

PENGARUH BAHAN CAMPURAN ARANG TEMPURUNG TERHADAP KONSOLIDASI SEKUNDER PADA LEMPUNG EKSPANSIF

Azzyzaro Junior Karaseran

Oktovian B. A. Sompie, Sjachrul Balamba

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: juniorazzyzaro@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung Ekspansif merupakan jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal, yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum seperti halnya tanah lempung lainnya, juga memiliki sifat khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut apabila terjadi peningkatan dan pengurangan kadar air.

Penanggulangannya dapat dilakukan dengan stabilisasi, antara lain dengan penambahan arang tempurung. Penambahan arang tempurung dapat mengurangi swelling dari tanah karena mereduksi indeks plastis tanah. Penggunaan arang tempurung sebagai material stabilisasi dapat menghemat biaya transportasi karena mudah diperoleh.

Berdasarkan hasil penelitian dilaboratorium, akibat penambahan kadar arang tempurung 4%, 6%, 8% dan 10% pada tanah, nilai parameter konsolidasi; C_c , C_r , dan C_a berkurang sedangkan nilai C_v bertambah.

Kata kunci : *Lempung Ekspansif, Arang Tempurung, Parameter Konsolidasi*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah dapat 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 yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah berguna sebagai bahan konstruksi pada berbagai macam pekerjaan Teknik Sipil, selain itu tanah juga dapat berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Hal ini menyebabkan fungsi tanah sangatlah penting.

Tanah lempung ekspansif dapat kita temukan di berbagai daerah, berarti kita dapat di perhadapkan pada pembangunan di lokasi yang kurang menguntungkan bila di tinjau dari segi geoteknik. Tanah lempung ekspansif memiliki daya dukung tanah yang rendah pada kondisi muka air yang tinggi, sifat kembang susut yang besar dan plastisitas yang tinggi. Selain itu, kemampuan mengembang yang cukup besar pada tanah lempung ekspansif mengakibatkan terjadinya penurunan yang sering kali tidak dapat dipikul kekokohan struktur di atasnya.

Telah banyak dilakukan penelitian-penelitian terhadap tanah lempung ekspansif

untuk mencari alternatif terbaik yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah lempung ekspansif. Oleh karena itu dengan mencampur tanah dasar yang telah ada dengan bahan tambahan yang mempunyai sifat-sifat khusus dapat membantu mendapatkan sifat tanah dasar yang diinginkan.

Dalam hal ini campuran arang tempurung merupakan opsi yang diambil untuk menjadi bahan campuran dalam menstabilisasikan tanah lempung ekspansif, dikarenakan arang tempurung memiliki kemampuan untuk dapat memperbaiki sirkulasi air dan udara di dalam tanah. Selain itu, arang tempurung juga dapat berfungsi sebagai media untuk mengikat karbon didalam tanah.

Rumusan Masalah

Seberapa besar pengaruh campuran arang tempurung pada nilai konsolidasi di tanah lempung ekspansif.

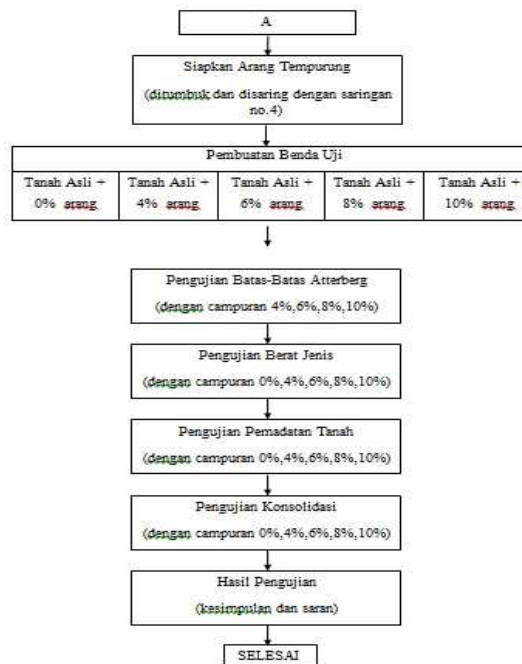
Batasan Masalah

1. Tanah yang digunakan diambil dari Desa Warembungan, Kecamatan Pineleng.
2. Identifikasi lempung ekspansif berdasarkan pada Indeks Plastisitas Tanah.
3. Sifat-sifat kimia dari lempung ekspansif (mineral lempung) dan arang tempurung tidak diperiksa.

4. Pengaruh dampak lingkungan tidak ditinjau.
5. Membandingkan pengaruh bahan campuran arang tempurung terhadap parameter-parameter konsolidasi dilakukan pengujian dengan presentasi 0%, 4%, 6%, 8% dan 10% arang dari berat kering udara lempung.
6. Pada pengujian konsolidasi
 - memperhatikan temperature
 - ratio penambahan beban adalah dua kali beban sebelumnya
7. Prosedur pengujian berdasarkan pada panduan praktikum Mekanika Tanah Fakultas Teknik UNSRAT Manado

Tujuan Penelitian.

1. Untuk mengetahui pengaruh bahan campuran arang tempurung terhadap potensi pengembangan tanah berdasarkan perubahan indeks plastisitas tanah.
2. Menentukan indeks Pemampatan Sekunder pada tanah ekspansif
3. Membandingkan pengaruh kadar arang tempurung terhadap perubahan indeks Pemampatan Sekunder pada tanah ekspansif.
4. Membandingkan parameter-parameter konsolidasi C_v , C_c , dan C_r terhadap pengaruh kadar arang tempurung sebagai material stabilisasi.



LANDASAN TEORI

Tanah Ekspansif

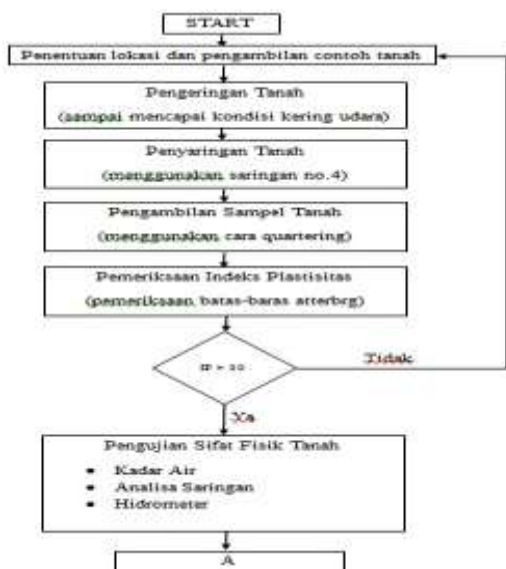
Tanah lempung ekspansif, merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal, yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum, juga mempunyai sifat-sifat yang khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif mempunyai potensi kembang susut, apabila terjadi peningkatan atau penurunan kadar air.

Apabila terjadi peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Penyusutan yang terjadi, apabila penurunan kadar air melebihi batas susutnya.

Faktor-faktor yang mempengaruhi potensial ekspansif dari tanah adalah :

1. Sifat-sifat tanah, meliputi kandungan mineral lempung, plastisitas, struktur dan susunan tanah, dan kepadatan kering.
2. Lingkungan, meliputi kondisi kelembaban awal, variasi-variasi kelembaban seperti faktor iklim, air tanah, drainase dan sumber air buatan, vegetasi, permeabilitas dan suhu.
3. Keadaan tegangan, meliputi riwayat tegangan, kondisi lapangan, pembebanan, dan profil tanah.

METODOLOGI PENELITIAN



Berdasarkan sifat-sifat tanah (pembentuk butirannya) identifikasi tanah ekspansif, dapat dilakukan dengan menguji jenis material, diantaranya keberadaan Na-Montmorilinite yang aktif merupakan indikator pertama. Tetapi, pengujian indeks properties tanah lebih lazim dalam rekayasa sipil.

Identifikasi dan Klasifikasi Tanah Ekspansif

Banyak ahli geoteknik yang melakukan penelitian guna mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tanah ekspansif diantaranya adalah:

- SKEMPTON (1953) : Berdasarkan aktivitas (Ac) yang dapat dihitung berikut :

$$\text{Aktivitas} = Ac = \frac{\text{Indeks Plastisitas}}{\% \text{ Berat lebih kecil dari } 2\mu\text{m}}$$

Tabel 1. Klasifikasi tanah ekspansif menurut Skempton (1953)

AKTIVITAS	KETERANGAN
< 0,75	Tidak aktif
0,75 sampai 1,25	Normal
>1,25	Aktif (Tanah Ekspansif)

- CHEN (1965) : Berdasarkan persentasi lewat saringan no. 200, batas cair dan tahanan penetrasi standard.

Tabel 2. Klasifikasi tanah ekspansif menurut Chen

Persentase lewat saringan no.200	Batas cair (LL)	Tahanan Penetrasi Standard	Probabilitas Ekspansi	Tingkat Ekspansif
> 95	> 60	> 30	> 10	Sangat tinggi
60 – 90	40 – 60	20 – 30	3 – 10	Tinggi
30 – 60	30 – 40	10 – 20	1 – 5	Menengah
> 8	< 30	< 10	< 1	Rendah

Pada tahun 1988 secara lebih sederhana Chen mengklasifikasikan tanah ekspansif berdasarkan Indeks Plastisitas.

Tabel 3. Klasifikasi potensial muai menurut Chen

PI	Potensial Ekspansif
0 – 15	Rendah
10 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
>55	Sangat Tinggi

- SNETHEN (1977) Berdasarkan LL, Indeks Plastisitas serta hisapan tarikan air pada kadar air alaminya .

Tabel 4. Klasifikasi tanah ekspansif menurut Snethen

LL (%)	PI (%)	μ nat (tsf)	Kemungkinan Muai (%)	Klasifikasi Kemungkinan Muai
< 50	< 25	< 1,5	< 0,5	Rendah
50 sampai 60	25 sampai 35	1,5 – 4	0,5 sampai 1,5	Menengah
> 60	> 35	> 4	> 1,5	Tinggi

Stabilisasi Tanah

Apabila dalam suatu pekerjaan konstruksi diatas tanah tidak sesuai maka perencanaan dapat mengambil langkah-langkah berikut:

1. Menghindari lokasi demikian dan mencari alternatif lokasi lain.
2. Menerima keadaan tanah yang ada dan mendesain struktur yang sesuai.
3. Menyingkirkan sebagian tanah yang perlu dan menggantikannya dengan material tanah yang sesuai.
4. Memperbaiki satu atau beberapa sifat-sifat teknis tanah yang ada dengan cara tertentu yang dikenal dengan stabilisasi.

Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu langkah berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Apabila tempat alternatif tidak tersedia atau pertimbangan-pertimbangan lingkungan, oposisi dari masyarakat, dan pengaturan zona telah sangat membatasi pilihan yang tersedia, maka dibutuhkan stabilisasi terhadap tanah pada lokasi bangunan guna mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Demikian juga mendesain struktur yang disesuaikan dengan keadaan tanah mungkin akan memperhadapkan perencanaan pada kondisi over desain yang berarti mengakibatkan membengkaknya biaya pelaksanaan konstruksi.

Melakukan stabilisasi tanah adalah suatu alternatif yang dapat diambil apabila pilihan lainnya tidak mungkin atau tidak ekonomis.

Stabilisasi tanah dapat dipilih dari beberapa cara berikut :

1. Stabilisasi mekanis: berhubungan dengan pemadatan tanah yang menggunakan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda berat yang dijatuhkan, ledakkan, tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan.
2. Stabilisasi statis: untuk meningkatkan kerapatan tanah yang dapat dicapai dengan menurunkan muka air tanah dan membebani tempat tersebut sebelumnya.
3. Stabilisasi perkuatan: dengan menggunakan bahan tertentu seperti Geosintetik.
4. Stabilisasi secara fisik dan kimia: mencampur satu atau lebih bahan tambahan dalam tanah, sehingga terjadi reaksi antara kedua bahan ini.

Pemilihan jenis stabilisasi yang akan dilakukan pada suatu jenis tanah tertentu tergantung pada banyak faktor. Namun perlu dicatat bahwa stabilisasi tidak saja berarti memperbaiki tanah, akan tetapi juga mencakup ukuran pencegahan atau jaminan keamanan terhadap banyak kemungkinan yang akan dialami oleh tanah serta pengaruhnya terhadap lingkungan sekitarnya. Lagi pula stabilisasi tidak berarti memperbaiki semua sifat tanah, sehingga harus juga memperhatikan segi prioritas.

Beberapa faktor pertimbangan umum stabilisasi tanah antara lain:

1. Tipe dan ukuran perbaikan yang diperlukan.
2. Jenis tanah, struktur geologis, dan kondisi pengaliran.
3. Biaya tersedia.
4. Peralatan dan material pendukung serta kualitas pekerjaan yang dibutuhkan.
5. Umur pelaksanaan.
6. Kemungkinan bahaya yang dapat ditimbulkan.
7. Daya tahan material stabilisasi.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan pada tujuannya, dimana beberapa variasi dapat digunakan. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu : stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimiawi (Ingles dan Metcalf, 1972). Stabilisasi tanah ekspansif yang murah dan efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu, dengan penambahan bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat,

sehingga mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif (Ingles dan Metcalf, 1972).

Teori Konsolidasi

Penambahan beban di atas suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori, dan sebab-sebab lain. Beberapa atau semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (settlement) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu :

1. Penurunan Konsolidasi (Consolidation Settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.
2. Penurunan Segera (Immediate Settlement), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.

Dasar-dasar Konsolidasi

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, angka tekanan air pori akan naik secara mendadak. Pada tanah berpasir yang sangat tembus air (permeable), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran pori-pori ke luar sebagai akibat dari kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah; berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir ke luar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang mampumampat (*compressible*) diberi penambahan tegangan, maka penurunan (*settlement*) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibandingkan dengan koefisien rembesan pasir sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat laun dalam waktu yang sangat lama. Jadi untuk tanah lempung-lembek perubahan volume yang disebabkan oleh

keluarnya air dari dalam pori (yaitu konsolidasi) akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih lambat serta lama dibandingkan dengan penurunan segera.

Indeks Pemampatan, C_c (Compression Index)

Indeks pemampatan, C_c adalah kemiringan dari bagian lurus grafik $e - \log p$. Untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus dari grafik dalam gambar .

Nilai C_c dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$C_c = \frac{e_1 - e_2}{\log p_2 - \log p_1} = \frac{\Delta e}{\log \left[\frac{p_2}{p_1} \right]}$$

Untuk tanah yang terkonsolidasi normal, Terzaghi dan Peck (1967) memberikan hubungan angka kompresi C_c sebagai berikut :

$$C_c = 0,009 (LL - 10)$$

Dengan LL = batas cair (*liquid limit*)

Untuk lempung yang struktur tanahnya tak terganggu/belum rusak (*Undisturbed*), Terzaghi dan Peck juga memberikan hubungan yang sama untuk tanah lempung yang dibentuk kembali (*remolded*).

$$C_c = 0,007 (LL - 10)$$

Daya mampat tanah (*soil compressibility*) adalah parameter yang menyatakan hubungan tegangan – regangan, dan tergantung kekakuan (*rigidity*) kerangka butiran tanah, serta merupakan fungsi dari struktur tanah. Hal ini berarti, daya mampat tanah memiliki korelasi dengan beberapa sifat fisik tanah (indeks properties).

Tabel 5. Persamaan Empiris Untuk C_c

Persamaan	Bahan Acuan	Daerah Pemakaian/ Jenis Tanah
$C_c = 0,007 (LL - 7)$	Skempton	Lempung yang dibentuk kembali
$C_c = 0,01 w_N$		Lempung Chicago
$C_c = 1,15 (e_o - 0,27)$	Nishida	Semua Lempung
$C_c = 0,30 (e_o - 0,27)$	Hough	Tanah Kohesif Anorganik, Lanau, Lempung Berlanau, Lempung.
$C_c = 0,0115 w_N$		Tanah Organik, Gambut, Lanau Organik
$C_c = 0,0046(LL - 9)$		Lempung Brazilia
$C_c = 0,75 (e_o - 0,5)$		Tanah dengan Plastisitas Rendah
$C_c = 0,208 e_o + 0,0083$		Lempung Chicago
$C_c = 0,156 e_o + 0,0107$		Semua Lempung

Sumber: Das, B, M.(1990)

Catatan : e_o = angka pori tanah di lapangan,
 w_N = kadar air tanah di lapangan

Indeks Pemampatan Kembali, C_r (Recompression Index)

Selama pengujian tiap penambahan beban tegangan yang terjadi adalah berupa tegangan efektif. Bila dimensi awal dan penurunan pada tiap pembebanan dicatat, maka nilai angka pori e dapat diperoleh. Selanjutnya hubungan tegangan efektif dan angka pori (e) diplot pada grafik semi logaritmis.

Koefisien Konsolidasi, C_v (Coefficient of Consolidation)

Kecepatan penurunan konsolidasi primer dapat dihitung dengan menggunakan koefisien konsolidasi (C_v). Kecepatan penurunan perlu diperhitungkan bila penurunan konsolidasi primer yang terjadi pada suatu struktur diperkirakan sangat besar. Bila penurunan sangat kecil, kecepatan penurunan tidak begitu penting diperhatikan, karena penurunan yang terjadi sejalan dengan waktunya tidak akan menghasilkan perbedaan yang besar.

Derajat konsolidasi pada sembarang waktu, dapat ditentukan dengan menggambarkan grafik hubungan antara penurunan dan waktu untuk satu beban tertentu yang diberikan pada alat konsolidometer. Caranya dengan mengukur penurunan total pada akhir fase konsolidasi.

Kemudian dari data penurunan dan waktu, pada waktu tertentu yang dihubungkan dengan derajat konsolidasi rata-rata (misalnya $U = 50\%$) ditentukan. Walaupun fase konsolidasi telah berakhir, yaitu ketika tekanan air pori menjadi nol, benda uji di dalam konsolidometer masih terus mengalami penurunan akibat konsolidasi sekunder. Karena itu tekanan air pori perlu diukur selama proses pembebanan atau suatu interpretasi data penurunan dan waktu harus dibuat untuk menentukan kapan konsolidasi telah selesai.

Jika sejumlah kecil udara terhisap masuk ke dalam air pori akibat penurunan tekanan pori dari lokasi aslinya di lapangan, maka kemungkinan terdapat juga penurunan yang berlangsung dengan cepat, yang bukan bagian dari proses konsolidasi. Karena itu, tinggi awal atau kondisi sebelum adanya penurunan proses konsolidasi juga harus diperhatikan.

Kecepatan penurunan yang terjadi di lapangan, pada umumnya jauh lebih cepat dibandingkan dengan perhitungan yang didasarkan pada teori konsolidasi satu dimensi dengan menggunakan data laboratorium. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal

tersebut di atas, disimpulkan oleh Akagi (1979), sebagai berikut:

1. Kesalahan dalam memperkirakan nilai c_v lapangan, disebabkan oleh ketidakseragaman kondisi lapisan tanah.
2. Terjadinya pengaliran 2 atau 3 dimensi
3. Prosedur pengujian di laboratorium, tidak menggambarkan waktu dan pola pembebanan di lapangan.
4. Kesalahan dalam penggunaan metode untuk menentukan nilai c_v
5. Keterbatasan dalam analisa satu dimensi

Selain itu, kecepatan penurunan konsolidasi primer, ditentukan oleh kekentalan air pori, geometri structural ruang pori dan kemampuan-pampatan dari struktur tanah. (Schiffman and Gibson, 1964)

Konsolidasi Sekunder, C_α (Secondary of consolidation)

Konsolidasi sekunder terjadi setelah proses konsolidasi primer berhenti. Lintasan kurva konsolidasi sekunder didefinisikan sebagai kemiringan kurva (C_α) pada bagian akhir dari kurva $\Delta H - \log t$ atau dari kurva $e - \log t$.

Selama konsolidasi sekunder berlangsung, kurva antara $e - \log t$ adalah merupakan garis lurus tetapi tidak horisontal. $U = 100\%$ diambil sebagai titik potong dari dua bagian linear dari kurva.

Untuk memperoleh kemiringan kurva konsolidasi sekunder yang baik, diperlukan memperpanjang proses pengujian di laboratorium. Dengan cara ini, akan mempermudah hitungan kemiringan kurva pemampatan sekunder C_α .

Dengan memperhatikan gambar, persamaan untuk memperoleh C_α diperoleh dengan:

$$C_\alpha = \frac{\Delta e}{\log t_2 - \log t_p}$$

Dimana:

C_α = indeks pemampatan sekunder

Δe = Perubahan angka pori

t_p = waktu setelah konsolidasi primer selesai

$t_2 = t_2 + \Delta e$

HASIL DAN PEMBAHASAN

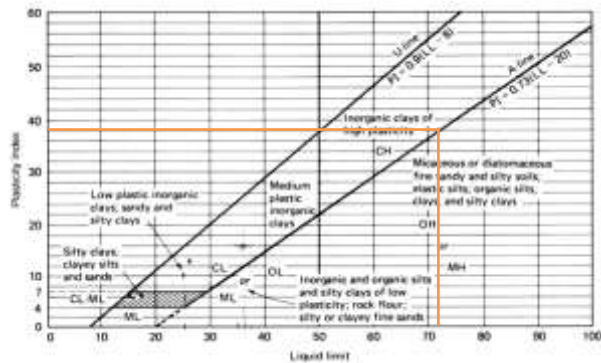
Uji Karakteristik Tanah

Tabel 6. Karakteristik Tanah

No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kadar Air	1,793
2.	Batas Cair	68,0
3.	Batas Plastis	29,8
4.	Index Plastis	38,2
5.	Specific Gravity	2,532
6.	Lolos Saringan No. 200	51,39

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- a. Berdasarkan nilai persentase lolos saringan no.200 tanah lempung diatas, didapat hasil >50% lolos, maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan kedalam golongan tanah berbutir halus.
- b. Dari tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas diplot pada diagram plastis sehingga didapat identifikasi tanah yang lebih spesifik. Hasil dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS

Dapat dilihat dari gambar 1. bahwa hasil plot menunjukkan suatu titik pertemuan di atas garis A, yang mana titik temu itu menjelaskan jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil diatas maka tanah berbutir halus tersebut termasuk kedalam kelompok CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (flat clays) dengan nilai Indeks Plastisitas sebesar 38,2%

Identifikasi dan Klasifikasi Tanah Ekspansif

- Skempton (1953)
Berdasarkan hasil pemeriksaan Hidrometer diperoleh:
% lolos berat lebih kecil dari 2µm adalah 2,06

$$AC = \frac{PI}{\% \text{ lolos berat lebih kecil } 2\mu\text{m}} = \frac{38.2}{2.06} = 18.54$$

18.54 > 1.25 Jadi menurut Skempton termasuk pada tanah ekspansif

- Chen (1988)
Berdasarkan hasil uji Atterberg diperoleh Indeks Plastis (PI) = 38.2%
PI 38.2 termasuk pada interval PI 20% - 55%
Jadi termasuk pada potensial ekspansif tinggi
- Sneath (1977)
Berdasarkan hasil uji Atterberg diperoleh Batas Cair (LL) = 68.0 %
Indeks Plastis (PI) = 38.2 %
LL 68.0% termasuk pada LL > 60
PI 38.2 termasuk pada interval PI > 35%
Jadi tanah uji termasuk pada tanah ekspansif dengan potensial muai tinggi

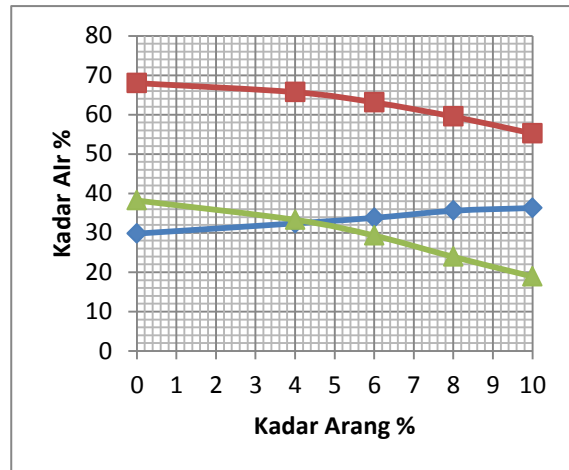
Pengaruh Campuran Arang Tempurung terhadap Lempung Ekspansif

Untuk mengetahui pengaruh bahan campuran arang tempurung pada lempung ekspansif dibuat beberapa persentase kadar arang tempurung, yaitu : 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10%. Selanjutnya diperiksa pengaruhnya terhadap parameter-parameter teknis tanah melalui pemeriksaan di laboratorium.

Hasil Uji Batas-Batas Atterberg

Tabel 7. Pengaruh Arang Tempurung pada Batas-Batas Atterberg Tanah

% Arang	Batas Cair	Batas Plastis	Indeks Plastisitas
0	68	29.8	38.2
4	65.7	32.4	33.3
6	63.1	33.8	29.3
8	59.5	35.6	23.9
10	55.2	36.3	18.9



Gambar 2. Pengaruh Kadar Arang Tempurung Terhadap Indeks Plastisitas Tanah

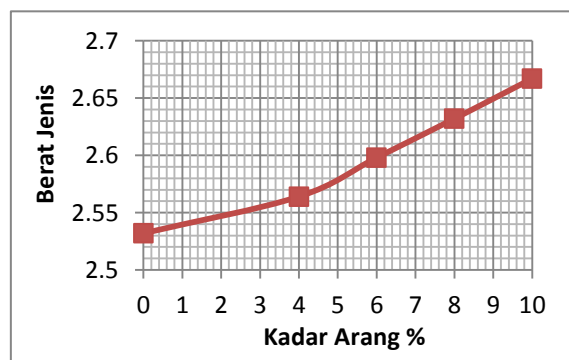
Berdasarkan hasil pengujian Atterberg terlihat bahwa akibat adanya penambahan kadar arang tempurung pada tanah, maka terjadi pengurangan pada batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) sedangkan batas plastis (PL) akan bertambah.

Dari hasil Indeks Plastisitas (PI) yang berkurang akibat penambahan kadar arang tempurung dapat disimpulkan bahwa potensi pengembangan tanah juga akan berkurang

Hasil Uji Berat Jenis

Tabel 8. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Tanah

% Arang	Berat Jenis
0	2.532
4	2.564
6	2.598
8	2.632
10	2.667



Gambar 3. Hubungan Antara Berat Jenis Tanah dengan Kadar Arang Tempurung

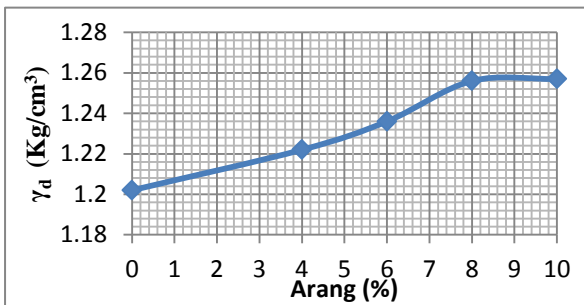
Berdasarkan hasil pengujian berat jenis terlihat bahwa akibat adanya penambahan kadar arang tempurung pada tanah, terjadi penambahan berat jenis tanah.

Pemadatan Tanah

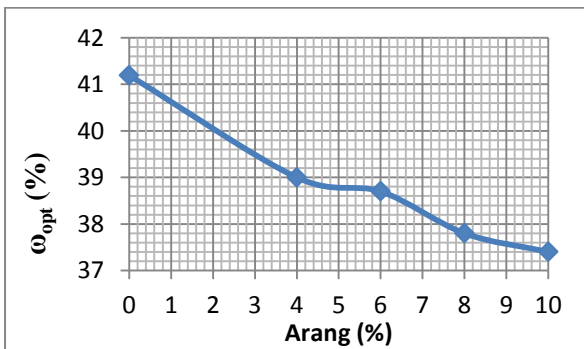
Hasil pengujian pemadatan tanah hasilnya dirangkum pada tabel 9 serta gambar 4. dan 5. berikut :

Tabel 9. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

% Arang	Berat Isi Kering Optimum (kg/cm ³)	Kadar Air Optimum (%)
0	1,202	41,19
4	1,222	39
6	1,236	38,7
8	1,256	37,8
10	1,257	37,4



Gambar 4. Hubungan antara Persen Arang Tempurung dengan Berat Kering Optimum Tanah



Gambar 5. Hubungan antara Persen Arang Tempurung dengan Kadar Air Optimum Tanah

Dari tabel dan grafik dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran arang tempurung pada perilaku kepadatan tanah adalah: semakin besar persentase arang tempurung semakin meningkat berat isi kering tanah serta semakin menurun kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan arang tempurung mengisi rongga pori tanah,

yang pada kondisi tanah asli, rongga pori tersebut terisi oleh air dan udara. Akibat adanya arang tempurung dalam rongga pori tanah ini, persentase air yang dikandung tanah menjadi berkurang. Peningkatan jumlah partikel padat pada tanah berdampak pada peningkatan berat volume keringnya dibandingkan pada kondisi tanah asli.

Uji Konsolidasi

Indeks Pemampatan (Cc) dan Indeks Pemampatan Kembali (Cr)

Indeks Pemampatan (Cc) dan Indeks Pemampatan Kembali (Cr) berhubungan dengan berapa besar konsolidasi primer (penurunan) yang akan terjadi. Kurva e (atau ε) terhadap logaritma p harus didasarkan sampai waktu pengamatan 1440 menit.

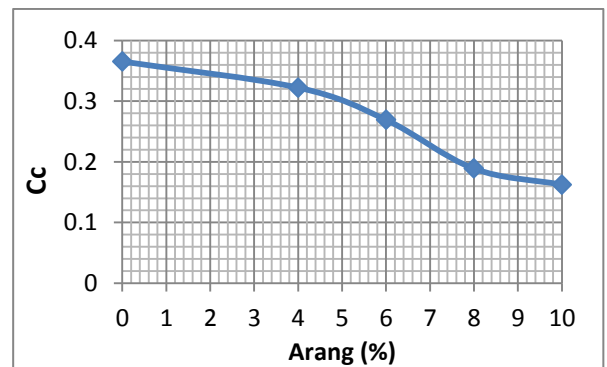
Hasil Uji Indeks Pemampatan kembali dan Indeks Pemampatan

Dari Tabel 10 Indeks Pemampatan dan Indeks Pemampatan Kembali terlihat bahwa penambahan arang tempurung dari 4% sampai 10% pada tanah akan mengurangi nilai Cc dan nilai Cr.

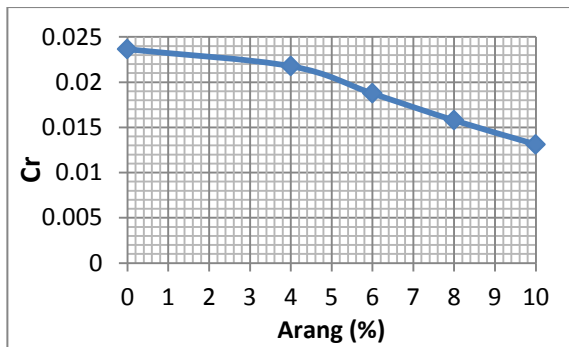
Besarnya presentase pengurangan nilai Cc yang terbesar terjadi pada kisaran tanah +6% arang tempurung ke +8% arang tempurung

Tabel 10. Indeks Pemampatan dan Indeks Pemampatan Kembali

Kadar Arang Tempurung	Indeks Pemampatan	Indeks Pemampatan Kembali
0	0.36541	0.02364
4	0.32236	0.02177
6	0.26932	0.01875
8	0.18887	0.01578
10	0.16239	0.01312



Gambar 6. Grafik Cc



Gambar 7. Grafik Cr

- Nilai Indeks Pemampatan (C_c) menunjukkan berapa besar penurunan akibat konsolidasi primer dapat terjadi. Berdasarkan hasil pengujian di peroleh pada kadar arang tempurung 6% ke 8% memberikan presentase penurunan nilai C_c yang terbesar
- Nilai Indeks Pemampatan Kembali (C_r) dapat menunjukkan besarnya penurunan akibat konsolidasi primer yang dapat terjadi, terutama pada lempung overconsolidated.
- Nilai C_r akan semakin berkurang dengan bertambahnya kadar arang tempurung.

Hasil Pengujian Indeks Pemampatan Sekunder C_α

Akan dibandingkan suatu nilai Indeks Pemampatan Sekunder (C_α) pada tegangan 16 kg/cm² dan tegangan 32 kg/cm².

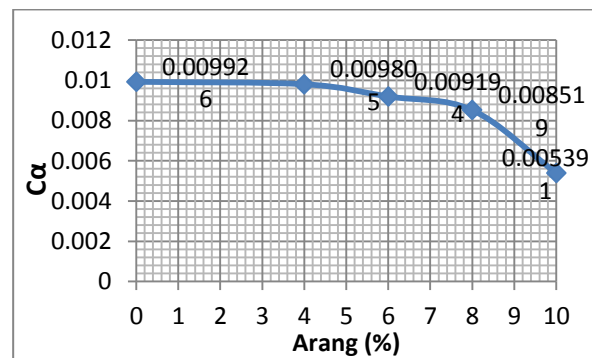
Besarnya penurunan konsolidasi sekunder merupakan fungsi waktu dari kemiringan kurva fase konsolidasi sekunder. Nilai C_α ditentukan dari grafik angka pori terhadap logaritma waktu dan besarnya nilai C_α dapat menunjukkan berapa besar suatu penurunan akibat konsolidasi sekunder yang akan terjadi.

- Nilai C_α menunjukkan berapa besar suatu penurunan konsolidasi sekunder dapat terjadi.
- Lintasan kurva konsolidasi sekunder berada pada bagian akhir dari kurva $e - \log t$. selama konsolidasi sekunder berlangsung, kurva $e - \log t$ adalah merupakan garis lurus tapi tidak horizontal. Untuk memperoleh keiringan kurva konsolidasi sekunder yang baik, diperlukan memperpanjang proses pengujian di laboratorium.
- Akibat penambahan kadar kapur pada tanah akan mempengaruhi kurva $e - \log t$. bagian kompersi awal yang disebabkan oleh pembebanan awal tidak terlihat. Pada kurva $e - \log t$ langsung berupa garis lurus yang menunjukkan proses konsolidasi primer

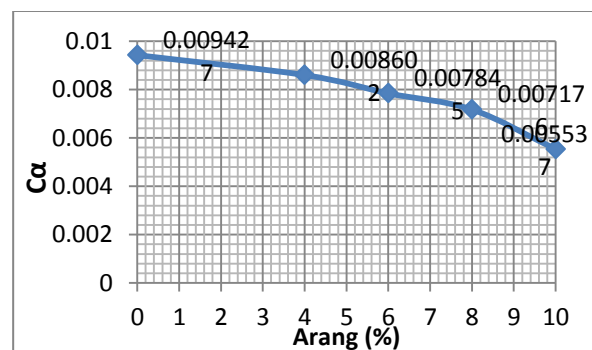
selanjutnya bagian lurus lebih rendah menunjukkan proses konsolidasi sekunder.

Tabel 11. Indeks Pemampatan Sekunder Tegangan 16 dan 32

Tegangan /% Arang	0	4	6	8	10
16	0.009926	0.009805	0.009194	0.0085196	0.005391
32	0.009427	0.008602	0.007845	0.007176	0.005537



Gambar 8. Grafik C_α Tegangan 16



Gambar 9. Grafik C_α Tegangan 32

Hasil Pengujian Koefisien Konsolidasi C_v

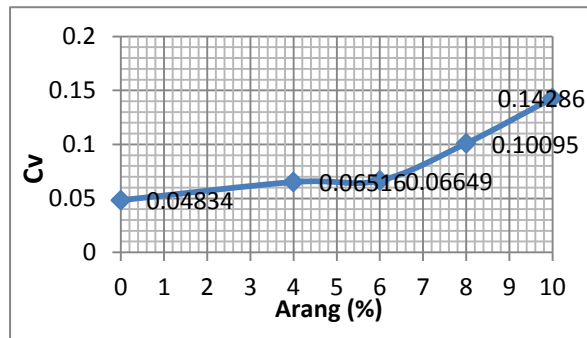
Untuk mengetahui pengaruh campuran arang tempurung pada lempung ekspansif akan dibandingkan suatu nilai C_v pada tegangan 4kg/cm² dan tegangan 8kg/cm².

Dari Tabel Koefisien C_v terlihat bahwa nilai C_v sangat bervariasi terhadap tegangan maupun penambahan arang tempurung. Koefisien konsolidasi adalah besaran yang menunjukkan lamanya suatu konsolidasi primer terjadi. Untuk mendapatkan pengaruh campuran arang tempurung terhadap nilai C_v maka diambil suatu nilai rata-rata C_v untuk besaran tegangan.

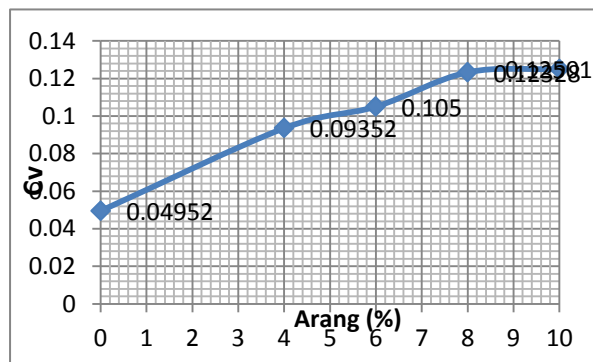
Penambahan arang tempurung dari 0%-10% pada tanah, mengakibatkan nilai C_v bertambah. Nilai C_v terbesar terjadi pada tanah +10% arang tempurung menunjukkan bahwa pada tanah +10% arang tempurung kecepatan konsolidasinya yang terbesar

Tabel 12. Koefisien Konsolidasi Tegangan 4 dan 8

Tegangan / % Arang	0	4	6	8	10
4	0.048337	0.065164	0.066496	0.100954	0.142866
8	0.049518	0.093522	0.105004	0.123285	0.125009



Gambar 10. Grafik C_v Tegangan 4



Gambar 11. Grafik C_v Tegangan 8

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil pengujian pencampuran semen (variasi campuran 0, 4, 6, 8, dan 10% berat) pada contoh tanah asli dengan IP = 38,2 dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji pemadatan dengan *proctor* standart didapatkan nilai $\gamma_{dmax} = 1,202 \text{ kg/cm}^3$ dan $\omega_{opt} = 41,19\%$. Penambahan arang

tempurung dengan variasi 4%, 6%, 8%, dan 10% telah meningkatkan γ_{dmax} masing-masing menjadi $1,222 \text{ kg/cm}^3$, $1,236 \text{ kg/cm}^3$, $1,256 \text{ kg/cm}^3$, dan $1,257 \text{ kg/cm}^3$ dengan ω_{opt} sebesar 39%, 38,7%, 37,8%, dan 37,4%.

2. Pengaruh penambahan arang tempurung pada tanah mengakibatkan nilai koefisien C_v akan bervariasi sesuai dengan kadar arang tempurung.
3. Pengaruh Penambahan arang tempurung akan mengurangi Indeks Pemampatan (C_c) pada tanah +6% arang tempurung nilai C_c mempunyai persentase pengurangan yang optimum.
4. Nilai C_c akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_c , maka penurunan akibat konsolidasi primer yang terjadi semakin kecil
4. Pengaruh penambahan arang tempurung pada tanah akan mengurangi Indeks Pemampatan Kembali (C_r) Indeks Pemampatan Kembali akan semakin kecil dengan berkurangnya kepadatan
5. Pengaruh penambahan arang tempurung pada tanah akan mengurangi Indeks Tekanan sekunder (C_α)

Nilai C_α akan menunjukkan besarnya penurunan konsolidasi primer yang dapat terjadi. Semakin kecil nilai C_α , maka penurunan akibat konsolidasi sekunder yang terjadi semakin kecil.

Saran

1. Perlu diadakan pengujian dengan kemungkinan bahan campuran kombinasi lainnya. Misalnya pengkombinasian dengan bahan-bahan : abu batu bara, gypsum, semen atau zat kimia penstabil lain.
2. Untuk mendapatkan hasil pengujian konsolidasi yang lebih baik, sebaiknya memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhinya, antara lain; temperatur, getaran ratio peningkatan beban dan lama waktu pembebanan. Selain itu juga kesalahan pengujian yang disebabkan faktor manusia harus diperkecil.
3. Untuk mendapatkan nilai C_α yang lebih baik, dianjurkan agar waktu pengamatan di laboratorium diperpanjang dan pembacaan arloji diperbanyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1988. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1988. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nelson, D. J., Miller, J. D., 1992. *Expansive Soil*, John Wiley & Sons, inc, New York.
- Soedarmo Djatmiko, G., 1997. *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sudjianto, A. T, 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCL)*, Jurnal Teknik Sipil, Volume 8 No. 1. (Hal. 53 – 63)
- Wesley, D. L., 2010. *Mekanika Tanah*, Andi, Yogyakarta.