

**STUDI EFEK PENGEMBANGAN TERHADAP
KUAT GESER DAN PERUBAHAN VOLUME
TANAH LEMPUNG BOBONARO
(Studi Kasus Lempung Bobonaro Di Maliana Timor Leste)**

Eduardo Amaral Vong

Mahasiswa Pascasarjana Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
Email: eduamaralvong@yahoo.com

Abstract

The geological structure of Timor-Leste is very complex, reflected by the existence of various rocks of different ages, and they are generally structurally in contact. The geologic condition of Timor Island at the research site in Maliana Timor Leste, geological formation is categorized as Bobonaro clay formation. Bobonaro clay spread in Timor Leste, indicated to have high plasticity properties and contain mineral montmorillonite, so that the potential for the occurrence of development and depreciation in the rainy and dry seasons. In this study, researchers conducted characteristic studies on expanse of Bobonaro clay soil at research sites in Maliana Timor Leste, development of empirical correlations based on laboratory test data and secondary data to predict potential value and developmental pressure in Maliana Timor Leste. From the result of research on the characteristics of Bobonaro clay in East Timor Maliana research location, the value of plastic index (IP) 23.09% to 26.18%, while the liquid limit value (LL) is above 50%. This is consistent with the results of testing the potential value and pressure of land development, where the type of Bobonaro clay soils has a high potential value and development pressure. The potential development value is 0.83% to 4.50% and the development pressure value is 0.80 kg / cm² up to 1.80 kg / cm². The soil shear strength parameters obtained from the Direct Shear test results on undisturbed soil samples and compacted samples at the East Timor Maliana research site showed that during saturation conditions the strong support of Bobonaro clay will decrease and will not be able to support the loads that work as planned . The strong support of the clay soil is strongly influenced by the moisture content, in dry state having a high bearing strength and in saturated state will have a low bearing strength and strong soil shear drop. The decrease of soil shear strength in Undisturbed sample ranged from 53.94% to 84.02% and in Compaction samples ranged from 8.28% to 12.82%.

Keywords: Bobonaro Clay, Expansive Soil, Strong Land Shear.

Abstrak

Struktur geologi di Timor Leste sangatlah rumit, hal ini tercermin oleh terdapat adanya beraneka ragam batuan dari berbagai umur, dan batuan-batuan tersebut umumnya bersentuhan secara struktur. Kondisi geologi Pulau Timor pada lokasi penelitian di Maliana Timor Leste, formasi geologi dikategorikan sebagai formasi Lempung Bobonaro. Lempung Bobonaro yang tersebar di Timor Leste, diindikasikan mempunyai sifat plastisitas tinggi dan mengandung mineral montmorillonite, sehingga berpotensi tinggi terjadinya pengembangan dan penyusutan pada musim hujan dan kemarau. Dalam penelitian ini, peneliti melakukan studi karakteristik pada tanah ekspansif Lempung Bobonaro di lokasi penelitian di Maliana Timor Leste, pengembangan korelasi-korelasi empirik berdasarkan data hasil uji laboratorium dan data-data sekunder untuk memprediksi nilai potensi dan tekanan pengembangan di Maliana Timor Leste. Dari hasil penelitian karakteristik tanah Lempung Bobonaro di lokasi penelitian Maliana Timor Leste, diperoleh nilai indeks plastisitas (IP) 23,09% hingga 26,18%, sedangkan nilai batas cair (LL) rata-rata diatas 50 %. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian nilai potensi dan tekanan pengembangan tanah, dimana jenis tanah Lempung Bobonaro mempunyai nilai potensi dan tekanan pengembangan yang tinggi. Nilai potensi pengembangannya 0,83% hingga 4,50% dan nilai tekanan pengembangannya 0,80 kg/cm²

hingga $1,80 \text{ kg/cm}^2$. Parameter kuat geser tanah yang diperoleh dari hasil uji Direct Shear pada sampel tanah undisturbed dan sampel compacted pada lokasi penelitian Maliana Timor Leste, menunjukkan bahwa pada saat kondisi jenuh, kuat dukung lempung Bobonaro akan menurun dan tidak akan mampu mendukung beban yang bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Kuat dukung tanah lempung sangat dipengaruhi oleh kadar air, dalam keadaan kering mempunyai kuat dukung tinggi dan dalam keadaan jenuh akan mempunyai kuat dukung yang rendah serta kuat geser tanah turun. Penurunan kekuatan geser tanah pada sampel Undisturbed berkisar antara 53,94% hingga 84,02% dan pada sampel Kompaksi berkisar antara 8,28% hingga 12,82%.

Kata kunci: Lempung Bobonaro, Tanah ekspansif, Kuat Geser Tanah.

I. PENDAHULUAN

Struktur geologi di Timor Leste sangatlah rumit, hal ini tercermin oleh terdapat adanya beraneka ragam batuan dari berbagai umur, dan batuan-batuan tersebut umumnya bersentuhan secara struktur. Kondisi geologi Pulau Timor pada lokasi penelitian di Maliana Timor Leste, formasi geologi dikategorikan sebagai formasi Lempung Bobonaro. Lempung Bobonaro yang tersebar di Timor Leste, diindikasikan mempunyai sifat plastisitas tinggi dan mengandung mineral montmorillonite, sehingga pada musim hujan berpotensi tinggi terjadinya pengembangan dan mudah erosi serta dapat menimbulkan longsoran pada lereng dan badan jalan. Sedangkan pada musim kemarau atau pada saat kondisi kering, terjadi penyusutan dan bersifat sangat keras.

Oleh karena itu, maksud dari penelitian ini adalah mempelajari sifat-sifat fisik maupun sifat teknis dari lempung Bobonaro, serta mempelajari potensi pengembangan dan tekanan pengembangan pada tanah lempung Bobonaro. Dan tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi tentang perilaku dan karakteristik tanah lempung Bobonaro dan mengetahui nilai potensi pengembangan serta Mengetahui efek pengembangan terhadap kuat geser tanah lempung Bobonaro.



Gambar 1 Lokasi Penelitian Tanah Lempung Bobonaro Maliana Timor Leste

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang bersifat *multi component* yang terdiri dari tiga fase yaitu: padat, cair dan udara. Bagian yang padat merupakan polyamorphous terdiri dari mineral organik dan anorganik. Mineral-mineral lempung merupakan substansi-substansi kristal yang sangat tipis yang pembentukan utamanya berasal dari perubahan kimia pada pembentukan mineral-mineral batuan dasar. Semua mineral lempung sangat tipis kelompok-kelompok partikel kristalnya berukuran koloid ($<0,002\text{mm}$) dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

- Ukuran butir halus ($<0,002\text{ mm}$)
- Permeabilitas rendah
- Kenaikan air kapiler tinggi
- Bersifat sangat kohesif
- Kadar kembang susut yang tinggi
- Proses konsolidasi lambat

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang.

Dalam Das (1994), menerangkan bahwa tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikronis sampai dengan sub-mikronis yang dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Dalam terminology ilmiah, lempung adalah mineral asli yang mempunyai sifat plastis saat basah, dengan ukuran butir yang sangat halus dan mempunyai komposisi dalam jumlah besar berupa *hydrous aluminium* dan *magnesium silicate*.

2.2. Identifikasi Lempung Ekspansif

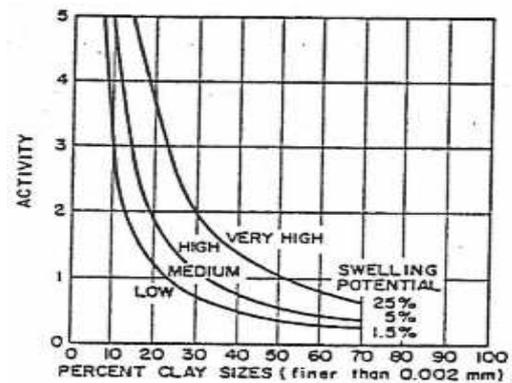
Lempung ekspansif merupakan bagian jenis lempung dengan sifat kembang susut yang besar, volume tanah akan mengembang jika kadar air meningkat sedangkan pada kadar air yang kecil akan menyusut volumenya sehingga nampak terjadi retak-retak dipermukaan tanah. Untuk mengidentifikasi lempung ekspansif ada beberapa cara yang bisa digunakan. Menurut Chen (1975), pengidentifikasian dapat dilakukan dengan cara identifikasi mineralogis, cara langsung dan tidak langsung. Mineralogi lempung merupakan factor utama yang mempengaruhi perilaku pengembangan dari tanah. Mineral lempung dapat diidentifikasi berdasarkan beberapa teknik, antara lain :

- 1) Difraksi Sinar-X (*X-Ray Diffraction*), merupakan cara yang paling populer dan memiliki prinsip dasar yaitu cahaya difraksi sinar-X dari suatu Kristal sama dengan refleksi sinar dari bidang-bidang Kristal tersebut.
- 2) Metode selanjutnya adalah *Differential Thermal Analysis* (DTA). Metode ini dilakukan dengan melakukan pemanasan secara kontinu suatu sampel lempung dan menganalisa substansi yang tertinggal.
- 3) Metode terakhir yang dibahas adalah dengan menggunakan Mikroskop Elektron (SEM), dimana mikroskop ini memiliki kemampuan untuk langsung mengamati partikel-partikel lempung.

Terdapat beberapa kriteria pengidentifikasian tanah lempung ekspansif, yaitu sebagai berikut :

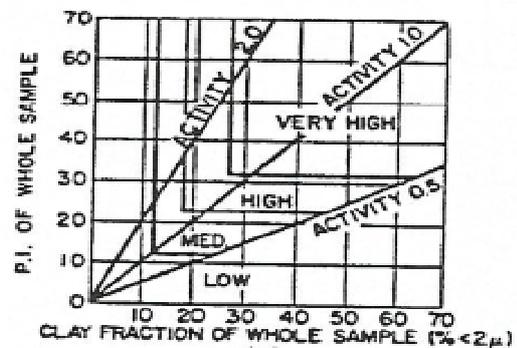
a. Kriteria Seed

Seed et al, (1962) pada suatu studi yang ekstensif mengenai karakteristik pengembangan pada suatu tanah lempung yang dipadatkan, mengembangkan suatu grafik yang didasarkan pada nilai Aktivitas dan partikel ukuran lempung. Grafik tersebut diperlihatkan pada Gambar berikut :



Gambar 2 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan Berdasarkan Seed et al, (1962)

b. Kriteria Van der Merwe, (1964)



Gambar 3 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan Berdasarkan Kriteria Van der Merwe, (1964)

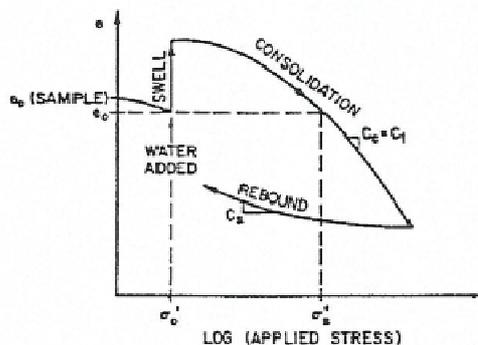
Potensi pengembangan sangat erat hubungannya dengan indeks plastisitas, sehingga suatu tanah khususnya lempung dapat dikalsifikasikan sebagai tanah yang mempunyai potensi mengembang tertentu didasarkan pada indeks plastisitasnya. Seed, Woodward, dan Lundgren (1962) mengatakan bahwa dengan hanya mengetahui nilai indeks plastis maka dapat dilakukan identifikasi awal dari karakteristik pengembangan tanah lempung. Kemudian Chen (1988) juga memperkenalkan suatu indeks tunggal yang digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif hanya berdasarkan indeks plastis (Tabel 1)

Tabel 1 Hubungan Potensi Pengembangan Dengan Indeks Plastisitas (Chen,1988).

Potensi Pengembangan	Indeks Plastisitas (%)
Rendah	0 – 15
Sedang	10 – 25
Tinggi	20 – 55
Sangat Tinggi	> 35

2.3. Uji Konsolidasi Satu Dimensi

Uji ini merupakan pengujian yang umum digunakan untuk memprediksi potensi pengembangan dan tekanan pengembangan dari tanah. Uji ini menggunakan alat konsolidasi satu dimensi atau oedometer. Ada dua metode dari uji konsolidasi satu dimensi ini untuk mengetahui potensi pengembangan dan tekanan pengembangan dari tanah, yaitu uji *free swell/consolidation swell* dan *constant volume/swell pressure*. Uji *free swell/consolidation swell* dilakukan dengan memberikan pembebanan awal pada sampel tanah yang tidak terganggu sebesar tegangan vertical semula sebelum diberi air. Setelah kondisi sampel konstan, alat oedometer diberi air dan sampel diberi kesempatan untuk mengembang hingga maksimum. Beban yang diberikan pada sampel ini mempresentasikan beban yang diterima oleh tanah dilapangan. Setelah sampel telah mencapai pengembangan maksimum maka pembebanan dapat dilanjutkan seperti uji konsolidasi pada umumnya dan diakhiri dengan unloading seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Uji *Free Swell/Consolidation Swell* (Nelson & Miller, 1992)

2.3.1. Potensi Pengembangan (Swelling Potential)

Nilai potensi pengembangan dapat didefinisikan sebagai besarnya pengembangan vertikal dari suatu contoh tanah yang berada dalam *oedometer* (konsolidasi satu dimensi), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4, dibawah suatu pembebanan tertentu yang mempresentasikan beban yang diterima oleh tanah dilapangan dan kemudian diberikan akses kepada air dari dasar contoh tanah untuk naik ke sampel. Besarnya nilai potensi pengembangan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$S_w = \frac{\Delta h}{H_o} \times 100\%$$

Dimana :

- Sw = Potensial pengembangan (%)
- ΔH = Besar pengembangan vertikal
- Ho = Tinggi awal contoh tanah

Dengan demikian dapat diturunkan hubungan/persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\Delta V}{V_o} \varepsilon_x + \varepsilon_y + \varepsilon_z = \frac{\Delta H}{H_o}$$

dengan $\varepsilon_x = 0$ dan $= 0$

maka, $\frac{\Delta V}{V_o} = \varepsilon_y = \frac{\Delta H}{H_o}$

2.3.2. Tekanan Pengembangan (Swelling Pressure)

Tekanan pengembangan didefinisikan sebagai tegangan/tekanan yang diperlukan untuk menahan tanah dalam oedometer agar tidak terjadi perubahan volume atau $\Delta V = 0$ (*vertikal heave/swell*). Tekanan pengembangan dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$(P_T)_{\Delta vol} = 0 = \sigma_0 + \Delta\sigma + P_s$$

Dimana :

P_T = Tegangan untuk menahan pengembangan

σ_0 = Tegangan awal (*initial stress*)

$\Delta\sigma$ = Perubahan tegangan

P_s = Tambahan tegangan (*surchage*) untuk menahan Pengembangan

III. METODE PENELITIAN

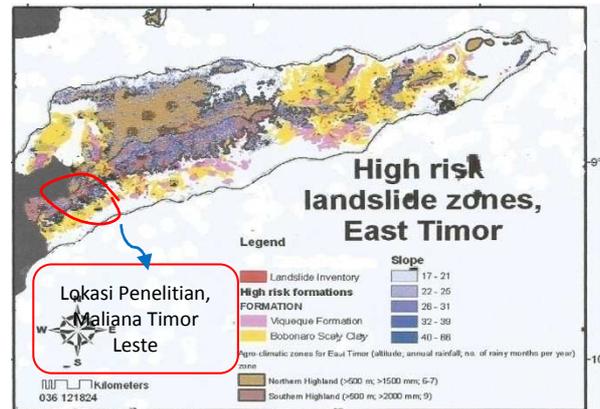
Lingkup penelitian ini adalah melakukan pengambilan sampel tanah lempung Bobonaro di lokasi penelitian, Maliana Timor Leste, serta melakukan pengujian di laboratorium Mekanika tanah Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) Bandung serta menganalisis data-data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium tersebut. Pengujian laboratorium yang dilakukan berupa: Uji Indeks Properties, Uji *Grain Size Analysis*, Uji Konsolidasi satu Dimensi dan Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*). Dalam uji geser langsung, dilakukan pada dua kondisi, yaitu pada kondisi sampel tanah tidak dijenuhkan atau belum mengembang dan pada kondisi sampel tanah dijenuhkan atau setelah mengembang. Pengujian di laboratorium dilakukan untuk memperoleh data-data teknis, serta perilaku dan karakteristik dari tanah lempung Bobonaro di lokasi penelitian Maliana Timor Leste. pengujian akan semakin baik hasilnya jika sampel tanah merupakan sampel tanah yang tidak terganggu baik pada saat pengambilan sampel maupun pada saat pengujian. Analisis data yang akan dilakukan berupa: Analisis mengenai potensi dan tekanan pengembangan, Analisis mengenai perubahan volume, Korelasi Empirik berupa nilai Potensi Pengembangan dan Tekanan Pengembangan dengan parameter tanah lainnya, Analisis parameter kuat geser tanah lempung Bobonaro tanpa direndam dan direndam pada alat geser langsung.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyebaran Lempung Bobonaro

Berdasarkan penyebaran satuan Bobonaro dalam peta geologi pulau Timor yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi pada tahun 1974/1975 diketahui satuan formasi lempung Bobonaro sebagaimana merupakan

penyebaran lempung Bobonaro di Timor Leste yang memiliki aspek geologi dalam kategori formasi yang mempunyai resiko tinggi (*High Risk Formation*) yaitu formasi Viqueque dan formasi tanah lempung bersisik Bobonaro (*Bobonaro Scaly Clay*) seperti ditafsirkan oleh Audley-Charles, (1968) dalam Sara Soares, dkk. (2011) seperti terlihat pada Gambar 5.

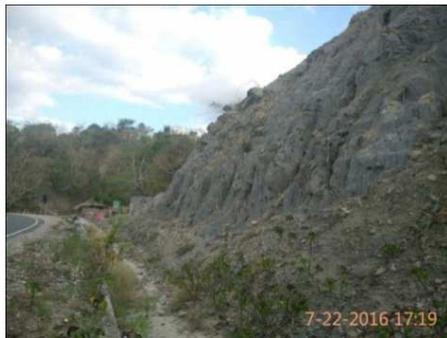


Gambar 5 Inventarisir zona tanah longsor dan formasi geologi dan epicenter kegempaan yang mempunyai resiko tinggi dari Katalog ANSS. (Sara Soares, dkk., 2011).

Struktur geologi di pulau Timor sangat rumit, hal ini tercermin oleh terdapatnya aneka ragam batuan dari berbagai umur dan batuan-batuan tersebut umumnya bersentuhan secara struktur. Hal lain yang menunjang adalah batuan campur aduk yang menutupi hampir 40% luas pulau Timor ini. Unsur-unsur struktur yang dominan ialah lipatan ketat, sesar naik dan mendatar, sedangkan sesar turun kurang begitu menyolok.

4.2. Kondisi Morfologi.

Morfologi daerah pulau Timor merupakan daerah terbuka dengan penyebaran pepohonan yang sangat jarang (*savana*). Sebagian besar pulau Timor ditempati oleh satuan pegunungan bergelombang yang berlereng landai sampai agak terjal, tersusun dari batuan yang bersifat lempungan dan tidak padat. Sesuai dengan sifat batumannya, maka gejala rayapan maupun longsor tanah sering dijumpai pada daerah ini.



Gambar 6 Kondisi Morfologi daerah yang merupakan daerah terbuka dengan penyebaran pepohonan yang sangat jarang (savana).

4.3. Hasil Uji Laboratorium (Karakteristik Tanah)

Pengujian di laboratorium pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dan mempelajari sifat-sifat fisik dan karakteristik dari tanah lempung Bobonaro. Dari uji laboratorium juga akan diperoleh nilai potensi pengembangan (*swelling potential*) dan tekanan pengembangan (*swelling pressure*) pada tanah ekspansif yang akan dianalisis berdasarkan data parameter-parameter tanahnya.

Berdasarkan pengamatan secara visual, menunjukkan bahwa tanah di lokasi pengambilan sampel berwarna coklat muda dan keabu-abuan, dan adanya sisa-sisa organis. Sedang menurut hasil pengujian dan penelitian laboratorium mengenai karakteristik tanah meliputi batas-batas *Atterberg*, klasifikasi butiran, kadar air alami, berat jenis, dan nilai pengembangan (*swelling*) seperti terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Hasil Uji Indeks Properties Sampel Lempung Bobonaro, Maliana Timor Leste

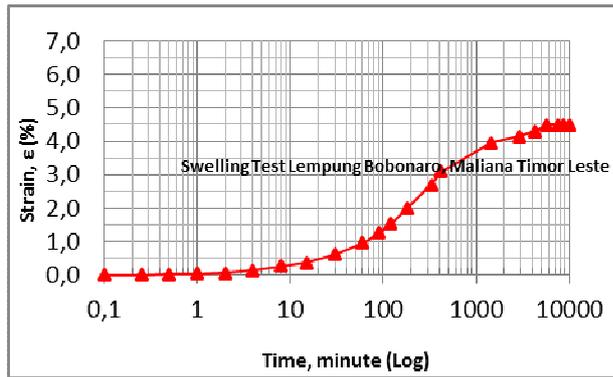
SAMP EL	W _n (%)	□ (g/cm ³)	□ _d (g/cm ³)	G _s	e _o	S _r (%)	BATAS SUSUT (%)
1	21.17	1.97	1.63	2.85	0.79	76.37	17.16
2	20.09	1.95	1.62	2.80	0.78	72.12	15.23
3	19.86	1.98	1.65	2.75	0.71	76.92	14.75
AVG	20.37	1.97	1.63	2.80	0.76	75.14	15.71

Tabel 3 Hasil Uji Gradasi Butiran, Atterberg Limit, Sampel Lempung Bobonaro, Maliana Timor Leste.

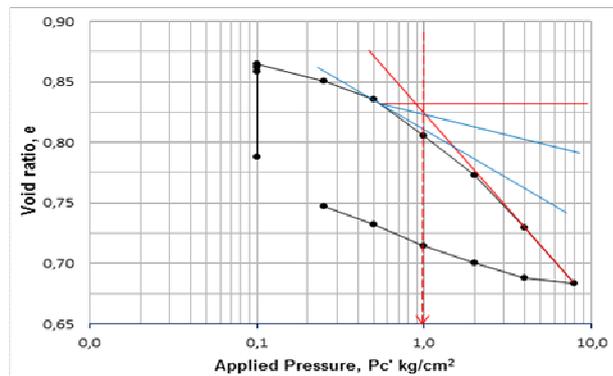
SAM PEL	GRADA SI BUTIRA N (%)	ATTERBERG LIMIT (%)			Fraksi Lempung (%) (% < 0.002m)	AKTI VITAS (Ac)
		LL	PL	PI		
1	77.43	55.00	28.82	26.18	50.00	0.6545
2	67.61	54.00	28.31	25.69	26.00	1.6056
3	93.9	53.50	30.41	23.09	37.00	0.8552
AVG	79.65	54.17	29.18	24.99	37.67	1.04

4.4. Pengujian Potensi dan Tekanan Pengembangan

Pengujian pengembangan tanah bertujuan untuk mengetahui dan mempelajari nilai tekanan pengembangan (*swelling pressure*) dan potensi pengembangan (*swelling potential*) dari tanah yang teridentifikasi memiliki sifat dan perilaku ekspansif. Dalam penelitian ini, peneliti mengambil lokasi studi untuk melakukan pengujian pengembangan tanah di daerah Maliana Timor Leste. Hasil pengujian ini akan dibandingkan dengan hasil pengujian dan penyelidikan tanah lempung ekspansif di Daerah lain yang mempunyai sifat pengembangan dan karakteristik yang sama. Pengujian pengembangan tanah dalam penelitian ini dilakukan dengan metoda pengembangan bebas (*free swell*) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada umumnya metode pengujian ini menggunakan alat konsolidasi satu dimensi atau yang disebut juga *oedometer*.



(a)



(b)

Gambar 7 (a) Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Pengembangan (b) Grafik Hubungan Antara Tekanan Pengembangan dengan Void Ratio.

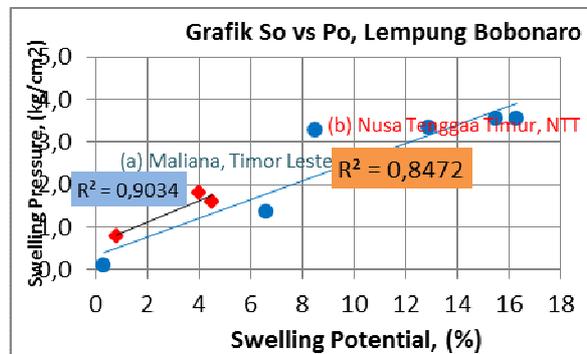
Pengujian pengembangan dilakukan dengan menggunakan metode pengembangan bebas (*Free Swell Method*). Pengujian dengan alat konsolidasi standar menghasilkan nilai potensi dan tekanan pengembangan tanah, untuk tanah yang tak terganggu (tanah asli) yang tidak diberi campuran bahan kimia, baik kapur, semen, maupun zat kimia lainnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji pengembangan alat konsolidasi standar seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.8a dan 4.8b, maka diperoleh data hasil uji potensi pengembangan (*swelling potential*) sebesar 4.5% dan tekanan pengembangan (*swelling pressure*) sebesar 1.6 kg/cm².

Rekap hasil pengujian pengembangan tanah berupa tekanan pengembangan (*Swelling Pressure*) dan potensi pengembangan (*Swelling Potential*) dari sampel tanah lempung Bobonaro adalah sebagai berikut :

Tabel 4 Rekap hasil pengujian Swelling lempung Bobonaro

		Free Swell Method	
Lokasi	SAMPEL	Swelling Pressure (kg/cm ²)	Swelling Potential (%)
Maliana, Timor Leste	1	1.60	4.50
	2	1.80	4.00
	3	0.80	0.83
Pulau Timor, Nusa Tenggara Timur, (NTT)	1	3.35	12.9
	2	0.1	0.3
	3	1.36	6.6
	4	3.56	15.5
	5	3.28	8.5
	6	3.56	16.3

Berikut ditampilkan grafik hubungan antara potensi pengembangan dengan tekanan pengembangan pada lokasi penelitian Maliana Timor Leste dan Nusa Tenggara Timur (NTT).



Gambar 8 (a) Korelasi Hubungan Tekanan Pengembangan Terhadap Potensi pengembangan, lempung Bobonaro Maliana Timor Leste (b) Korelasi Hubungan Tekanan Pengembangan Terhadap Potensi pengembangan, lempung Bobonaro, Nusa Tenggara Timur (NTT)

Berdasarkan grafik pada kedua data tersebut terlihat pola garis yang linear dan berbanding lurus antara potensi pengembangan (*Swelling Potential*) dengan tekanan pengembangan (*Swelling Pressure*). Dari grafik korelasi ini dapat disimpulkan

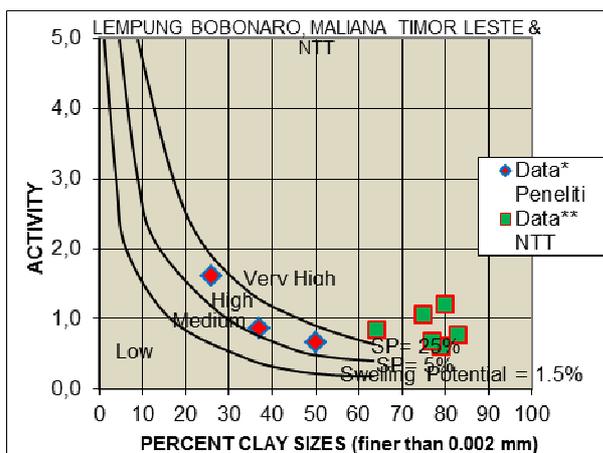
bahwa peningkatan nilai tekanan pengembangan adalah linear atau berbanding lurus dengan peningkatan nilai potensi pengembangan.

4.5. Identifikasi Sifat Ekspansif Lempung Bobonaro Berdasarkan Nilai Indeks Properties.

Dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi sifat dan karakteristik tanah Lempung Bobonaro, peneliti melakukan pengambilan sampel tak terganggu di lokasi penelitian Maliana Timor Leste untuk melakukan beberapa pengujian, baik uji di laboratorium berupa uji indeks properties dan uji lainnya. Terdapat beberapa kriteria yang bisa digunakan dalam pengidentifikasian tanah ekspansif berdasarkan uji indeks properties, yaitu:

a. Kriteria Seed At all (1962)

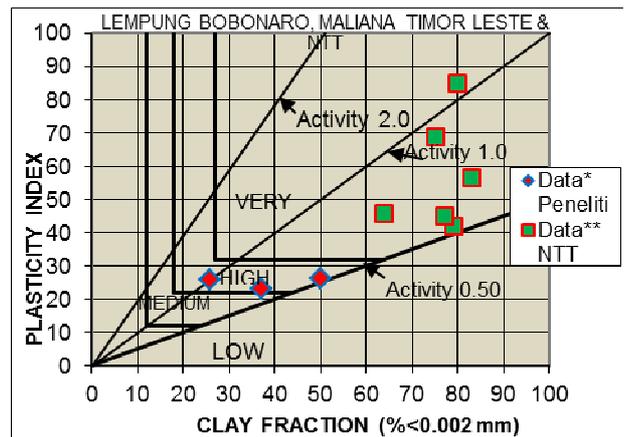
Dalam kriteria Seed et all (1962), grafik yang dihasilkan berdasarkan korelasi antara nilai Activity vs % Fraksi lempung < 0,002 mm, (Gambar 9) menunjukkan bahwa tanah lempung Bobonaro di lokasi penelitian Maliana Timor Leste termasuk tanah ekspansif yang mempunyai sifat pengembangan dari sedang hingga tinggi, dengan perkiraan nilai potensi pengembangan antara 1,5% sampai 5,0%. Berdasarkan hasil pengujian potensi pengembangan di laboratorium, tanah lempung Bobonaro di Maliana Timor Leste juga memiliki nilai pengembangan 4,5%.



Gambar 9 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan lempung Bobonaro, Malinan Timor Leste & NTT Berdasarkan Kriteria Seed, (1962)

b. Kriteria Van der Merwe, (1964).

Dalam criteria Van der Merwe, (1964) mendefinisikan hubungan antara plastisitas Index vs persentase lempung <0,002 mm untuk mengetahui potensi pengembangannya. Berdasarkan kriteria Van der Merwe, (1964) dapat dikategorikan bahwa lempung Bobonaro dilokasi penelitian Maliana Timor Leste termasuk pada jenis lempung yang mempunyai potensia pengembangan tinggi. Sedangkan data lempung Bobonaro yang diperoleh pada lokasi Nusa Tenggara Timur (NTT) menunjukkan bahwa lempung Bobonaro di lokasi tersebut termasuk jenis lempung yang mempunyai potensi pengembangan yang sangat tinggi. Berikut hasil klasifikasi menurut kreteria Van der Merwe dalam Gambar 10.



Gambar 10 Grafik Klasifikasi Potensi Pengembangan lempung Bobonaro, Berdasarkan Kriteria Van der Merwe, (1964)

(*) Lokasi Maliana Timor Leste (Data Peneliti)

(**) Lokasi Nusa Tenggara Timur (NTT), (Sumber Data; Affandi. D, 2000)

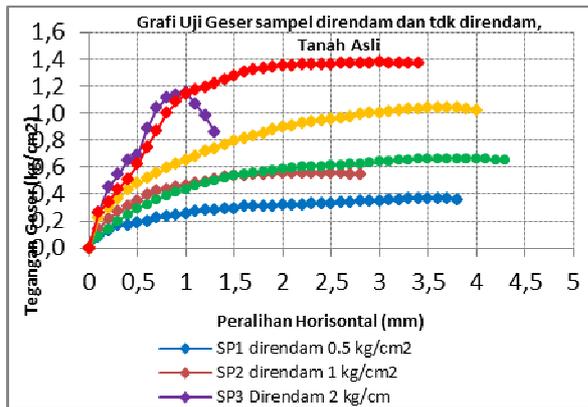
4.6. Hasil pengujian Geser Langsung (Direct Shear Test)

Uji geser langsung (*Direct Shear Test*) juga dilakukan pada sampel tanah sebelum dan setelah tanah diuji pengembangannya dengan dijenuhkannya sampel tanah dalam alat Direct Shear hingga sampel tanah mengalami pengembangan sampai konstan. Uji *direct shear* dilakukan untuk memperoleh nilai-nilai parameter tanah (kohesi dan sudut geser dalam) yang terdapat pada tanah

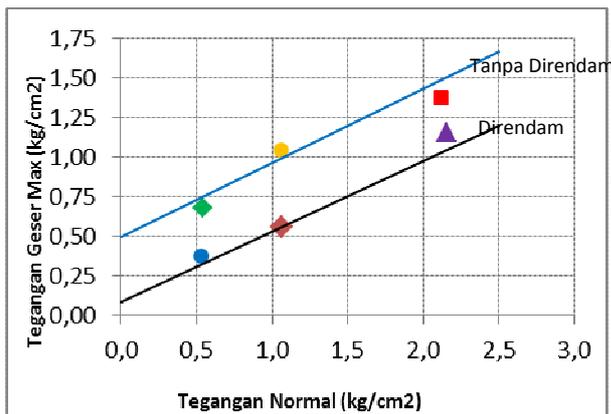
ekspansif sebelum dan setelah dilakukan uji pengembangan.

4.6.1. Uji Geser Langsung Tanah Asli.

Hasil dari uji *direct shear* sampel Asli tanah lempung Bobonaro, pada sampel direndam dan tanpa direndam seperti terlihat pada Gambar 11.



(a)



(b)

Gambar 11 (a) Hasil Analisis uji direct shear undisturbed sampel, uji geser pada sampel tanah Sebelum dan sesudah uji Pengembangan.

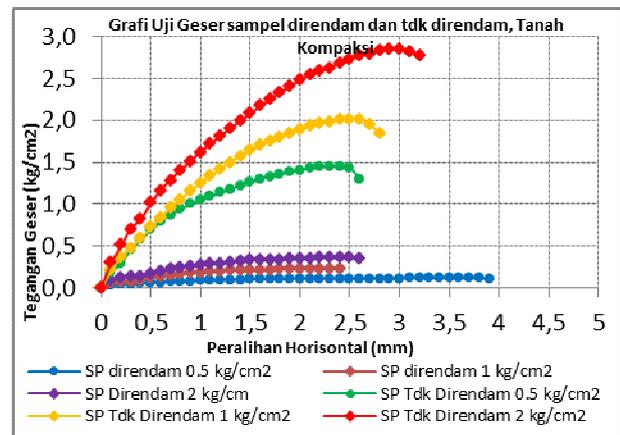
(b) Grafik σ normal dan σ max Hasil Analisis uji direct shear Undisturbed Sampel Sebelum dan sesudah uji Pengembangan.

Hasil pengujian *Direct Shear* pada sampel tanah asli setelah pengembangan menunjukkan bahwa tanah mengalami penurunan kekuatan geser, hal ini ditunjukkan dari turunnya nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. Pada grafik tegangan normal versus tegangan max, hasil pengujian *Direct Shear* pada sampel tanah

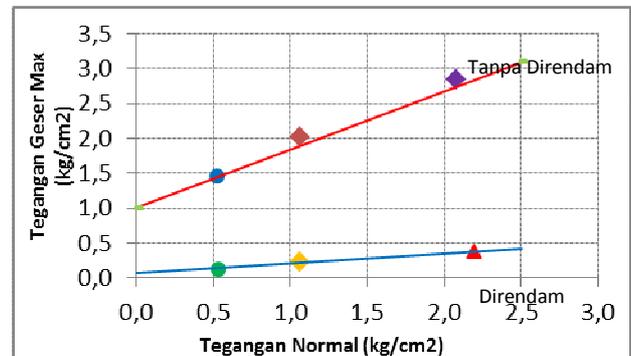
Undisturbed tanpa direndam dan direndam, dimana menunjukkan bahwa tanah mengalami penurunan kekuatan yang sangat drastis, hasil penjuhan nilainya lebih kecil dibandingkan dengan tanpa penjuhan. Penurunan kekuatan geser tanah pada kondisi ini berkisar antara 53,94% hingga 84,02%.

4.6.2 Uji Geser Langsung Tanah Kompaksi.

Hasil dari uji *direct shear* sampel kompaksi tanah lempung Bobonaro, pada sampel tanah direndam dan tanpa direndam seperti terlihat pada Gambar 12



(a)



(b)

Gambar 12 (a) Grafik Hasil Analisis uji direct shear sampel kompaksi, uji geser sebelum dan sesudah uji Pengembangan tanah.

(b) Grafik σ normal dan σ max Hasil Analisis uji direct shear, Sampel Kompaksi Sebelum dan sesudah uji Pengembangan.

Hasil pengujian *Direct Shear* pada sampel tanah kompaksi setelah pengembangan menunjukkan bahwa tanah

mengalami penurunan kekuatan yang sangat drastis, hal ini ditunjukkan dari turunnya nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah. Pada grafik tegangan normal versus tegangan max, hasil pengujian *Direct Shear* pada sampel tanah kompaksi tanpa direndam dan direndam, dimana menunjukkan bahwa tanah mengalami penurunan kekuatan, hasil penjumlahan nilainya lebih kecil dibandingkan dengan tanpa penjumlahan. Penurunan kekuatan geser tanah pada kondisi ini berkisar antara 8,28% hingga 12,82%.

V. KESIMPULAN

- 1) Berdasarkan hasil uji indeks properties dengan nilai rata-rata batas cair = 54,17%, batas plastis = 29,18% dan indeks plastisitas = 24,99%, maka tanah lempung Bobonaro secara umum bersifat lempung anorganik dengan klasifikasi berjenis CH (High Plasticity Clay). Dengan data indeks plastisitas dan nilai kandungan mineral Montmorillonite yang diperoleh, maka tanah lempung Bobonaro merupakan lempung yang bersifat ekspansif.
- 2) Hasil pengujian dari *Swelling Test* menunjukkan bahwa persentase pengembangannya cukup besar, yakni nilai Potensi Pengembangannya berkisar antara 0.83% sampai 4.5% dan nilai Tekanan Pengembangan berkisar antara 0.8 kg/cm² sampai 1.8 kg/cm².
- 3) Dari hasil uji Direct Shear pada sampel tanah undisturbed dan sampel compacted, menunjukkan bahwa nilai sudut geser dalam dan nilai kohesi dari sampel yang dijenuhkan nilai lebih kecil dari sampel yang tidak dijenuhkan. Hal ini menunjukkan bahwa pada saat kondisi jenuh, kuat dukung lempung Bobonaro akan menurun dan tidak akan mampu mendukung beban yang bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Penurunan kekuatan geser tanah pada sampel Undisturbed berkisar antara 53,94% hingga 84,02% dan pada sampel Kompaksi berkisar antara 8,28% hingga 12,82%.

VI. SARAN

Dari beberapa kesimpulan diatas maka disarankan bahwa, berdasarkan sifat tanah lempung Bobonaro yang bersifat ekspansif,

serta nilai kekuatan geser yang kecil, oleh sebab itu tanah lempung Bobonaro perlu diestabilisasikan sebelum mendirikan sebuah konstruksi diatasnya. Baik stabilisasi dengan semen, kapur, maupun dengan zat kimia lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amer Ali Al-Rawas & Mattheus F.A. Goosen, (2006) *Expansive Soil, Recent Advances in characterization and treatment*.
2. Araújo O.J.A. dkk., (2009), *Laporan Pemetaan Geologi Di Distrik Suai, Secretaria De Estado Dos Recursos Naturais, RDTL, Dili, Timor Leste*
3. Chen, Fu Hua, (1975), *Foundations on Expansive Soils*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
4. Das, Braja M., (1983). *Advanced Soil Mechanics*, Hemisphere Publishing Co., Hemisphere.
5. Das, Braja M., (1985). *Mekanika Tanah Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid 1 & 2, PWS Publisher.
6. Diah Affandi, (2001), *Identifikasi Potensi Ekspansif Tanah Lempung Bobonaro di Nusa Tenggara Timur*, Buletin PUSAIR, Bandung.
7. Head KH., (1980). *Manual of Soil Laboratory Testing, Soil Classification and Compactetion Test*, Eng.Labolatory Equipment Limit, British Library Cat.
8. Holtz Robert D., Kovacs William D., (1981). *An Introduction To Geotechnical Engineering*, Prentice-hall, Englewood Cliffs.
9. Laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara (tekMIRA) Bandung. (Uji Mineral Tanah Lempung Bobonaro, Maliana Timor Leste), 2016
10. Nelson, J.D., and Miller, D.J., (1992). *Expansive Soils Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
11. Rahardjo P.P., Jayaputera A. Azis & Irsyam M., (1996). *Soil Behavior, Short Course*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung.

12. Siga Taa., (2015). *Karakteristik Lempung Bobonaro Di Pulau Timor*, Seminar Bidang Kajian III, Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, 2015
13. Soares Lourenço, (2007). *Actual Condition And Characteristics Of Slope Failure In East Timor By Multivariate Statistical Analysis*, Department of Civil and Environmental Engineering Graduate School of Science and Engineering Saitama University, JAPAN.