

IDENTIFIKASI KERUSAKAN KONSTRUKSI AKIBAT POTENSI PENGEMBANGAN TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DESA OEBELO

Rosmiyati A. Bella¹ (qazebo@yahoo.com)
Wilhelmus Bunganaen² (wilembunganaen@yahoo.co.id)
Paulus M. Sogen³ (sogen204@yahoo.com)

ABSTRAK

Desa Oebelo merupakan desa yang terletak di Kecamatan Kupang Tengah Kabupaten Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur. Berdasarkan penelitian Sonbay (2010), tanah di Oebelo merupakan tanah lempung ekspansif, dengan kandungan mineral *montmorillonite* sebanyak 75% dan *kaolinite* sebanyak 25%. Tanah lempung yang mengandung *Montmorillonite* sangat mudah mengembang ketika terjadinya perubahan kadar air. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai potensi pengembangan dan tekanan pengembangan tanah lempung ekspansif di Desa Oebelo pada variasi kadar air asli, kadar air 30% dan kadar air 40% serta Mengetahui hubungan antara tingkat kerusakan konstruksi terhadap potensi pengembangan tanah lempung ekspansif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengamatan secara langsung di lapangan sebagai langkah awal guna mengidentifikasi kerusakan rumah dan wawancara terhadap pemilik rumah untuk mengetahui riwayat pembangunan dan kerusakan konstruksi serta pengujian sampel tanah di laboratorium untuk mengetahui potensi pengembangan tanah. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian potensi pengembangan dan penurunan satu dimensi tanah kohesif menggunakan SNI 6424-2008 (Metode A). Berdasarkan identifikasi kerusakan, wawancara dan pengujian pengembangan di laboratorium menunjukkan bahwa tingginya potensi pengembangan tanah menyebabkan tingkat kerusakan yang tinggi.

Kata Kunci : Tanah, Lempung, Ekspansif, Pengembangan, Kerusakan

ABSTRACT

Oebelo Village is a village that is located at Central Kupang District of East Nusa Tenggara Province. Based on the research by Sonbay (2010), Oebelo soil is expansive clay with percentage of mineral content are 75% of montmorillonite and 25% of kaolinite. Clay with montmorillonite is easy to swell when the water content changing. The purpose of this research is to know the value of swelling potential and swelling pressure in Oebelo Village at the condition of real water content variation, 30% of water content and 40% of water content and also to know the correlation between the value of construction damage against the swelling potential of expansive clay. The method used in this research is the direct observations in the field as a first step to identify the damage to house and interviews with house owners to know the history of the development and construction damage and testing of soil samples in the laboratory to determine the swelling potential soil. Tests were done is test the swelling potential and the consolidation one-dimensional of cohesive soil according to SNI 6424-2008 (A method). Based on the interview and swelling test at the laboratory showing that the high potential of soil swelling causing high value of destruction.

Keywords: Soil, Clay, expansive, Swelling, Destruction

¹ Dosen pada Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

² Dosen pada Jurusan Teknik Sipil, FST Undana;

³ Penamat dari Jurusan Teknik Sipil, FST Undana

PENDAHULUAN

Lempung ekspansif merupakan jenis tanah berbutir halus yang terbentuk dari mineral – mineral ekspansif. Kandungan mineral ekspansif mengakibatkan lempung ini memiliki potensi kembang susut tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Sifat kembang susut bisa menimbulkan kerusakan pada bangunan (Hardiyatmo, 2006). Beberapa jenis kerusakan yang dapat terjadi pada bangunan yang didirikan di atas tanah yang ekspansif di antaranya : lantai rumah bergelombang dan mengalami retak-retak, dinding tembok rumah pecah dan merekah lebar, jalan raya bergelombang dan diikuti oleh retak-retak, miringnya abutmen jembatan karena pergerakan tanah di belakangnya (Mochtar, 2000 dalam Wardana dan Dwipa, 2012).

Oebelo merupakan suatu wilayah di propinsi Nusa Tenggara Timur yang memiliki jenis tanah lempung ekspansif (Sonbay, 2010). Berdasarkan pengamatan awal, penulis menemukan sejumlah kerusakan konstruksi (rumah) di wilayah tersebut dengan jenis kerusakan yang beraneka ragam.

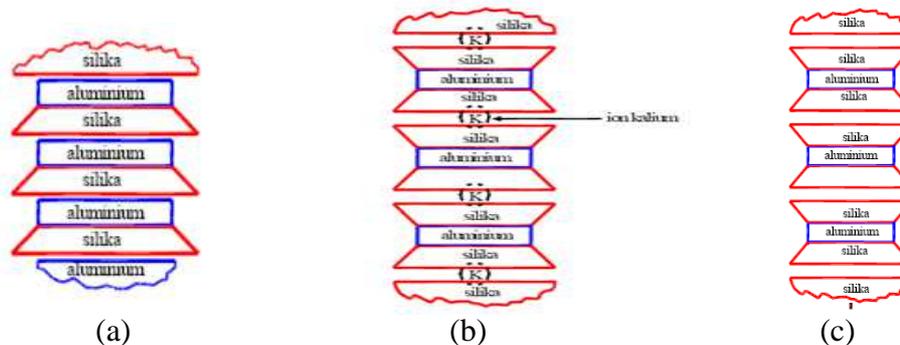
TINJAUAN PUSTAKA

Struktur Mineral Penyusun Lempung

Kaolinite adalah salah satu struktur utama mineral lempung. Bagian dasar struktur ini adalah gabungan lembaran tunggal *silica tetrahedron* dengan *alumina octahedron* (Gambar 1.a). Substitusi isomorfis praktis tidak terjadi dalam struktur ini. Kombinasi lembaran *silica*–*alumina* diperkuat oleh hidrogen sebagai perekat. Mineral ini stabil dan air tidak dapat masuk di antara lempengannya untuk menghasilkan pengembangan atau penyusutan pada sel satuannya (Hardiyatmo, 2006).

Illite mempunyai struktur dasar sebuah lembaran *alumina octahedron* yang diapit oleh dua lembaran *silika tetrahedron* (Gambar 1.b). Pada bagian *oktahedral* terjadi substitusi sebagian *aluminium* oleh *magnesium* dan besi, sedangkan pada bagian *tetrahedral* terjadi substitusi sebagian *silikon* oleh *aluminium*. Kombinasi lembaran-lembaran tersebut di atas berikatan satu sama lain oleh ion-ion lemah *kalium* (K^+), lebih lemah dari pada ikatan *hidrogen* yang mengikat satuan kristal *kaolinite*, tapi sangat lebih kuat dari pada ikatan ionik yang membentuk kristal *montmorillonite*. Susunan *illite* tidak mengembang oleh gerakan air di antara lembaran-lembarannya (Hardiyatmo, 2006).

Montmorilonit adalah mineral yang dibentuk oleh dua buah lembaran *silika* dan satu lembaran *aluminium*. Dalam lembaran *oktahedral* terdapat substitusi parsial *aluminium* oleh *magnesium* (Gambar 1.c). Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air. Adanya gaya ikatan *van der Waals* yang lemah di antara ujung lembaran silika dan terdapat kekurangan muatan negatif dalam lembaran *oktahedral*, sehingga air dan ion-ion dapat masuk dan memisahkan lapisannya. Jadi, kristal *montmorillonite* pada waktu tertentu mempunyai gaya tarik yang kuat terhadap air (Hardiyatmo, 2006).



Gambar 1. Mineral Lempung (a) Kaolinite, (b) Illite, (c) Montmorilonit (Hardiyatmo, 2006)

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah cara untuk menentukan jenis tanah ke dalam suatu kelompok atau subkelompok sehingga dapat memperoleh gambaran sifat dan kelakuan dari tanah. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu USCS (*Unified Soil Classification System*) dan AASHTO (*American Association of Soil Highway and Transportation Officials Classification*).

Pengujian Sifat – sifat Fisik Tanah

Analisa Butiran Tanah

Tanah terdiri dari beraneka ragam ukuran butiran dengan perbandingan prosentase ukuran butiran yang beraneka ragam. Distribusi ukuran tanah berbutir kasar ditentukan dengan metode pengayakan sedangkan untuk tanah berbutir halus ditentukan dengan metode sedimentasi pengendapan dengan alat hydrometer (Smith, 1984) . Diameter butiran halus ditentukan dengan persamaan:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (1)$$

Dengan :

D = Diameter butiran (mm)

K = Konstanta yang merupakan hubungan antara temperature benda uji dan berat jenis tanah

L = Jarak antara permukaan suspensi ke tempat kepadatan suspense (mm)

T = Interval waktu dari mulai pengendapan sampai waktu pembacaan (menit)

Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air (W) adalah perbandingan antara berat air yang dikandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen (Hardiyatmo, 2006).

$$W = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_3 - M_1)} \times 100 \% \quad (2)$$

Dengan :

W = Kadar air (%)

M₁ = Massa cawan kosong (gr)

M₂ = Massa cawan + tanah basah (gr)

M₃ = Massa cawan + tanah kering (gr)

Berat Spesifik Tanah (Gs)

Berat spesifik adalah perbandingan (rasio) antara berat kering butiran tanah dan masa air suling pada volume yang sama dengan volume butiran tersebut. Nilai Gs ini dapat dipakai untuk mengetahui berat relatif tanah terhadap berat air yang mempunyai berat volume sebesar satu (Budi, 2011). Besarnya berat jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$G_s = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_2 - M_1) - (M_3 - M_4)} \quad (3)$$

Dengan :

G_s = Berat spesifik/berat jenis tanah

M₁ = Massa piknometer kosong (gr)

M₂ = Massa piknometer + tanah kering (gr)

M₃ = Massa piknometer + tanah kering + air (gr)

M_4 = Massa piknometer + air (gr)

Batas-Batas Konsistensi

Berdasarkan kadar airnya tanah, tanah digolongkan dalam tiga kondisi yaitu kondisi cair, plastis, semi-padat atau padat (Hardiyatmo, 2006). Pada volume butiran tanah yang konstan, apabila kadar air di dalam tanah lempung tersebut relatif tinggi, maka tanah lempung bersifat seperti cairan yang kental, dan kondisi ini disebut fase cair. Kadar air di dalam tanah lempung dibiarkan sedikit demi sedikit menguap, maka tanah lempung mulai mengeras dan mempunyai kemampuan untuk menahan perubahan bentuk. Kondisi ini dinamakan fase plastis. Jika kadar air dibiarkan menguap lebih lanjut, maka tanah lempung mengalami penyusutan (*shrink*), kaku dan mudah retak. Kondisi ini dinamakan fase setengah-padat (*semi solid*). Pada proses penurunan kadar air, tanah lempung jenuh akan mengalami penyusutan yang besarnya sebanding dengan besarnya kehilangan volume air. Apabila kehilangan kadar air di dalam tanah tidak lagi menyebabkan perubahan volume total tanah (penyusutan), maka kondisi ini dinamakan fase padat. Batas antara fase-fase tersebut dinamakan batas-batas Atterberg (Budi, 2011).

Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Potensi Pengembangan

Pengembangan merupakan proses yang agak kompleks dibandingkan dengan penyusutan (Yong dan Warkentin, 1975 dalam Hardiyatmo, 2006). Berdasarkan SNI 6424-2008 pengujian potensi pengembangan dan penurunan satu dimensi tanah kohesif terdiri dari 3 cara yaitu:

a. Cara A

Benda uji digenangi air dan dibiarkan mengembang secara vertikal pada tekanan penyeimbang antara 1-2 kPa sampai pengembangan primer selesai. Benda uji kemudian dibebani secara bertahap sampai kembali ke kondisi semula (kembali ke angka pori/tinggi awal atau pembacaan awal). Cara uji ini dilakukan untuk mengukur persentase pengembangan dan tekanan pengembangan.

b. Cara B

Benda uji diberi tekanan vertikal, yang lebih besar dari tekanan penyeimbang, sebelum air dimasukkan ke dalam konsolidometer. Besarnya tekanan vertical biasanya sama dengan besarnya tekanan lapangan (*overburden pressure*) atau sebesar beban struktural atau keduanya, atau bervariasi, tergantung dan aplikasinya. Benda uji kemudian digenangi air yang mengakibatkan benda uji mengembang, atau mengalami kontraksi. Besarnya pengembangan atau penurunan pada tekanan tertentu, harus dibaca setelah arloji pembacaan menunjukkan deformasi yang relative kecil atau telah hampir konstan.

c. Cara C

Setelah benda uji digenangi air pada tekanan lapangan, tinggi benda uji dijaga supaya tidak berubah/mengembang dengan cara mengatur besarnya tekanan (beban) vertikal untuk memperoleh tekanan pengembangan. Setelah itu, pembebanan dilanjutkan seperti halnya pengujian konsolidasi. Data dari beban yang dikurangi secara bertahap digunakan untuk memperkirakan potensi pengangkatan (*heave*). Tekanan pengembangan, tekanan prakonsolidasi dan persentase pengangkatan atau penurunan dalam rentang tekanan vertikal yang digunakan. Untuk menghitung besarnya nilai potensi pengembangan pada hasil pengujian tanah lempung dapat digunakan persamaan *Holtz dan Gibbs* (1956) (Pah, 2010) sebagai berikut:

$$S = \frac{v_t - v_o}{v_o} \times 100\% \quad (4)$$

$$S = \frac{\Delta v}{v_o} \times 100\% \quad (5)$$

Dengan :

S = Pengembangan bebas (%)

v_t = Volume benda uji akhir pengujian (cm^3)

v_0 = Volume benda uji awal pengujian (cm^3)
 Δv = Perubahan volume benda uji (cm^3)

Dari rumus 5 di atas dapat disederhanakan untuk menentukan potensi pengembangan arah vertikal, sebagai berikut:

$$S_v = \frac{\Delta H}{H_0} \times 100\% = \frac{e_{sc} - e_0}{e_0} \times 100\% \tag{6}$$

Dengan :

S_v = Potensi pengembangan arah vertikal (%)
 H_0 = Tinggi awal contoh tanah (cm)
 ΔH = Perubahan tinggi contoh tanah (cm^3)
 e_{sc} : Angka pori setelah terjadi pengembangan
 e_0 = Angka pori awal

Pada umumnya, hubungan antara ΔH dan Δe untuk penentuan angka pori pada tiap pembebanan dapat dinyatakan oleh:

$$\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1 - e_0}{H} \tag{7}$$

$$\Delta e = \left(\frac{1 - e_0}{H} \right) \times \Delta H \tag{8}$$

Tekanan Pengembangan

Tekanan pengembangan adalah tekanan yang mencegah tanah untuk mengembang dan tekanan ke tanah mempengaruhi pengembangan tanah (Hardiyatmo, 2006). Berdasarkan SNI 6424-2008 pengujian potensi pengembangan dan penurunan satu dimensi tanah kohesif, Tekanan pengembangan adalah tekanan yang diperlukan agar mencegah tanah tidak mengalami pengembangan seperti yang di peroleh dari cara C, ataukah tekanan yang diperlukan untuk mengembalikan benda uji kembali ke kondisi atau angka pori semula seperti pada pengujian cara A dan cara B.

Identifikasi Tingkat Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif

Altmeyer (1955) sebagaimana dikutip Chen (1975), membuat acuan mengenai derajat pengembangan tanah lempung berdasarkan nilai persentase batas susut Atterberg (Hardiyatmo, 2006), seperti yang tercantum dalam Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Klasifikasi Potensi Mengembang Tanah Berdasarkan Batas Susut

Batas Susut Atterberg (%)	Derajat mengembang
< 10	Kritis
10 - 12	Sedang
> 12	Tidak Kritis

Menurut Seed et al (1962) potensi pengembangan untuk tanah alami (*natural soil*) didasarkan oleh indeks plastisitas tanah yang dinyatakan oleh persamaan 9 berikut ini:

$$S = K (60) (PI)^{2.44} \tag{9}$$

Dengan :

S = Potensi pengembangan (%)
 PI = Plastisitas Indeks (%)
 K = 3.6×10^{-5}

Berdasarkan persamaan 9 di atas penggolongan kemampuan pengembangan tanah menurut Seed et al (1962) terbagi atas 4 kelompok. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Klasifikasi Derajat Ekspansif (Seed et al., 1962 dalam Hardiyatmo, 2006)

Derajat ekspansif	Potensi Pengembangan, S (%)
Rendah	0 - 1.5
Sedang	1.5 – 5
Tinggi	5 – 25
Sangat Tinggi	> 25

Menurut. Sridharan dkk, (2000), tentang prosedur klasifikasi tanah ekspansif, tingkat pengembangan tanah lempung ekspansif dapat diuraikan seperti pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Klasifikasi Tingkat Pengembangan (Sridharan dkk, (2000))

Persentase Pengembangan Oedometer	Tipe Tanah	Tingkat Ekspansif
< 1	Tidak Mengembang	Sangat Rendah
1 - 5	Mengembang dan tidak Mengembang	Rendah
5 - 15	Mengembang	Sedang
15 - 25	Mengembang	Tinggi
> 25	Mengembang	Sangat Tinggi

Snethen (1984) menyarankan definisi potensi pengembangan adalah perubahan volume arah vertical menggunakan alat uji kosolidometer yang dinyatakan dalam persen terhadap tinggi awal pada suatu contoh tanah tak terganggu (Hardiyatmo, 2006). Klasifikasi pengembangan tanah ekspansif menurut snethen diperlihatkan dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4 Klasifikasi Tanah Ekspansif (Snethen, 1984 dalam Hardiyatmo, 2006)

Potensi Pengembangan (%)	Klasifikasi Pengembangan
< 0.5	Rendah
0.5 - 1.5	Sedang
> 1.5	Tinggi

METODE PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

1) Metode Wawancara

Melakukan tanya jawab dengan warga setempat sebagai langkah awal untuk mengidentifikasi kerusakan konstruksi dan penyebab kerusakan konstruksi di Desa tersebut.

2) Metode Observasi

Pengambilan data melalui pengujian di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil terhadap objek penelitian. Untuk observasi di lokasi penelitian, pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan dan pengukuran secara langsung kerusakan pada rumah tinggal warga di Desa Oebelo.

Prosedur Pelaksanaan

1) Persiapan

Untuk menunjang penelitian maka dilakukan pengamatan awal terkait kerusakan konstruksi di Desa Oebelo, merumuskan masalah yang ditinjau, pengajuan proposal penelitian sebagai langkah awal untuk melakukan penelitian dan mengurus surat perijinan kepada instansi terkait yang berhubungan dengan penelitian.

2) Pekerjaan Lapangan

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan wawancara terhadap warga Desa Oebelo selaku pemilik rumah yang mengalami kerusakan konstruksi.
- b. Pengambilan sampel di lapangan (lokasi) yang telah ditentukan sebagai sampel untuk penelitian. Penentuan lokasi sampel yang diambil berdasarkan lokasi rumah warga yang mengalami kerusakan. Kedalaman sampel tanah yang diambil berdasarkan kedalaman pondasi dari masing masing rumah.

3) Pengujian Laboratorium

Pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Nusa Cendana, Kupang. Pekerjaan laboratorium meliputi pengujian pendahuluan untuk menentukan sifat fisik tanah dan pengujian utama untuk menentukan potensi pengembangan dan tekanan pengembangan.

Teknik Analisa Data

Teknik analisa data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu mengidentifikasi dan mendeskripsikan kerusakan rumah yang ditemukan di lokasi penelitian kemudian dihubungkan dengan hasil pengujian laboratorium yaitu pengujian batas-batas konsistensi, pengujian potensi pengembangan dan pengujian tekanan pengembangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Observasi dan Wawancara

Dalam penelitian ini, objek penelitian adalah rumah tinggal warga permanen yang mengalami kerusakan, Pengamatan dan wawancara dilakukan terhadap 17 rumah.

Tabel 5 Objek Pengumpulan Data Kerusakan Rumah

No.	Pemilik Rumah	RT/RW
1	Halima Aj Abdul Kadir	001/001
2	Lawai Soares	005/003
3	Mateus Guteris	008/004
4	Aleksander Mau	013/005
5	Badrik Adel John Messakh	001/001
6	Nikanor Mooy Mbatu	009/006
7	Ferdinand Muloko	016/006
8	Petronela Watimena	004/002
9	Tobias Misa	001/001
10	Yafred Anin	004/003
11	Sefanye B. Bulan	002/001
12	Benyamin Tamonob	011/006
13	Luis Sarmento	005/003
14	Yohanes Tune	001/001
15	Amaut Y. Nalle	001/001
16	Anastasia Bria	019/007
17	Julius Daud	006/004

Untuk memastikan penyebab kerusakan pada rumah yang ditinjau adalah akibat dari pengembangan tanah maka ditentukan beberapa hal yang menjadi patokan penentuan rumah sebagai sampel penelitian yaitu:

- a. Konstruksi memiliki bagian-bagian struktur yang lengkap seperti sloof, kolom, dan ringbalk.
- b. Kolom, sloof dan ringbalk menggunakan beton bertulang.
- c. Umur konstruksi di bawah 10 tahun

Daftar rumah-rumah yang ditentukan sebagai objek pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6 Objek Pengambilan Sampel Tanah

Sampel	Pemilik Rumah	Umur Rumah
LS-1	Luis Sarmento	10 Tahun
AN-2	Amaut Y. Nalle	8 Tahun
YA-3	Yafred Anin	5 Tahun
TM-4	Tobias Misa	5 Tahun
HK-5	Halima aj Abdul Kadir	4 Tahun
MG-6	Mateus Guterres	9 Tahun

Tabel 7 Data Kerusakan Rumah

Sampel	Kerusakan yang terjadi
LS-1	<ul style="list-style-type: none"> - Terbelahnya dinding pada 6 bagian dinding, dinding yang terbelah mencapai 3 meter dengan lebar celah 15 cm - Retak pada semua bagian lantai dengan lebar retak 2 cm - Retak memanjang sambungan antara sloof dengan pondasi.
AN-2	<ul style="list-style-type: none"> - Retak pada dinding berjumlah 7 bagian, dimensi retak panjang 2 m dan celah retak 3 cm - Retak pada lantai dengan lebar celah retak mencapai 8 cm. - Rumah baru 1 tahun direnovasi karena kerusakan parah pada dinding.
YA-3	<ul style="list-style-type: none"> - Retak pada sambungan antara kolom dengan dinding dengan lebar celah 2 cm - Retak pada dinding berjumlah 2 dengan lebar retak 1 cm
TM-4	<ul style="list-style-type: none"> - Dinding retak pada 5 bagian dengan retak maks. panjang 1.4 m dan lebar 1 cm . - Retak dengan lebar 1 cm menyebar hampir di setiap bagian lantai.
HK-5	<ul style="list-style-type: none"> - Retak diagonal pada dinding dengan panjang retak 2 m dan lebar celah retak maksimum 5 mm. - Retak pada dinding berjumlah 2 bagian
MG-6	<ul style="list-style-type: none"> - Retak pada dinding berjumlah 3 bagian - Retak maksimum panjang 2.9 m dan lebar retak 6 mm.

Berdasarkan uraian di atas maka kerusakan rumah dari keenam sampel di atas dapat dikelompokkan dalam 2 tipe kerusakan yang diuraikan pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8 Identifikasi Kerusakan Rumah Akibat Tanah Ekspansif

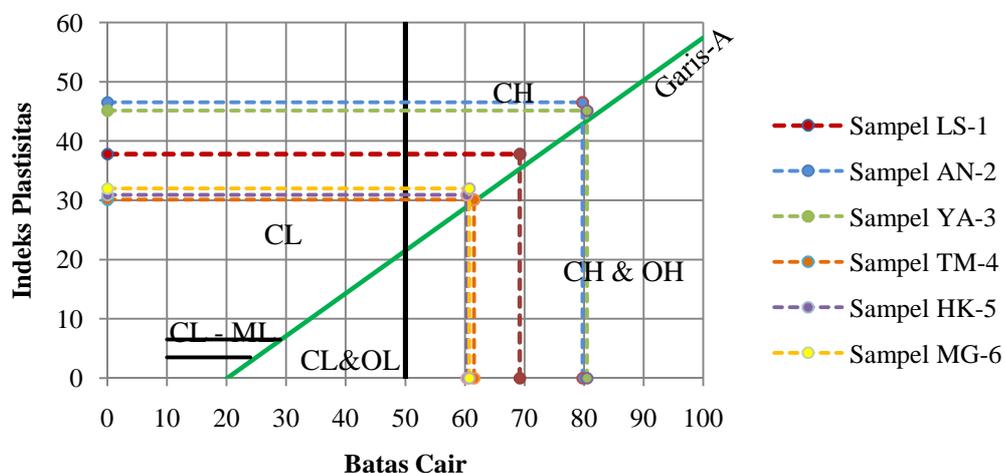
Tipe Kerusakan	Kerusakan	Keterangan
Tipe 1	- Dinding Terbelah (celah retak ≥ 2 cm) - Retak pada lantai dengan celah retak ≥ 2 cm	Kerusakan Berat
Tipe 2	- Retak Pada dinding (celah retak < 2 cm) - Retak pada lantai dengan celah retak < 2 cm	Kerusakan Ringan

Hasil Pengujian Laboratorium

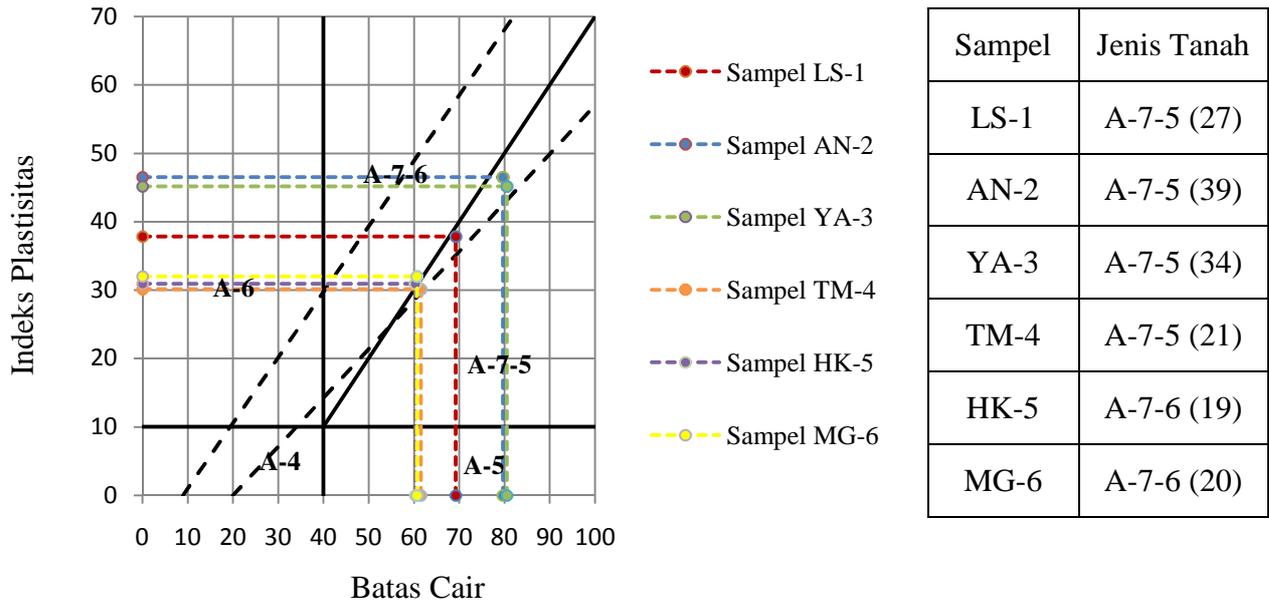
Tabel 9 Sifat – sifat Fisik Tanah

Sampe l	Kadar air Asli (%)	% Lolos Ayakan No. 200	Batas Cair (LL) (%)	Batas Plastis (PL) (%)	Indeks Plastisitas (PI) (%)	Batas Susut (SL) (%)
LS-1	17.13	68.97 %	69.2	31.37	37.83	10.85
AN-2	16.23	76.45 %	79.7	33.17	46.53	8.81
YA-3	18.34	70.22 %	80.5	35.34	45.16	7.53
TM-4	17.10	67.86 %	61.55	31.42	30.13	11.45
HK-5	19.31	63.38 %	60.35	29.43	30.92	12.36
MG-6	18.93	63.91 %	60.7	28.69	32.01	12.32

Klasifikasi Tanah



Gambar 2 Grafik Plastisitas Sistem Klasifikasi USCS



Gambar 3 Grafik Plastisitas Sistem Klasifikasi AASHTO

Sifat Mekanik Tanah

Tabel 10 Potensi Pengembangan Pada Tekanan 1.5 KPa

Sampel	Pemilik Rumah	Potensi Pengembangan (%) pada Kadar Air		
		Kadar Air Asli	30%	40%
LS-1	Luis Sarmento	13.19%	4.26%	3.41%
AN-2	Amaut Y. Nalle	11.24%	3.36%	2.43%
YA-3	Yafred Anin	12.25%	3.485%	2.63%
TM-4	Tobias Misa	6.54%	2.23%	1.627%
HK-5	Halima aj Abdul Kadir	6.198%	2.069%	1.473%
MG-6	Mateus Guteris	6.257%	2.175%	1.57%

Tabel 11 Tekanan Pengembangan

Sampel	Pemilik Rumah	Tekanan Pengembangan (KPa) pada Kadar Air		
		Kadar Air Asli	30%	40%
LS-1	Luis Sarmento	15.7 KPa	7.8 KPa	6.4 KPa
AN-2	Amaut Y. Nalle	25.7 KPa	14.5 KPa	11.8 KPa
YA-3	Yafred Anin	22 KPa	13.5 KPa	11.2 KPa
TM-4	Tobias Misa	15.3 KPa	6.2 KPa	5.7 KPa
HK-5	Halima aj Abdul Kadir	12.5 KPa	6 KPa	5.4 KPa
MG-6	Mateus Guteris	13.3 KPa	6.1 KPa	5.5 KPa

Pembahasan

Derajat Ekspansif Berdasarkan Batas-Batas Atterberg

Altmeyer (1955) sebagaimana dikutip Chen (1975), membuat acuan mengenai derajat pengembangan tanah lempung berdasarkan nilai persentase batas susut Atterberg (Hardiyatmo, 2006). Pengelompokan potensi pengembangan tanah dari masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 12 Klasifikasi Potensi Pengembang Tanah Berdasarkan Batas Susut

Sampel	Batas Susut (SL) %	Derajat Ekspansif
LS-1	10.85	Sedang
AN-2	8.81	Kritis
YA-3	7.53	Kritis
TM-4	11.45	Sedang
HK-5	12.36	Tidak Kritis
MG-6	12.32	Tidak Kritis

Menurut Seed et al (1962) dalam Hardiyatmo, (2006), potensi pengembangan tanah didasarkan oleh indeks plastisitas tanah. Pengelompokan derajat ekspansif tanah dari masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 13 berikut ini.

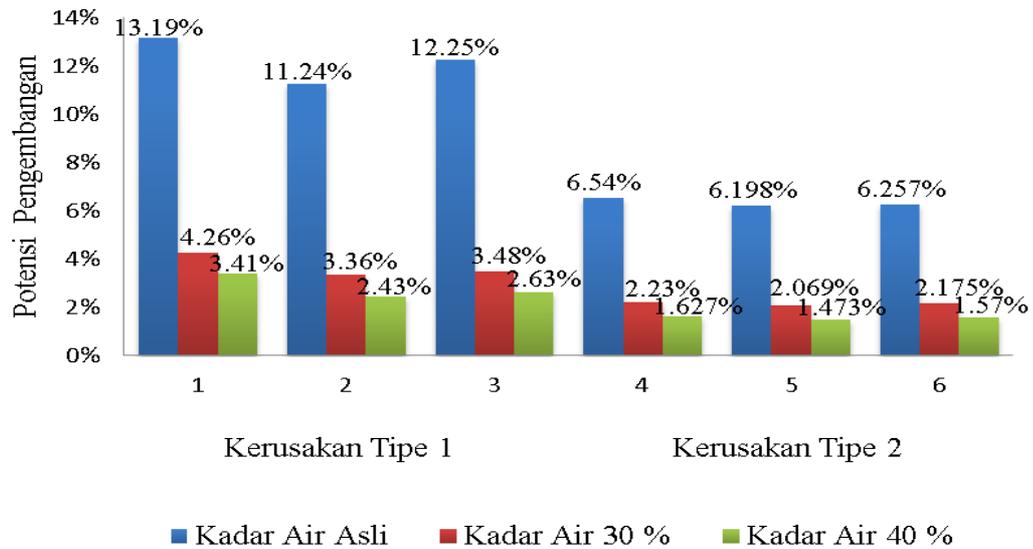
Tabel 13 Pengelompokan Derajat Ekspansif Tanah

Sampel	PI (%)	Potensi Pengembangan ($S=K(60)(PI)^{2.44}$)	Derajat ekspansif
LS-1	37.83	15.29	Tinggi
AN-2	46.53	25.34	Sangat Tinggi
YA-3	45.16	23.55	Tinggi
TM-4	30.13	8.77	Tinggi
HK-5	30.92	9.35	Tinggi
MG-6	32.01	10.17	Tinggi

Tingkat Ekspansif Tanah Berdasarkan Pengujian Pengembangan Oedometer

Menurut Sridharan, dkk (2000), tentang prosedur klasifikasi tanah ekspansif, tingkat pengembangan tanah lempung ekspansif yang diuraikan seperti pada Tabel 3 mengenai hubungan antara potensi pengembangan terhadap tingkat ekspansif tanah menunjukkan bahwa pada kadar air asli, potensi pengembangan berkisar antara 5% - 15%, maka tingkat ekspansif tergolong sedang. Kadar air pada tanah bertambah menjadi 30% dan 40%, tingkat ekspansif tanah tergolong pada ekspansif tingkat rendah karena berkisar antara 1% - 5%. Klasifikasi pengembangan tanah ekspansif menurut Snethen (1984) dalam Hardiyatmo, (2006) yang di tunjukan dalam Tabel 4 menggolongkan setiap sampel memiliki potensi pengembangan yang tinggi karena potensi pengembangannya lebih besar dari 1.5%, kecuali sampel HK-5 pada kadar air 40% yang tergolong sedang.

Hubungan Potensi Pengembangan Tanah Terhadap Kerusakan Rumah



Gambar 4 Diagram Perbandingan Tipe Kerusakan Terhadap Potensi Pengembangan Pada Variasi Kadar Air

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada rumah dengan kerusakan tipe 1 memiliki potensi pengembangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan potensi pengembangan pada rumah yang mengalami kerusakan Tipe 2 Hal tersebut membuktikan bahwa nilai potensi pengembangan tanah yang semakin tinggi menimbulkan kerusakan rumah yang semakin tinggi. Kandungan kadar air dalam tanah sangat mempengaruhi pengembangan tanah. Pengembangan tanah pada kadar air asli jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pengembangan tanah pada kadar air 30% dan 40%. Hal ini disebabkan karena volume *void* pada tanah yang relatif kering di mana kadar airnya kecil terisi lebih banyak pori-pori udara sehingga memungkinkan lebih banyak air yang masuk untuk mengisi pori-pori tersebut, sedangkan pada tanah dengan kadar air 30% dan 40% memiliki pori-pori udara yang lebih kecil dibandingkan tanah pada kadar air asli karena sebagian besar volume *void* tanah sudah terisi air, oleh sebab itu air yang masuk untuk mengisi pori-pori udara juga kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada bab IV, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai potensi pengembangan tanah lempung ekspansif di Desa Oebelo pada masing-masing rumah mengalami penurunan ketika persentase kadar air pada tanah ditingkatkan. Pada rumah yang tergolong kerusakan Tipe I (kerusakan berat), potensi pengembangan berada pada 13.19% untuk kadar air asli sampai 2.43% pada kadar air 40%. Pada rumah yang tergolong kerusakan Tipe II (kerusakan ringan), potensi pengembangan berada pada 6.54% untuk kadar air asli sampai 1.473% pada kadar air 40%.
2. Nilai tekanan pengembangan tanah lempung ekspansif di Desa Oebelo pada masing-masing rumah mengalami penurunan ketika persentase kadar air pada tanah ditingkatkan. Pada rumah yang tergolong kerusakan Tipe I (kerusakan berat), tekanan pengembangan berada pada 25.7 KPa untuk kadar air asli sampai 6.4 KPa pada kadar air 40%. Pada rumah yang tergolong kerusakan Tipe II, tekanan pengembangan berada pada 15.3 KPa untuk kadar air asli sampai 5.4 KPa pada kadar air 40%.
3. Tingkat kerusakan konstruksi (rumah) sangat dipengaruhi oleh potensi pengembangan tanah. Semakin tinggi potensi pengembangan tanah maka tingkat kerusakan konstruksipun

semakin tinggi. Pada sampel YA-3 di mana potensi pengembangannya tinggi namun kerusakan yang terjadi hanya pada persambungan antara kolom dan dinding sedangkan pada lantai tidak terjadi kerusakan.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama dengan jumlah sampel yang lebih banyak sehingga dapat diketahui dengan jelas batas maksimum dan minimum potensi pengembangan untuk masing-masing tingkat kerusakan.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kerusakan konstruksi akibat adanya penurunan/konsolidasi pada tanah lempung ekspansif.
3. Konstruksi rumah harus memiliki komponem konstruksi yang lengkap seperti kolom, sloof dan ringbalk.
4. Berdasarkan penelitian ini dapat dilihat bahwa sampel YA3 memiliki potensi pengembangan yang tinggi namun pada rumah tersebut tidak terjadi kerusakan pada lantai. Berdasarkan hasil wawancara terhadap pemilik rumah, urugan pada lantai rumah tersebut menggunakan tanah putih yang dipadatkan, oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan tanah putih untuk meminimalisir kerusakan rumah akibat potensi pengembangan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Gogot S; 2011; **Pengujian Tanah di Laboratorium**; Graha Ilmu; Yogyakarta.
- Fardiansyah, Abdul Hakim; 2012; Pengaruh Variasi Penambahan Kadar Air Terhadap Tekanan Pengembangan Tanah Ekspansif Arah Vertical; Jurnal Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik; Malang; Universitas Brawijaya.
- Hardiyatmo, Harry C; 2006; **Mekanika Tanah 1**; Gadjra Mada University Press; Yogyakarta.
- Pah, Munir; 2010; Identifikasi Tingkat Pengembangan, Potensi Pengembangan dan Tekanan Pengembangan Tanah Lempung Ekspansif (Studi Kasus. Jln. Timor Raya-2 Desa Oebelo Kabupaten Kupang); Skripsi S-1 Prodi Teknik Sipil; Kupang; Universitas Nusa Cendana.
- SNI 6424-2008; Cara Uji Potensi Pengembangan atau Penurunan Satu Dimensi Tanah Kohesif.
- Sonbay, Albert; 2010; Kajian Stabilitas Tanah Lempung Ekspansif di Daerah Oebelo Dengan Garam Dapur Lokal; Skripsi S-1 Prodi Teknik Sipil; Kupang; Universitas Nusa Cendana.
- Sridharan, A & Prakash, K; 2000; **Classification procedures for expansive soils**; Indian Institute of Science; Bangalore.
- Wardana, IGN & Dwipa, Suryanegara; 2012; Analisis Penyebab Kerusakan Rumah Sederhana Yang Didirikan di Atas Tanah Lempung di Daerah Kerobokan; Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Fakultas Teknik; Denpasar; Universitas Udayana

