1,0782	1,0509	1,0166	1,0010

Adanya abu sekam padi, memberikan pengaruh yang lebih kuat terhadap perubahan kadar air optimum tersebut yang menyebabkan terjadinya peningkatan kadar air optimum. Semakin banyak abu sekam padi yang

ditambahkan pada tanah lempung akan membuat tanah lempung menjadi lebih banyak menyerap air untuk mencapai kepadatan maksimumnya karena abu sekam padi sangat sensitif terhadap air. Penurunan kepadatan maksimum ini

disebabkan berat volume kering abu sekam padi yang sangat kecil dibandingkan semen dan tanah lempung itu sendiri, selain itu peningkatan kadar air, juga mempengaruhi penurunan kepadatan optimum tanah tersebut.

Kuat Tekan Bebas

Di dalam penelitian ini digunakan *undisturbed sample* dan *disturbed sample (remolded)*.

Tabel 7 Hasil penelitian kuat tekan bebas

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi						Undsturbed
	0%	4%	8%	12%	16%	20%	
q_u (kg/cm ²)	2,1264	2,1807	2,2079	2,2555	2,2962	2,3370	2,1555
ϕ (°)	12	14	16	22	22	24	12
c_u (kg/cm ²)	1,0632	1,0904	1,1040	1,1277	1,1481	1,1685	1,0778

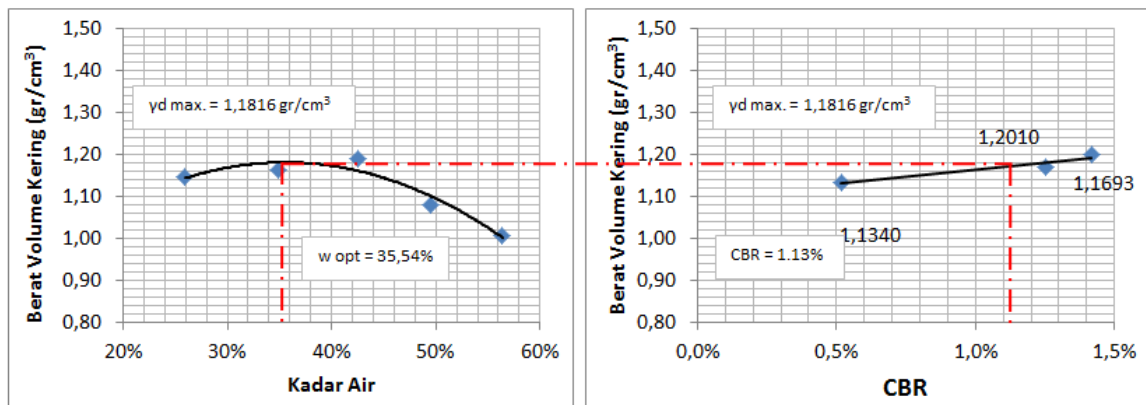
(sumber: hasil penelitian)

Peningkatan kuat tekan bebas ini disebabkan karena adanya sifat sementasi yang diberikan oleh semen kepada butiran-butiran tanah sehingga partikel-partikel tanah akan berikatan kuat antara satu sama lain sehingga meningkatkan kekuatan tanah tersebut, selain itu sifat abu sekam padi yang pozzolan juga membantu semen dalam proses sementasi. Proses sementasi tersebut juga membantu lekatan antara partikel tanah yang mana meningkatkan nilai kohesi tanah tersebut. Peningkatan sudut geser disebabkan karena terjadi ikatan-ikatan antara partikel tanah dan rongga-rongga

kosong pada tanah diisi oleh abu sekam padi yang menyebabkan partikel tanah saling mengunci karena rongga kosong telah berkurang oleh adanya abu sekam padi.

CBR dan Swelling

Dalam pengujian CBR ini dilakukan pengujian CBR rendaman, dengan perendaman sampel pada air selama 4 hari, pengujian ini diasumsikan bahwa tanah mengalami kondisi terburuk dimana tanah sepenuhnya terendam oleh air. Dari pengujian CBR rendaman juga diperoleh nilai *swelling*.



Gambar 3 Hubungan antara nilai pemadatan dengan CBR laboratorium untuk memperoleh CBR desain pada campuran tanah lempung ekspansif + 0% semen dan abu sekam padi

Tabel 8 Hasil penelitian CBR dan swelling

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
CBR	1,13%	9,00%	14,50%	20,00%	30,00%	42,20%
Swelling	28,70%	13,30%	4,20%	1,88%	0,63%	0,04%

(sumber: hasil penelitian)

Peningkatan nilai CBR ini sangat dipengaruhi oleh sifat semen yang memberikan daya dukung yang kuat terhadap tanah karena mampu mengikat partikel-partikel tanah lempung tersebut, selain itu penambahan abu sekam disini juga ikut membantu proses sementasi tanah, karena sifat abu sekam padi yang pozzolanik dimana mengandung ion-ion negatif akan berikatan dengan senyawa Ca^{2+} pada tanah sehingga akan memperkeras dan akhirnya dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut. Nilai swelling tanah lempung mengalami penurunan yang disebabkan oleh peranan besar semen dalam proses sementasi yang mengikat partikel-partikel tanah sehingga pengembangan tanah mengalami penurunan karena kemampuan tanah untuk menyerap air ditahan oleh ikatan semen dan tanah.

Konsolidasi

Konsolidasi adalah suatu proses pengecilan volume secara perlahan-lahan pada tanah jenuh sempurna dengan permeabilitas rendah akibat pengaliran sebagian air pori. Proses tersebut berlangsung terus sampai kelebihan tekanan air pori yang disebabkan oleh kenaikan tegangan total telah benar-benar hilang.

Koefisien Konsolidasi (Cv)

Koefisien konsolidasi vertikal (Cv) menentukan kecepatan pengaliran air pada arah vertikal dalam tanah. Pada umumnya konsolidasi berlangsung satu arah saja yaitu arah vertikal, maka koefisien konsolidasi vertikal sangatlah berpengaruh terhadap kecepatan konsolidasi yang akan terjadi. Nilai Cv untuk *undisturbed sample* diperoleh sebesar 0,002485 cm^2/dt , untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Hasil penelitian koefisien konsolidasi (Cv)

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
Cv (cm^2/dt)	0,002408	0,002358	0,002327	0,002320	0,002288	0,002263

(sumber: hasil penelitian)

Waktu Konsolidasi (t)

Waktu konsolidasi akibat pengaliran vertikal adalah waktu yang diperlukan oleh tanah untuk proses konsolidasi yang diperlukan. Waktu konsolidasi didapat dengan menggunakan nilai Cv dari metode akar waktu dengan tebal lempung di lapangan adalah 5 meter dan lapisan tanah tersebut adalah lapisan tanah lempung dan tanah padas. Waktu konsolidasi untuk tanah lempung tidak terganggu (*undisturbed*) diperoleh

sebesar 2,706 tahun, untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil penelitian waktu konsolidasi

	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
t (tahun)	2,79	2,85	2,88	2,89	2,93	2,97
	2	1	9	8	8	0

Peningkatan waktu ini menggambarkan bahwa semakin besar waktu yang

dibutuhkan tanah lempung tersebut untuk mencapai konsolidasi dengan penambahan semen dan abu sekam padi, yang juga diakibatkan berkurangnya aliran air ke arah vertikal pada tanah itu sendiri

Koefisien Permeabilitas (k)

Koefisien permeabilitas (k) didapat dengan terlebih dahulu mencari nilai (sumber: hasil penelitian)

Tabel 11 Hasil penelitian koefisien permeabilitas (k)

k (cm/dt)	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	1,11×10 ⁻⁴	1,10×10 ⁻⁴	1,04×10 ⁻⁴	9,68×10 ⁻⁵	8,52×10 ⁻⁵	4,71×10 ⁻⁵

(sumber: hasil penelitian)

koefisien konsolidasi (Cv), koefisien kompresibilitas volume (mv) dan berat volume air (γ_w). Koefisien permeabilitas (k) yang didapat pada tanah lempung tidak terganggu (*undisturbed*) sebesar 1,04 x 10⁻⁴ cm/dt, untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 11.

Angka Pori (e)

Untuk nilai angka pori tanah lempung tidak terganggu diperoleh sebesar 1,1537, untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 12

Tabel 12 Hasil penelitian angka pori (e)

e	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	0,8286	0,9273	1,0493	1,1370	1,2423	1,3568

(sumber: hasil penelitian)

e log P dari pengujian konsolidasi. Nilai indeks pemampatan (Cc) pada tanah lempung tidak terganggu (*undisturbed*) diperoleh sebesar 1,0834, Untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 14.

Tabel 14 Hasil penelitian indeks pemampatan (Cc)

Cc	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	0,7753	0,6398	0,5330	0,3849	0,2335	0,1694

(sumber: hasil penelitian)

Tekanan Prakonsolidasi (P'c)

Tekanan prakonsolidasi (P'c) merupakan suatu tekanan tanah yang pernah bekerja pada tanah lempung di masa lalu. Untuk nilai tekanan prakonsolidasi (P'c) tanah tidak terganggu diperoleh sebesar 2,50 kgf/cm². Untuk selanjutnya ditampilkan pada Tabel 13.

Tabel 13 Hasil penelitian tekanan prakonsolidasi (P'c)

P'c (kgf/cm ²)	Persentase Penambahan Semen dan Abu Sekam Padi					
	0%	4%	8%	12%	16%	20%
	2,45	2,30	2,25	2,00	1,90	1,65

(sumber: hasil penelitian)

Indeks Pemampatan (Cc)

Indeks pemampatan merupakan kemiringan pada bagian linier dari kurva

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil penelitian diperoleh nilai aktivitas tanah di daerah Munggu sebesar 1,2943 dengan indeks plastis 50,64%, potensi pengembangan termasuk ke dalam *high swelling potential*, jenis tanah di daerah Munggu berdasarkan ukuran butir termasuk ke dalam tanah lempung berlanau. Nilai aktivitas dan indeks plastisitas berangsur-angsur menurun seiring bertambahnya campuran semen dan abu sekam padi. Berat kering tanah yang distabilisasi mengalami penurunan, untuk kadar air optimumnya mengalami peningkatan hingga penambahan

campuran maksimum. Nilai CBR design tanah lempung Munggu diperoleh 1,13% dan meningkat hingga 42,20%, nilai swelling tanah menurun dari 28,70% hingga 0,04% pada penambahan 20% campuran semen dan abu sekam padi. Nilai kuat tekan bebas dan kohesi tanah mengalami peningkatan seiring bertambahnya campuran semen dan abu sekam padi, Untuk waktu konsolidasi tanah mengalami peningkatan menerus hingga penambahan 20% campuran semen dan abu sekam padi.

Saran

Nilai indeks plastisitas dan potensi pengembangan yang masih tinggi disebabkan karena semen kurang cocok dengan perbaikan tanah lempung, sebaiknya digunakan bahan lain seperti kapur dalam perbaikan tanah lempung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu sehingga dapat menyelesaikan Jurnal Ilmiah ini tepat pada waktunya. Semoga Jurnal Ilmiah ini dapat berguna sebagaimana mestinya serta dapat berguna bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

Adha, Idharmahadi. 2011. Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metode Stabilitas Tanah Semen. *Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1*, April 2011.

Anonim. 1990. *Panduan Praktikum Mekanika Tanah*. Laboratorium Mekanika Tanah Bagian Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

Bowles, J.E, 1997. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Craig, R. F, 1986. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.

Das, B.M, Endah, N dan Indrasurya, 1988, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I*. Jakarta : Erlangga.

Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: Gramedia.

Indrawati, Sri, 2013. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Pasir Terhadap Daya Dukung Tanah Ekspansif*. (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2013).

Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi.

Redana, I W. 2011. *Mekanika Tanah*. Denpasar: Udayana University Press.

Suardi, Enita. 2005. Kajian Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung yang Distabilisasi Dengan Aditive Semen dan Kapur. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa Volume1, Nomor 1*, Oktober 2005.

Sukirman, Silvia. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.

Trisnayani.2008. *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi dan Kapur Terhadap Potensi Kembang susut Tanah Ekspansif*. (Tugas Akhir yang tidak dipublikasikan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2008).

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah Cetakan IV*. Jakarta: Badan Penerbit Percetakan Umum.