

PENGARUH PENAMBAHAN PASIR DAN PROSES PEMERAMAN TERHADAP STABILITAS TANAH EKSPANSIF

Putu Anom Antara¹, I Nyoman Aribudiman², I Gusti Ngurah Wardana²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana

²Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana

e-mail: antara_anom@yahoo.com

Abstrak : Tanah ekspansif merupakan tanah yang kurang baik digunakan sebagai dasar suatu bangunan. Karena tanah ekspansif merupakan tanah yang sangat berpotensi mengalami pengembangan dan penyusutan yang sangat besar. Sifat kembang susut yang besar dari lapisan tanah dasar ini dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi yang berada di atasnya. Mengingat sifat tanah lempung ekspansif yang kurang mendukung tersebut, perlu dilakukan perbaikan tanah. Salah satu stabilisasi dalam usaha perbaikan tanah adalah mencampur tanah lempung dengan pasir yang ditambah dengan proses pemeraman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu tanah dan mengetahui bagaimana pengaruh penambahan pasir dan proses pemeraman terhadap stabilitas tanah lempung. Penambahan pasir ke dalam tanah lempung, menggunakan variasi campuran dengan persentase: 0%, 10%, 20%, 30% dan proses pemeraman yang dilakukan selama: 0 hari, 2 hari, 4 hari. Data yang diperoleh dari hasil penelitian meliputi nilai w , G_s , analisis ukuran butiran, LL, PL, SL, IP, W_{opt} , q_u , *swelling*, CBR dan A_k . Setelah dilakukan penelitian dan hasil penelitian diperoleh nilai IP rata-rata = 28,830% dan A_k rata-rata = 0,870 yang menunjukkan tanah lempung di daerah padangsambian kaja pada kedalaman 1 m termasuk *High Plasticity* dan *High Swelling Potential*. Tanah pada kedalaman 1 m masih merupakan zona aktif ekspansif, di mana karakteristik tanahnya menunjukkan tanah lempung tersebut termasuk *High Swelling Potential*. Nilai Indeks Plastisitas (IP) menurun, dengan nilai IP terendah sebesar 27,456% pada kadar penamabahan 30% pasir; nilai pengembangan, baik *free swell* maupun *swelling* mengalami penurunan, dengan nilai *free swell* terendah 1,957% dan nilai *swelling* terendah 0,588 pada kadar penambahan 30% pasir dan 4 hari pemeraman; nilai kuat tekan bebas tanah meningkat seiring penambahan pasir dan selama pemeraman. Penambahan pasir dan proses pemeraman memberi pengaruh yang signifikan terhadap kembang susut dan peningkatan kekuatan tanah.

Kata kunci: Tanah ekspansif, pasir dan pemeraman, kembang susut

THE EFFECT OF ADDITIONAL SAND AND CURING PROCESS TOWARD EXPANSIVE SOIL STABILITY

Abstract: Expansive soil is unsuitable for a building's foundation. This is because expansive soil experiencing such a high capacity (shrink-swell soil). A high shrink and swell of the subgrade may cause damage to the construction above it. Given the less supportive of expansive clay soils, it needs to be improved. A stabilization method in soil improvement is to combine between clay and sand added to the curing process. This study aimed to investigate the soil characteristics and to analyze the influence of additional sand curing process on clay stability. The addition of sand to the clay, using a mixture with percentage of 0%, 10%, 20%, 30% and the curing process of 0, 2, and 4 days. The data obtained include the value of w , G_s , grain size, LL, PL, SL, IP, W_{opt} , q_u , *swelling*, CBR and A_k . The study shows IP mean value is of 28.830% and the average of A_k is of 0.870 indicating that clay soil in Padangsambian Kaja area at 1 m depth is in High Plasticity and High Swelling Potential. Soil at 1 m of depth is still an expansive active zone,

where the clay includes High Swelling Potential. If Plasticity Index values (IP) declined, the lowest IP value is of 27.456% at a level of 30% additional sand; swelling value, both free swell and swelling have decreased, with the lowest value of free swell and swelling are of 1.957% and 0.588 respectively with the addition of 30% sand and 4 days of curing; the compressive strength increases with additional sand during curing process. The addition of sand and curing process gives a significant effect on shrink and swell and the increase of soil strength.

Keywords: Expansive Soil, Sand and Curing, Shrink and Swell

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah merupakan material yang berperan penting dalam suatu pekerjaan konstruksi bangunan Sipil. Kebanyakan konstruksi bangunan sipil di bangun 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 pondasi pendukung suatu konstruksi bangunan.

Tanah ekspansif merupakan tanah yang kurang baik digunakan sebagai dasar suatu bangunan. Karena tanah ekspansif merupakan tanah yang sangat berpotensi mengalami pengembangan dan penyusutan yang sangat besar..Tanah ekspansif yang akan dipakai sebagai tanah dasar bangunan sipil harus diadakan metode perbaikan tanah. Tindakan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah mencampur tanah dengan pasir ditambah dengan proses pemeraman.

Hipotesa awal yang dapat disimpulkan dari uraian diatas. Pasir akan mempengaruhi kembang susut dari tanah ekspansif, menurunkan 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. Sedangkan proses pemeraman akan mempengaruhi kadar air yang terkandung dalam tanah yang berpengaruh pada karakteristik tanah.

Sampel tanah ekspansif akan diambil di daerah sekitar Desa Padangsambian kaja.

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah sebelum dan sesudah penambahan pasir, Bagaimana pengaruh penambahan presentase pasir terhadap karakteristik tanah, Bagaimanakah karakteristik tanah jika dilakukan pemeraman selama 0 hari, 2 hari dan 4 hari.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah ekspansif sebelum dan sesudah penambahan pasir, untuk mengetahui pengaruh penambahan persentase pasir terhadap karakteristik tanah, untuk mengetahui karakteristik tanah jika dilakukan pemeraman selama 0 hari, 2 hari dan 4 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Tanah

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

Tanah Ekspansif

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.

Mineralogi Tanah Ekspansif

Mineralogi tanah dapat dibagi berdasarkan struktur mineralnya. Untuk tanah lempung ada tiga kelompok struktur mineral tanah yaitu:

- Kelompok Kaolinite yang umumnya tidak mempunyai sifat ekspansif.
- Kelompok mica-Ilite, termasuk Ilite dan Fermeclite yang bersifat ekspansif.
- Kelompok Smectite termasuk Montmorillonite yang sangat bersifat ekspansif. Secara umum lempung montmorilonite inilah yang disebut tanah ekspansif.

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 ($\phi < 0,002 \text{ mm}$). 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 :

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

- w = kadar air
- W_w = berat air
- W_s = berat tanah kering

Berat Jenis Tanah (Specific of gravity)

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_w \cdot \gamma_w} \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

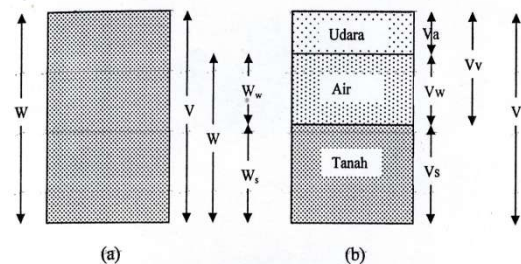
- G_s = berat jenis tanah (*specific gravity*)
- γ_s = berat volume butiran
- γ_w = berat volume air
- V_w = volume air

Angka Pori (Void Ratio)

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

- e = angka pori
- V_v = volume pori
- V_s = volume butir padat



Gambar 2.1 (a) Elemen Tanah keadaan asli, (b) Tiga fase elemen.

Porositas (Porosity)

$$Y_p = \frac{V_v}{V} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

atau;

$$N_p = \frac{e}{1 + e} \dots \dots \dots (2.5)$$

dengan:

- n_p = porositas

V = volume massa tanah
e = angka pori

Derajat Kejenuhan (Degree of Saturation)

Derajat kejenuhan (S) dari massa tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara volume air dengan volume pori. Umumnya derajat kejenuhan ini dinyatakan dalam persen. Derajat kejenuhan berkisar antara 0 sampai 1.

Bila S = 0 berarti tanah kering, bila S = 1 berarti tanah kenyang air dan bila 0 < S < 1 berarti tanah basah.

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

S = derajat kejenuhan
V_w = volume air

Berat Volume (Unit-Weight)

Berat volume tanah basah (*wet density*)

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

Berat volume tanah kering (*dry density*)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots (2.8)$$

Berat volume tanah jenuh air

$$\gamma_{sat} = \frac{W_w + W_s}{V} \dots\dots\dots (2.9)$$

Berat volume tanah terendam air

$$\gamma' = \gamma_{sat} + \gamma_w \dots\dots\dots (2.10)$$

Batas-Batas Atterberg

Jika suatu tanah yang berbutir halus (lempung atau lanau) yang telah dicampur air sehingga mencapai keadaan cair dan kemudian menjadi kering sedikit demi sedikit maka tanah ini akan melalui beberapa keadaan tertentu dari keadaan cair sampai keadaan beku. Keadaan-keadaan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Keadaan cair (liquid)	Keadaan plastis (plastic)	Keadaan semi beku (semi solid)	Keadaan beku (solid)
--------------------------	------------------------------	-----------------------------------	-------------------------

↓ ↓ ↓
Batas Cair Batas Plastis Batas pengerutan
(liquid) (plastic limit) (shrinkage limit)
Gambar 2.5 Keadaan tanah dari cair sampai keadaan beku (Das, 1988)

Beberapa percobaan untuk menentukan batas-batas Atterberg adalah:

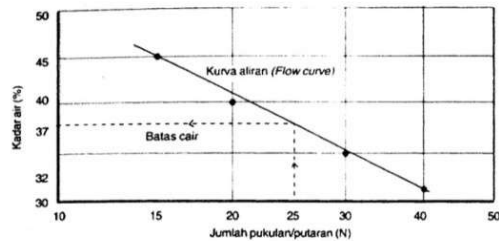
1. Batas Cair (Liquid limit)

Pendekatan yang digunakan untuk menentukan batas cair, dapat digunakan data jumlah pukulan dan kadar air yang dihitung dengan persamaan:

$$LL = W_c \left[\frac{N}{25} \right]^{0.121} \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan:

LL = batas cair
W_c = kadar air pada saat tanah menutup
N = jumlah pukulan pada kadar air W_c



Gambar 2.2 Contoh kurva aliran perhitungan batas cair

Sumber : Ir.G. Djatmiko Soedarmo dan Ir. S. J. Edy Purnomo, 1993



Gambar 2.3 Alat Cassandre

Sumber : Ir.G. Djatmoko Soedarmo dan Ir.S.J. Edy Purnomo, 1993.

2. 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.

3. Indeks plastisitas (*Plasticity Index*)

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

IP = indeks plastisitas

LL = batas cair

PL = batas plastis

4. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

$$SL = w - \frac{V_1 - V_2}{W} \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan:

SL = Batas susut

V₁ = volume tanah basah

W = berat tanah kering

V₂ = Volume tanah kering

w = kadar air tanah basah

Spesific Surface

Merupakan perbandingan antara luas permukaan suatu bahan terhadap massa bahan yang bersangkutan.

$$(S_s) = \frac{\text{Luas Permukaan}}{\text{Massa Benda}} \text{ (m}^2 \text{ / gram) } \dots\dots$$

$$(2.14)$$

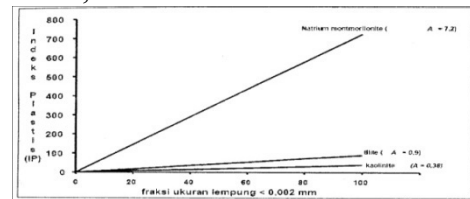
Plastisitas dan Aktivitas Tanah

Harga indeks plastis PI suatu tanah akan bertambah menurut garis lurus sesuai dengan bertambahnya persentase dari fraksi berukuran lempung (%berat butiran yang lebih kecil dari 2µm) yang dikandung oleh tanah. Hubungan antara PI dengan fraksi berukuran lempung untuk tiap tanah berbeda-beda (Skempton, 1953 dalam Das, 1988). Hubungan antara PI dan persentase butiran yang lolos ayakan 2µm didefinisikan sebagai suatu besaran yang disebut aktivitas (*activity*).

$$Ak = \frac{PI}{(\% \text{ fraksi berukuran lempung})} \dots\dots (2.15)$$

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

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



Gambar 2.4 Aktifitas mineral lempung
Sumber : Taufik Usman, 2008

Tabel 2.1 Aktivitas Mineral Lempung (Skempton, 1953 dalam Das 1988)

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

Disamping itu, Seed, W064 and dan Lundgren (1962) dalam Das (1988) mengidentifikasi potensi mengembang dari tanah berdasarkan aktivitas dengan rumus:

$$S' = 3,6 \times 10^5 \cdot Ak^{2,44} \cdot C^{3,44} \dots\dots\dots (2.16)$$

dimana:

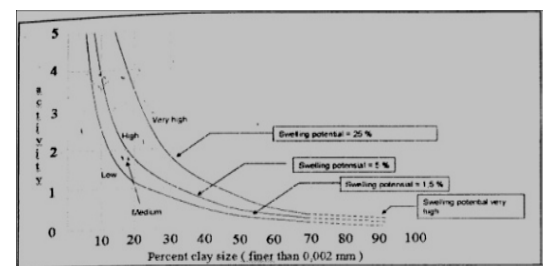
S' = persen mengembang (*swelling*)

Ak = aktivitas

C = persen fraksi lempung dalam tanah

Tabel 2.2 Perkiraan *swelling potensial* berdasarkan indeks plastisitas.

IP (%)	Swelling Potensial
0-15	Lemah
15-25	Sedang
25-55	Tinggi
>55	Sangat tinggi



Gambar 2.5 Grafik untuk menentukan swelling potensial tanah

Kembang Susut

Tingkat, pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- Tipe, dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- Kadai air.
- Susunan tanah.
- Konsentrasi garam dalam air pori.
- Sementasi.
- Adanya bahan organik, dll.

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.

Dari setiap pekerjaan pemadatan yang telah dilakukan, dihitung :

- a. Kadar air
- b. Berat volume tanah basah (γ_b) , dengan persamaan:

$$(\gamma_b) = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana:

W = Berat tanah yang dipadatkan pada cetakan

V = volume cetakan

- c. Berat volume kering tanah (γ_d), dengan persamaan:

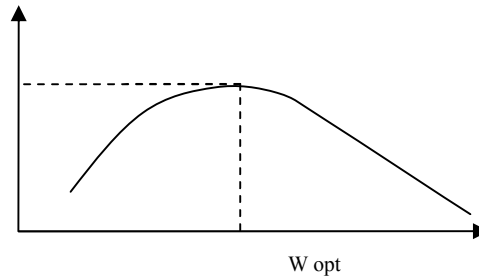
$$(\gamma_d) = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana:

w = kadar air

γ_b = berat volume basah

Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat digambarkan grafik hubungan antara berat volume kering dengan kadar air. Dari grafik ini dapat ditentukan juga kadar air optimum (W_{opt}) dan berat volume kering maksimum (γ_{dmax}).



Gambar 2.6 Grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering
Sumber : Das, 1998

Percobaan Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)

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

- a. Regangan dari setiap pembebanan dihitung dengan rumus:

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

dengan :

ΔL = Pemendekan tinggi benda uji (cm)

L_0 = tinggi benda uji mula-mula

ϵ = regangan aksial

- b. Luas rata-rata penampang benda uji dengan koreksi akibat pemendekan: dengan:

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon} \dots\dots\dots(2.22)$$

A = Luas rata-rata penampang benda uji (cm²)

A_0 = Luas penampang benda uji mula-mula (cm²)

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

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.23)$$

dengan:

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

σ = Tekanan aksial

- d. Besarnya kuat tekan bebas (q_u) diperoleh dari nilai terbesar perhitungan pada persamaan 2.23 dikalikan dengan factor kalibrasi dari alai yang diguna-

kan.

e. Nilai sudut gesek tanah diperoleh dari perhitungan :

$$\varphi = (a - 45^\circ) \times 2 \dots\dots\dots (2.24)$$

f. Besarnya nilai kohesi diperoleh dari perhitungan:

$$c = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots(2.25)$$

METODE PENELITIAN

Pemilihan Lokasi

Pada penelitian ini pengambilan sample tanah dilakukan di daerah Padang-sambian kaja. Kecamatan Denpasar barat. Lokasi ini dipilih karena lokasinya yang berdekatan dengan Desa kerobokan, sehingga kemungkinan mempunyai prilaku yang sama dengan tanah yang ada di Desa Kerobokan.

Metode Pengambilan Sampel

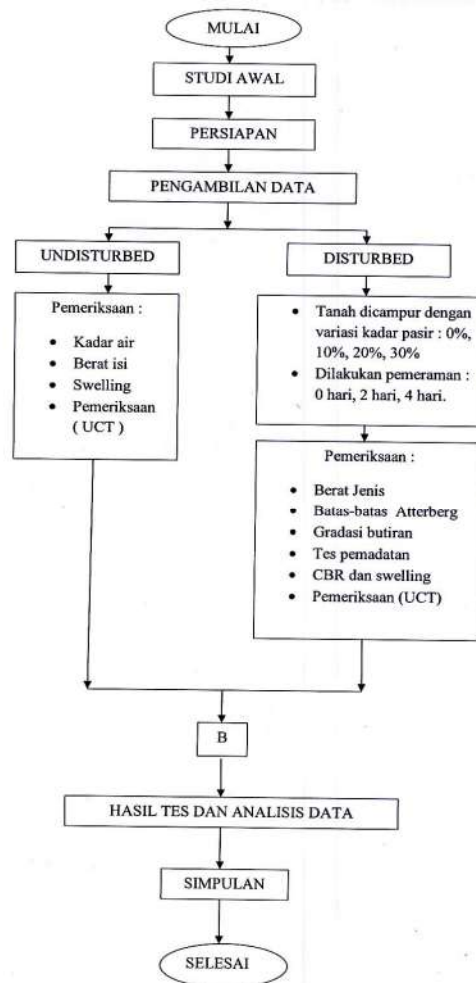
Pada penelitian ini pengambilan sample tanah dilakukan di daerah Padang-sambian kaja. Kecamatan Denpasar barat. Lokasi ini dipilih karena lokasinya yang berdekatan dengan Desa kerobokan, sehingga kemungkinan mempunyai prilaku yang sama dengan tanah yang ada di Desa Kerobokan. Tanah di Kerobokan mempunyai perilaku kembang susut yang tinggi dan daya dukung tanah yang kurang baik. Maka untuk pembangunan gedung, pada tempat ini kurang memenuhi persyaratan karena menyebabkan gedung menjadi retak – retak bahkan dapat menimbulkan keruntuhan.

Metode Penelitian di Laboratorium

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

Kerangka Analisis

Untuk memberikan arahan dan struktur kerja yang jelas dan sistematis, maka dibuat sebuah struktur penelitian. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Kerangka Pelaksanaan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umum

Dalam penelitian ini akan digunakan sampel tanah yang diambil dari Dusun Umaklungkung, Batukandik, Pagutan, Desa Padangsambian Kaja, Kecamatan Denpasar Barat, Kota Denpasar. Hasil penelitian ini akan memperoleh pengaruh penambahan pasir yang ditambah proses pemeraman terhadap karakteristik tanah ekspansif yang terdapat di daerah tersebut.

Kadar Air

Tabel 4.1 Nilai Kadar Air Tanah Asli

Sampel	Nilai Kadar Air Tanah asli (%)
Padangsambian I	48,4%

Padangsambian II	37,6%
Padangsambian III	42,2%

Jadi kadar air tanah ekspansif Padangsambian berada pada rentang 37,6 % sampai 48,4% dengan kadar air rata – rata 42,72%.

Berat Volume Basah

Tabel 4.2 Nilai Berat Volume Tanah Basah (γ_b)

Sampel	Nilai Berat Volume Basah (Kg/cm^3)
Padangsambian I	1,664
Padangsambian II	1,705
Padangsambian III	1,650

Dari hasil pengujian tersebut, maka dapat diketahui berat volume basah (γ_b) tanah ekspansif Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 1,650 gr/cm^3 sampai 1,705 gr/cm^3 , dengan berat volume basah rata- rata 1,673 gr/cm^3 .

Berat Volume Tanah Kering

Tabel 4.3 Nilai Berat Volume Tanah Kering (γ_d)

Sampel	Nilai Berat Volume Kering (Kg/cm^3)
Padangsambian I	1,122
Padangsambian II	1,239
Padangsambian III	1,161

Dari data tersebut, maka dapat diketahui berat volume kering (γ_d) tanah lempung Padangsambian, pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 1,161 gr/cm^3 sampai 1,239 gr/cm^3 , dengan berat volume kering rata – rata 1,173 gr/cm^3 .

Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Tabel 4.4 Nilai Berat Jenis Tanah (Gs)

Sampel	Nilai Berat Jenis Persentase Penambahan Pasir			
	0%	10%	20%	30%
I	2,518	2,617	2,621	2,647
II	2,583	2,63	2,631	2,678
III	2,622	2,644	2,659	2,717
Jumlah	7,88	7,891	7,911	8,042
Rata-rata	2,627	2,630	2,637	2,681

Berdasarkan rangkuman hasil penelitian berat jenis tersebut didapat bahwa nilai berat jenis rata- rata tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berkisar antara 2,518 sampai 2,622, dengan berat jenis rata – rata sebesar 2,627.

Gradasi Butiran (Analisa Ukuran Butiran)

Tabel 4.5 Hasil Analisa Saringan

Keterangan	Padangsambian (%)		
	I	II	III
Presentase lolos ayakan No. 10 (2mm)	100,0	100,0	100,0
Presentase lolos ayakan No. 20 (0,85mm)	100,0	100,0	100,0
Presentase lolos ayakan No. 40 (0,425mm)	95,8	95,3	96,1
Presentase lolos ayakan No. 60 (0,250mm)	89,8	89,4	89,4
Presentase lolos ayakan No. 100 (0,150mm)	79,5	79,3	80,1
Presentase lolos ayakan No. 200 (0,075mm)	65,5	65,5	69,3
Diameter butir yang lolos saringan sampai dengan 0,002 mm yang termasuk lanau	12,75	13,47	12,92
Diameter butir yang lebih kecil dari 0,002 mm sampai 0,001 mm yang termasuk lempung	52,75	52,07	56,33
Rata-rata	53,72		

Dari tabel di atas dapat dilihat persentase rata – rata masing – masing bagian penyusun tanah tersebut :

- Lempung (*Clay*) = 53,72% (53,72 berat diameternya < 0,002 mm)
- Lanau (*Silt*) = 13,05% (13,05% berat diameter butirnya terletak antara 0,002 – 0,006 mm)
- Pasir (*Sand*) = 33,24% (33,24% berat diameternya tertahan saringan no. 200)

Jadi tanah Padangsambian rata – rata memiliki kandungan lempung 53,72%, lanau 13,05%, pasir 33,24%. Tanah Padangsambian merupakan tanah lempung kepasiran.

Batas – Batas Atterberg

Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tabel 4.6 Nilai Batas Cair (*Liquid Limit*)

Sampel	Nilai Batas Cair Persentase Penambahan Pasir			
	0%	10%	20%	30%
I	67,294	56,929	56,624	54,825

II	64,803	64,313	60,580	55,231
III	65,490	63,386	59,332	57,460
Jumlah	197,587	184,628	176,536	167,516
Rata-rata	65,862	61,543	58,845	55,839

Berdasarkan Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai batas cair tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 64,803% sampai 67,294% dan nilai rata-rata batas cair adalah 65,862%. Berdasarkan Tabel 2.2 dapat dikatakan bahwa batas cair tanah lempung termasuk dalam kategori *high liquid limit* (50 -70%).

Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tabel 4.7 Nilai Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Sampel	Nilai Batas Plastis Pada Persentase Penambahan Pasir			
	0%	10%	20%	30%
I	40,497	36,222	34,656	30,208
II	33,974	31,345	29,499	26,599
III	36,627	33,047	31,000	28,342
Jumlah	111,098	100,614	95,155	85,149
Rata-rata	37,033	33,538	31,718	28,383

Berdasarkan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai batas plastis tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 33,974% sampai 40,497% dengan nilai rata – rata 37,033%. 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 4.8 Nilai Indeks Plastisitas (*Plasticity Inde*)

Sampel	Nilai IP Pada Persentase Penambahan Pasir			
	0%	10%	20%	30%
I	26,797	20,707	21,968	24,617
II	30,829	32,968	31,081	28,632
III	28,863	30,339	28,332	29,118
Jumlah	86,489	84,014	83,831	82,367
Rata-rata	28,830	28,005	27,944	27,456

Berdasarkan Tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 26,797% sampai 30,829% dengan nilai rata – rata 28,830%. Berdasarkan Tabel 2.3 dan Ta-

bel 2.5, maka tanah lempung Padangsambian termasuk *high plasticity* atau tanah lempung dengan plastisitas tinggi ($IP > 17$) dan *high swelling potential* ($25 < IP < 55$).

Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Tabel 4.9 Nilai Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Sampel	Nilai Batas Susut Pada Persentase Penambahan Pasir			
	0%	10%	20%	30%
I	22,344	24,810	26,236	30,718
II	26,509	28,143	30,107	32,613
III	27,495	29,696	31,053	31,361
Jumlah	76,348	82,649	87,396	94,692
Rata-rata	25,449	27,550	29,132	31,564

Berdasarkan Tabel 4.9 menunjukkan bahwa nilai batas susut tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 22,344% sampai 27,495% dengan nilai rata – rata 25,449%.

Pemadatan Standar

Tabel 4.10 Nilai Kadar Air Optimum

Sampel	Waktu Pemeraman	Kadar Air Optimum (%)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	36,4	35,5	27,4	27,1
		35,9	35,3	27,9	27,5
		36,6	36,2	28,2	27,2
Jumlah		108,9	107,0	83,5	81,8
Rata - rata		36,3	35,7	27,8	27,3
1	2 Hari	35,2	34,7	26,3	26,1
		34,8	34,3	26,8	26,6
		35,8	35,2	27,0	26,7
Jumlah		105,8	104,2	80,1	79,4
Rata - rata		35,3	34,7	26,7	26,5
1	4 Hari	33,6	33,2	25,9	24,2
2		32,2	32,0	24,9	24,4
3		35,2	34,3	26,3	25,8
Jumlah		101,0	99,5	77,1	74,4
Rata - rata		33,7	33,2	25,7	24,8

Tabel 4.11 Nilai Berat Volume Kering Maksimum

Sampel	Waktu Pemeraman	Berat Volume Kering (gr/cm3)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	1,212	1,247	1,319	1,361
		1,242	1,238	1,321	1,339
		1,220	1,241	1,291	1,359
Jumlah		3,674	3,726	3,931	4,059
Rata -		1,225	1,242	1,310	

rata		1,353			
1	2 Hari	1,237	1,258	1,349	1,381
2		1,258	1,243	1,339	1,371
3		1,240	1,259	1,331	1,377
Jumlah		3,735	3,760	4,019	4,129
Rata - rata		1,245	1,253	1,340	1,376
1	4 Hari	1,251	1,267	1,363	1,398
2		1,261	1,279	1,361	1,388
3		1,242	1,289	1,340	1,381
Jumlah		3,754	3,835	4,064	4,167
Rata - rata		1,251	1,278	1,355	1,389

Berdasarkan Tabel 4.10 dan 4.11 menunjukkan bahwa kepadatan kering maksimum tanah lempung Padangsambian pada kedalaman 1 meter berada pada rentang 1,212 gr/cm³ sampai 1,242 gr/cm³ dengan nilai rata – rata 1,225 gr/cm³. Dan kadar air optimum tanah Padangsambian berada pada rentang 36,40% sampai 36,60% dengan nilai rata- rata 36,30%.

Kuat Tekanan Bebas (UCT)

Tabel 4.12 Hasil Penelitian UCT Tanah Asli (*Undisturbed*)

Sampel	Kuat Tekan Bebas Tanah Asli (qu) (Kg/cm ²)	Sudut Geser Tanah (°)	Kohesi Tanah (c) (kg/cm ²)
Padangsambian II	0,96	8'	0,48
Padangsambian III	0,98	6'	0,49

Tabel 4.13 Nilai Kuat Tekan Bebas (UCT)

Sampel	Waktu Pemeraman	Kuat Tekan Bebas (Kg/cm)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	0,780	0,795	0,845	0,971
2		0,817	0,886	0,912	0,938
3		0,824	0,902	0,922	0,967
Jumlah		2,421	2,583	2,679	2,876
Rata - rata		0,807	0,861	0,893	0,959
1	2 Hari	0,863	0,892	0,928	0,976
2		0,919	0,945	0,986	1,102
3		0,901	0,959	1,003	1,128
Jumlah		2,683	2,796	2,917	3,206
Rata - rata		0,894	0,932	0,972	1,069
1	4 Hari	1,050	1,123	1,171	1,269
2		1,038	1,168	1,182	1,227
3		1,023	1,146	1,162	1,208
Jumlah		3,111	3,437	3,515	3,704
Rata - rata		1,037	1,146	1,172	1,235

Tabel 4.14 Nilai Sudut Geser Tanah

Sam- pel	Waktu Peme- raman	Nilai Sudut Geser			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	10,450	12,250	13,750	16,750
2		9,950	12,100	14,950	15,350
3		10,250	12,550	13,250	15,850
Jumlah		30,650	36,900	41,950	47,950
Rata - rata		10,217	12,300	13,983	15,983
1	2 Hari	12,350	13,850	15,650	17,950
2		12,050	14,350	15,750	18,450
3		11,950	13,250	15,150	17,050
Jumlah		36,350	41,450	46,550	53,450
Rata - rata		12,117	13,817	15,517	17,817
1	4 Hari	13,850	16,050	18,450	19,650
2		12,550	15,750	18,150	19,950
3		13,750	16,650	18,750	20,150
Jumlah		40,150	48,450	55,350	59,750
Rata - rata		13,383	16,150	18,450	19,917

Tabel 4.15 Nilai Kohesi Tanah

Sam- pel	Waktu Pemeraman	Nilai Kohesi Tanah (Kg/cm ²)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	0,390	0,435	0,423	0,486
2		0,409	0,443	0,456	0,469
3		0,412	0,451	0,461	0,484
Jumlah		1,211	1,329	1,340	1,439
Rata - rata		0,404	0,443	0,447	0,480
1	2 Hari	0,432	0,446	0,464	0,580
2		0,460	0,473	0,493	0,551
3		0,451	0,480	0,502	0,564
Jumlah		1,343	1,399	1,459	1,695
Rata - rata		0,448	0,466	0,486	0,565
1	4 Hari	0,525	0,562	0,586	0,635
2		0,519	0,584	0,591	0,614
3		0,512	0,573	0,581	0,604
Jumlah		1,556	1,719	1,758	1,853
Rata - rata		0,519	0,573	0,586	0,618

Berdasarkan Tabel 4.12 sampai Tabel 4.15 menunjukkan bahwa kuat tekan bebas tanah lempung Padangsambian (*undisturbed sample*) berada pada rentan 0,940 kg/cm² sampai 0,980 kg/cm² dengan nilai rata – rata 0,960 kg/cm². Nilai Sudut Geser Tanah berkisar antara 6° sampai 8° , dan nilai kohesi tanah berada pada rentang 0,470 kg/cm² sampai 0,540 kg/cm² dengan rata – rata 0,497 kg/cm². Sedangkan untuk tanah lempung Padangsambian (*disturbed sample*) yang dipadatkan memiliki nilai kuat tekan bebas

pada rentang 0,780 kg/cm² sampai 0,824 kg/cm² dengan rata – rata 0,807 kg/cm². Nilai sudut geser tanah 9,50° sampai 10,45° dengan rata – rata 10,12° dan ko-hesi tanah berada pada rentang 0,310 kg/cm² sampai 0,412 kg/cm² dengan rata – rata 0,404 kg/cm².

Penelitian Pengembangan Tanah (Swelling)

Tabel 4.16 Rekapitan Niai Swelling dan Free Swelling Tanah Lem-pung (Undisturbed)

Sampel	Free Sweel	Swelling
	(%)	(%)
Padangsambian I	6,500	1,983
Padangsambian II	6,773	1,813
Padangsambian III	6,445	1,749

Tabel 4.17 Nilai Free Swelling (%)

Sam-pel	Waktu Pemeraman	Nilai Free Swelling (%)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	4,148	3,846	3,314	3,000
		4,026	3,838	3,438	3,095
		4,211	3,992	3,400	3,143
		Jumlah	12,385	11,676	10,152
Rata - rata		4,128	3,892	3,384	3,079
2	2 Hari	3,710	3,216	2,880	2,239
		3,371	3,073	2,730	2,469
		3,499	3,084	2,845	2,623
		Jumlah	10,580	9,373	8,455
Rata - rata		3,527	3,124	2,818	2,444
3	4 Hari	3,015	2,894	2,159	1,957
		3,175	2,771	2,264	1,852
		3,045	2,670	2,392	1,923
		Jumlah	9,235	8,335	6,815
Rata - rata		3,078	2,778	2,272	1,911

Tabel 4.18 Nilai Swelling Tanah (%)

Sam-pel	Waktu Pemeraman	Nilai Swelling (%)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	1,415	1,163	1,027	0,810
		1,527	1,521	1,172	0,881
		1,362	1,246	1,053	0,629
		Jumlah	4,304	3,930	3,252
Rata - rata		1,435	1,310	1,084	0,773
2	2 Hari	1,256	0,813	0,713	0,660
		1,379	0,851	0,758	0,708
		1,176	0,778	0,669	0,568
		Jumlah	3,811	2,442	2,140

		Rata - rata	1,270	0,814	0,713	0,645
1	4 Hari	1,170	0,806	0,697	0,588	
2		1,205	0,831	0,723	0,697	
3		1,108	0,701	0,680	0,439	
Jumlah		3,483	2,338	2,100	1,724	
Rata - rata		1,161	0,779	0,700	0,575	

Berdasarkan Tabel 4.16 sampai Tabel 4.18 menunjukkan bahwa *free swell* tanah lempung Padangsambian (*undisturbed sample*) berada pada rentang 20,833% sampai 24,600% dengan nilai rata-rata 23,086% dan nilai *swelling* berada pada rentang 4,956% sampai 5,666% dengan nilai rata-rata 5,353%. Sedangkan, untuk tanah lempung Pa-dangsambian (*disturbed sample*) yang dipadatkan memiliki nilai *free swell* pada rentang 4,026% sampai 4,211% dengan rata – rata 4,128% dan nilai *swelling* pada rentang 1,362% sampai 1,527% dengan rata- rata 1,435%.

Tabel 4.19 Nilai Aktivitas Tanah dan *Swelling Potential*

Sampel	Nilai	
	Aktivitas Tanah	<i>Swelling Potential</i>
Padangsambian I	0,777	<i>High Swelling Potential</i>
Padangsambian II	0,894	<i>High Swelling Potential</i>
Padangsambian III	0,940	<i>High Swelling Potential</i>

Dari Tabel 4.19 dapat dilihat bahwa tanah lempung Padangsambian merupakan tanah lempung yang termasuk kategori *high swelling potential*. Jadi, tanah lempung Kerobokan dapat dikatakan sebagai tanah lempung yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi.

Penelitian CBR (California Bearing Ratio)

Tabel 4.20 Nilai CBR (0,1 Inchi)

Sam-pel	Waktu Pemeraman	Nilai CBR 0,1 Inchi (%)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	7,034	7,924	8,849	9,326
		6,381	7,584	8,158	9,424
		6,213	7,532	8,106	9,039
		Jumlah	19,628	23,040	25,113
Rata - rata		6,543	7,680	8,371	9,263
2	2 Hari	7,313	8,372	8,993	9,932
		6,883	8,190	8,790	9,835

3		6,713	8,145	8,738	9,671
	Jumlah	20,909	24,707	26,521	29,438
	Rata - rata	6,970	8,236	8,840	9,813
1		7,646	9,005	9,600	10,536
2	4 Hari	7,391	8,836	9,430	10,450
3		7,221	8,751	9,345	10,280
	Jumlah	22,258	26,592	28,375	31,266
	Rata - rata	7,419	8,864	9,458	10,422

Tabel 4.21 Nilai CBR (0,2 Inchi)

Sam- pel	Waktu Pemeraman	Nilai CBR 0,2 Inchi (%)			
		Persentase Penambahan Pasir (%)			
		0%	10%	20%	30%
1	0 Hari	5,086	5,908	7,302	8,198
2		4,820	5,736	7,195	8,087
3		4,765	5,645	7,160	7,895
	Jumlah	14,671	17,289	21,657	24,180
	Rata - rata	4,890	5,763	7,219	8,060
1	2 Hari	5,272	6,204	7,635	8,603
2		5,155	6,140	7,615	8,482
3		5,099	6,053	7,581	8,317
	Jumlah	15,526	18,397	22,831	25,402
	Rata - rata	5,175	6,132	7,610	8,467
1	4 Hari	5,494	6,627	8,043	9,005
2		5,538	6,570	8,065	8,892
3		5,437	6,457	7,986	8,722
	Jumlah	16,469	19,654	24,094	26,619
	Rata - rata	5,490	6,551	8,031	8,873

Berdasarkan Tabel 4.20 sampai Tabel 4.21 menunjukkan bahwa nilai CBR 0,1 inchi tanah lempung Padangsambian (*disturbed sampel*) berada pada rentang 6,213% sampai 7,034% dengan nilai rata-rata 6,543% dan nilai CBR 0,2 inchi berada pada rentang 4,765% sampai 5,086% dengan nilai rata – rata 4,890%. Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa penambahan pasir pada tanah lempung mengakibatkan nilai CBR meningkat. Pasir adalah jenis tanah yang sukar mengalami perubahan berat volume tanah, sehingga pada campuran akan sedikit mengalami perubahan volume dibandingkan dengan tanah aslinya. 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 : dari test fisik dan mekanik yang dilakukan terhadap tanah ekspansif yang berada di daerah padangsambian menunjukkan bahwa pasir menyebabkan karakteristik tanah menjadi meningkat, ditinjau dari batas-batas atterberg, terlihat bahwa penambahan pasir menyebabkan penurunan nilai batas cair, batas plastis, indeks plastisitas dan peningkatan nilai batas susut. Nilai indeks plastisitas tanah lempung tanpa perlakuan adalah 28,830% dan nilai indeks plastisitas mencapai paling rendah yaitu 27,456% pada penambahan pasir 30%, ditinjau dari pengembangan, terlihat bahwa penambahan pasir dan proses pemeraman cenderung menyebabkan penurunan persentase pengembangan tanah. Nilai *Free Swelling* dan *Swelling* tanah rata-rata terendah yaitu 1,911% dan 0,575% pada penambahan 30% pasir dan dalam 4 hari pemeraman.

Saran

Perlu dilakukan penelitian dengan penambahan pasir dan waktu pemeraman dengan variasi berbeda, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai stabilisasi tanah dengan penambahan aditif-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.
- 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. *Penentun 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.