UJI POTENSI MENGEMBANG PADA TANAH LEMPUNG DENGAN METODA *FREE SWELLING TEST*

(Studi Kasus: Tanah Lempung Limau Manih – Kota Padang)

Rina Yuliet¹, Abdul Hakam², Getby Febrian³

ABSTRAK

Fenomena pengembangan (*swelling*) tanah lempung menimbulkan berbagai dampak pada konstruksi bangunan sipil. Banyak negara di dunia yang menghadapi masalah pada pengembangan tanah lempung ini seperti negara Amerika Serikat, Canada, Israel, Australia dan banyak negara di Afrika dan Asia Barat. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada tanah lempung yang menitikberatkan pada potensi pengembangannya, terdiri dari aktivitas pengembangan, tekanan pengembangan, dan persentase pengembangan. Percobaan di laboratorium dilakukan dengan metoda uji pengembangan bebas (*free swelling test*) berdasarkan ASTM D4546-1990. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan sampel tanah lempung yang berasal dari daerah Limau Manih, kota Padang sebanyak 3 sampel *disturbed* dan 1 sampel *undisturb*. Sebelum dilakukan uji potensi pengembangan, dilakukan terlebih dahulu uji identifikasi tanah dan uji pemadatan tanah. Sampel diuji dengan alat konsolidometer (*aedometer*) dengan berbagai kondisi. Masing-masing sample memiliki kepadatan yang berbeda-beda. Kepadatan sampel berdasarkan uji pemadatan dengan variasi tumbukan 12, 25 dan 50 tumbukan serta juga dilakukan pengujian terhadap tanah pada kondisi tidak terganggu (*undisturb*). Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tanah yang terdapat di daerah Limau Manih, kota Padang merupakan tanah lempung ekspansif yang memiliki potensi mengembang yang tinggi dengan data tanah sebagai berikut: LL=119.37 %, PL=51.54 %, PI=67.83 %, dan GS=2.647. Pada penelitian uji pengembangan, untuk sampel pemadatan 12 tumbukan didapatkan *swelling pressure* 62.2 kPa, 25 tumbukan 60 kPa, 50 tumbukan 55.5 kPa dengan potensi pengembangan kecil, dan sampel *undisturbed* 106 kPa dengan potensi pengembangan sedang. Penelitian untuk uji potensi mengembang menghabiskan waktu total 7 hari untuk masing-masing sampel.

Kata Kunci : *swelling*, lempung ekspansif, *free swelling test*, *percent swelling*, *swelling pressure*

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan teknologi konstruksi sipil. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Untuk itu, dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi kekuatan dukungan tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya atau disebut juga dengan daya dukung.

Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang banyak ditemukan dalam kebanyakan masalah keteknikan, karena tanah lempung merupakan tanah yang kohesif. Tanah kohesif didefinisikan sebagai kumpulan dari partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas-batas *atterberg* yang pada waktu mengering membentuk suatu massa tanah yang bersatu sedemikian rupa sehingga diperlukan suatu gaya untuk memisahkan setiap butiran mikroskopisnya.

¹Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, rina@ft.unand.ac.id

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, ahakam2008@yahoo.com

³Staf (engineer), Pusat Studi Bencana, Universitas Andalas, fgetby@yahoo.com

Tanah lempung, sesuai dengan karakteristiknya adalah tanah yang dapat mengalami penyusutan (*shrinkage*) dan pengembangan (*swelling*). Penyusutan dan pengembangan tanah ini akan memberikan pengaruh besar terhadap konstruksi yang ditahannya. Pengaruh ini contohnya antara lain :

1. Kenaikan (*heave*) dan retak-retak (*cracking*) pada perkerasan jalan raya.
2. Kenaikan (*heave*) dan pecah atau jebol (*buckling*) pada lantai dasar dan bendungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan mengetahui potensi mengembang pada tanah lempung dan tekanan mengembang tanah lempung dengan metoda *free swelling test* (uji pengembangan bebas).

Sedangkan manfaat dari penulisan ini adalah agar dapat meningkatkan pengetahuan pembaca dalam memahami sifat kembang (*swelling*) tanah dan metode penelitiannya serta dapat menjadi acuan bagi para *engineer* dalam melakukan pengujian pengembangan tanah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Mengembang

Tanah mengembang atau disebut juga dengan *expansive soil*, adalah tanah yang memiliki ciri-ciri kembang susut yang besar, mengembang pada musim hujan dan menyusut pada musim kemarau. Besarnya pengembangan atau penyusutan tidak merata dari suatu titik ke titik lainnya sehingga menimbulkan *differential movement*.

Banyak negara-negara di dunia yang menghadapi masalah tanah mengembang seperti Amerika Serikat, Israel, Canada, Australia, Afrika selatan dan lain-lain. Kerugian yang diakibatkan oleh tanah mengembang diantaranya adalah:

1. Pengembangan (*heave*) dan retak (*cracking*) pada permukaan jalan raya
2. Kelebihan tegangan lateral pada dinding penahan tanah
3. *Heave* dan *buckling* pada *slab* lantai
4. *Heave* dan *buckling* pada dinding penahan
5. Berkurangnya daya dukung dan kuat geser tanah

Proses pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*Shrinking*) tanah sebagian besar adalah akibat peristiwa kapiler atau perubahan kadar air pada tanah tersebut (**Gambar 1.**). Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air yang diikuti oleh kenaikan tegangan efektif menyebabkan volume tanah menyusut dan sebaliknya penambahan kadar air menyebabkan pengembangan.

Gambar 1. Peristiwa Kapiler (Interaksi Antara Partikel Lempung dan Air)

2.2 Persentase Mengembang dan Tekanan Mengembang

Persentase mengembang didefinisikan sebagai besarnya pengembangan vertikal dari suatu contoh tanah yang berada dalam oedometer (*steel ring*) di bawah beban vertikal sebesar 6,9 kN/m² (1psi) serta air yang berada dalam contoh tanah diizinkan naik. Rumus pendekatan yang dipakai sebagai berikut:

$$S_w = \frac{\Delta h}{h_o} \times 100 \% \quad (2.1)$$

Atau berdasarkan angka pori pada tanah percobaan uji pengembangan bebas (*free swelling test*) :

$$\frac{\Delta h}{h_o} \times 100 = \frac{e_{vo} - e_o}{1 + e_o} \times 100 \quad (2.2)$$

Dimana:

- Sw : potensi pengembangan (%)
- Δh : besarnya pengembangan vertikal (mm)
- h_o : tebal sampel tanah mula-mula (mm)
- e_{vo} : nilai angka pori yang di dapatkan dari grafik *free swelling test*
- e_o : angka pori tanah awal

Berdasarkan hasil penelitian David dan Komornik (1980), dapat disimpulkan bahwa besarnya tekanan mengembang dipengaruhi oleh batas cair, berat isi kering serta kadar air awal. Hubungan ketiga faktor tersebut ditulis sebagai rumus berikut:

$$\text{Log } U = 0.0208(LL) + 0.000665(\gamma_d) - 0.0269(w) - 1.868 \quad (2.3)$$

Dimana:

- LL : Batas cair
- γ_d : Berat isi kering awal (kg/m³)
- w : Kadar air awal (%)
- U : Tekanan mengembang (kg/cm²)

Garcia-Iturbe, Martinez, dan Polin (1980) dalam makalahnya mengemukakan hubungan antara potensi mengembang dengan tekanan mengembang, seperti yang terlihat pada **Tabel 1**. Dari tabel tersebut dapat dilihat bagaimana potensi mengembang suatu sampel tanah berdasarkan tekanan mengembangnya.

Tabel 1. Hubungan Potensi Mengembang Dengan Tekanan Mengembang Menurut Garcia-Iturbe (1980)

Swelling Potential	Swelling Pressure
Low	<2
Medium	2-4
High	4-7
Very High	>7

2.3 Identifikasi Tanah Lempung

2.3.1 Uji Klasifikasi Teknik

Hasil pengujian indeks propertis tanah dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tanah lempung mengembang. Indeks plastisitas dan sifat perubahan volume tanah berhubungan erat dengan jumlah partikel yang berukuran lebih kecil dari 0.001 mm, yaitu

partikel yang sifatnya bergantung pada gaya permukaan dan bukan gaya gravitasi. Skempton mengemukakan rumus dari parameter aktifitas (A_c) sebagai berikut:

$$\text{Aktivitas } (A_c) = \frac{PI}{c - 10} \quad (2.4)$$

Dimana:

- c : Presentase fraksi lempung < 0.002
- $A_c > 1.25$: Tanah bersifat aktif dan ekspansif
- $0.75 > A_c > 1.25$: Tanah digolongkan normal
- $A_c < 0.75$: Tanah digolongkan tidak aktif

Dalam **Tabel 2 – 3**, dapat dilihat hubungan aktivitas dan kandungan mineral tanah lempung.

Tabel 2. Hubungan aktivitas dan kandungan mineral tanah menurut Skempton (1953)

Mineral	Activity
<i>Kaolinite</i>	0.33 – 0.46
<i>Illite</i>	0.99
<i>Montmorillonite (Ca)</i>	1.5
<i>Monmorillonite (Na)</i>	7.2

Tabel 3. Hubungan mineral lempung dengan aktivitasnya (Skempton and Mitchel)

Mineral	Activity
Na-Montmorillonite	4 – 7
Ca-Montmorillonite	1.5
Illite	0.5 – 1.3
Kaolite	0.3 – 0.5
Halloysite (dehydrated)	0.5
Halloysite (hydrated)	0.1
Attapilgite	0.5 – 1.2
Allophane	0.5 – 1.2
Mica	0.2
Cacite	0.2
Quartz	0

Dari **Tabel 2 – 3**, dijelaskan bahwa, untuk aktivitas yang lebih besar dari 1.25 digolongkan aktif dan sifatnya ekspansif, aktivitas antara 0.75 – 1.25 digolongkan normal, sedangkan yang kurang dari 0.75 digolongkan tidak aktif. Selain itu juga dapat dilakukan uji pengembangan pada tanah ekspansif dan tanah lempung, seperti ditunjukkan oleh **Tabel 4 – 6**.

Tabel 4. Potensi pengembangan tanah Ekspansif berdasarkan kadar koloid (USBR ,1974; Holtz dan Gibbs, 1956)

Data Indeks Properties			% total Volume Change	Degree of Expansion
Colloid (< 0.001 mm)	Plasticity indeks	Shrinkage limit		
> 28	> 35	< 11	> 30	<i>Very High</i>
20 - 13	25 - 41	7 – 12	20 - 30	<i>High</i>
13 – 23	15 - 28	10 - 16	10 - 20	<i>Medium</i>
< 15	< 18	> 15	< 10	<i>Low</i>

Table 5. Potensi Tanah Ekspansif Berdasarkan % Lewat Saringan No. 200 Dan Batas Cair Menurut Chen (1965)

Laboratory and Field Data			Volume Change	Degree of Expansion
Percent passing No.200	Liquid Limit (%)	Standart penetration		
>95	>60	>30	>10	<i>Very high</i>
60 – 95	40 - 60	20 - 30	3 - 10	<i>High</i>
30 – 60	30 - 40	10 - 20	1-5	<i>Medium</i>
<30	<30	<10	<1	<i>Low</i>

Tabel 6. Klasifikasi Tanah Ekspansif Berdasarkan Batas Susut Menurut Altmeyer (1955)

Linier Shrinkage	SL (%)	Probable Swell (%)	Degree of Expansion
<5	>12	<0.5	<i>Non Critical</i>
5 – 8	10 - 12	0.5 – 1.5	<i>Marginal</i>
>0.8	<10	<1.5	<i>Critical</i>

2.3.2 Uji Minerologi

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengetahui kandungan minerologi tanah dan yang paling terkenal adalah dengan metoda difraksi sinar X, selain itu ada metoda lain diantaranya adalah analisa diferensial termal, analisa kimia, analisa mikroskop elektron dan *dye absorbtion*.

- a. Difraksi Sinar X (*X-ray diffraction*)
Metoda ini digunakan untuk menentukan perbandingan berbagai mineral yang terdapat pada koloid lempung, yaitu dengan membandingkan intensitas dari garis difraksi dari berbagai mineral terhadap garis bahan standar.
- b. Analisa Penurunan Panas (*Differential Thermal Analysis*)
Cara ini baik digunakan untuk memeriksa material yang mengalami perubahan karakteristik akibat panas.
- c. Analisa Kimia
Digunakan sebagai pelengkap pada metoda difraksi sinar X.
- d. Mikroskop Elektron (*Electron Microscope Resolution*)
Digunakan untuk menentukan komposisi mineral, tekstur, dan struktur internal. Hasil dari metoda ini juga dapat digunakan untuk membedakan karakteristik dan morfologinya.
- e. Penyerapan Terbilas (*Dye Absorbition*)
Bahan celup dan bahan reagen lainnya akan menimbulkan warna tertentu bila diserap oleh lempung. Metoda ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi lempung.

2.3.3 Uji Batas-Batas Konsistensi Atterberg

Untuk uji batas – batas konsistensi Atterberg (*Atterberg Limit*), pontensi pengembangan tanah lempung ditentukan dengan menggunakan beberapa kriteria yang dapat dilihat pada **Tabel 7 – 10**, dan **Gambar 2 dan 3**.

1. Kriteria Raman

Tabel 7. Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan PI Dan SL (Raman, 1967 dalam Das, 1995)

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree of Expansion
<12	<15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High
>30	>40	Very high

2. Kriteria Chen

Tabel 8. Kriteria Pengembangan Berdasarkan PI (Chen, 1988 dalam Das, 1995)

Plasticity Index (%)	Swelling Potential
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
20 – 35	High
>35	Very High

3. Kriteria Snethen

Tabel 9. Klasifikasi Potensial Mengembang (Snethen et.al, 1977 dalam Das, 1995)

LL (%)	PI (%)	Sat Tsf	Potential Swelling (%)	Potential Swelling Clasification
>60	>35	>4	>1.5	High
50 – 60	25 – 35	1.5 – 4	0.5 – 1.5	Medium
<50	<25	<1.5	<0.5	Low

4. Kriteria Seed

Tabel 10. Klasifikasi Derajat Ekspansif (Seed et al.1962 dalam Das, 1995)

Swelling Potential (%)	Swelling Degree
0 – 1.5	Low
1.5 – 5	Medium
5 – 25	High
>25	Very High

Gambar 2. Klasifikasi Potensi Pengembangan Tanah Lempung (Seed, 1962)

5. Kriteria William

Gambar 3. Klasifikasi Potensi Mengembang Tanah Lempung (William, 1958)

2.4 Pemadatan Tanah Ekspansif

2.4.1 Teori Pemadatan

Pemadatan pada tanah adalah proses memperkecil ruangan pori dengan menggunakan beban dinamis yang dipengaruhi oleh mekanisme pergerakan dari partikel padatnya. Pada setiap standar pemadatan yang digunakan akan diperoleh nilai kadar air optimum (*optimum moisture content*) yang menghasilkan kepadatan maksimum (berat volume kering maksimum). Pada kadar air lainnya, baik di daerah kering atau di daerah basah terhadap kadar air optimumnya, akan diperoleh kepadatan yang lebih kecil dari kepadatan maksimumnya. Makin jauh dari kadar air optimumnya, maka kepadatan yang akan didapatkan akan semakin kecil pula. Tujuan dari pemadatan tanah adalah:

1. Mempertinggi kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas)
3. Mengurangi permeabilitas
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain-lain

Beberapa peneliti seperti Proctor (1933), Hogentogler (1936), Hilf (1956), Olson (1963), Berder dan Sides (1970) telah mencoba menerangkan bahwa bentuk kurva hubungan antara kadar air dan kepadatan dari tanah lempung.

2.4.2 Sifat Tanah Lempung yang Dipadatkan

Sifat-sifat teknis tanah lempung setelah pemadatan akan sangat tergantung pada cara atau usaha pemadatan, jenis tanah, dan kadar air. Pada percobaan Proctor, usaha pemadatan yang dilakukan dengan lima lapisan akan memberikan hasil yang lebih padat dibandingkan dengan pemadatan tiga lapisan. Jadi dengan usaha pemadatan yang lebih besar, akan diperoleh tanah yang lebih padat atau berat volume keringnya semakin besar. Biasanya kadar air tanah yang dipadatkan didasarkan pada posisi-posisi kadar air sisi kering optimum (*dry side of optimum*), dekat optimum, atau optimum dan sisi basah optimum. Susunan partikel tanah dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

1. Susunan terflokulasi, yaitu hubungan tepi partikel yang satu dengan permukaan partikel yang lain.
2. Susunan terdispersi, yaitu hubungan permukaan partikel yang satu dengan permukaan partikel lain.

Pada suatu kadar air tertentu, usaha pemadatan yang lebih tinggi cenderung menghasilkan lebih banyak partikel lempung dengan orientasi yang sejajar sehingga lebih banyak struktur tanah yang terdispersi. Partikel-partikel tanah lebih dekat satu sama dan dengan sendirinya akan didapatkan berat volume yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan antara titik A dan titik E pada **Gambar 4**.

Gambar 4. Pengaruh Pemadatan pada struktur Tanah Lempung

2.4.3 Pemadatan dan Sifat Teknik Tanah

Pemadatan dapat memberikan pengaruh terhadap sifat teknis tanah, sebagai berikut:

1. Pengaruh energi pemadatan terhadap kurva pemadatan
Energi pemadatan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Penambahan terhadap energi pemadatan menyebabkan naiknya kepadatan maksimum dan turunya kadar air optimum pada suatu jenis tanah.
2. Pengaruh pemadatan terhadap permeabilitas
Hasilnya menunjukkan pada daerah kering dari OMC (*Optimum Moisture Content*), peningkatan kadar air menyebabkan penurunan permeabilitas tanah. Permeabilitas minimum terjadi pada kadar air sedikit di atas OMC. Pada daerah basah dari OMC, peningkatan kadar air mengakibatkan sedikit peningkatan permeabilitas.
3. Pengaruh pemadatan terhadap kompresibilitas
Pada tegangan vertikal rendah, tanah yang dipadatkan pada daerah kering dari OMC, mempunyai kompresibilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang dipadatkan di daerah basah.
4. Pengaruh pemadatan terhadap pengembangan dan penyusutan tanah

Hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Rina Yuliet (2001), terhadap tanah ekspansif di daerah Karangnunggal, Tasikmalaya dengan metoda *free swelling test*, disimpulkan:

- a. Nilai pengembangan bebas (*free swell*) pada kondisi kering OMC akan lebih besar bila dibandingkan pada kondisi basah optimum untuk energi pemadatan yang sama.
- b. Nilai tekanan mengembang (*swelling pressure*) pada kondisi kering OMC lebih besar bila dibandingkan kondisi basah optimum untuk energi pemadatan yang sama.

- c. Nilai presentase mengembang (*percent swell*) pada kondisi kering OMC lebih besar dibandingkan dengan kondisi basah optimum untuk energi pemadatan yang sama.

2.5 Uji Pengembangan

Salah satu uji pengembangan yang telah dikembangkan oleh *US Water and Power Resources Service* adalah Uji Pengembangan Bebas (*Free Swelling Test*) (Holtz dan Gibbs, 1956). Pengujian ini dilakukan dengan cara menabur perlahan-lahan 10 cm³ tanah kering dengan butiran lolos saringan no. 40, ke dalam tabung gelas ukur yang telah diisi air dengan volume 100 cm³, dan diamati volume saat keseimbangan terjadi.

Pengembangan bebas didefinisikan oleh Holtz dan Gibbs (1956) sebagai :

$$PB = \frac{V' - V}{V} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Uji pengembangan pada umumnya dilakukan pada cincin besi yang berbentuk silinder (contoh tanah terkekang secara lateral). Awalnya tanah dibebani dengan tekanan terbagi rata, dan kemudian direndam air. Contoh tanah mengembang secara vertikal dan perubahan tinggi dibagi tinggi awal adalah potensi pengembangannya (dinyatakan dalam persen).

Pengujian pengembangan ini dapat dilakukan dengan alat uji konsolidasi konvensional (*konsolidometer*). Tetapi, akibat belum adanya prosedur standar pengujian, spesifikasi dari pengujian bervariasi dan hasil pengujian jadi berbeda dan tidak selalu dapat dibandingkan.

Diameter tanah pada umumnya sekitar 50 – 112 mm dan tinggi 12 – 37 mm. Jika diameter contoh tanah lebih besar, maka akan berpengaruh pada pengurangan gesekan dinding, sehingga contoh akan cenderung mengembang lebih besar. Tanah yang digunakan dapat berupa tanah asli (*undisturbed*) maupun dibentuk (*remolded*). Jika sample tanah adalah tanah yang dibentuk, maka harus diperhatikan kepadatan, kadar air dan bagaimana pemeraman contoh tanahnya. Kadar air awal adalah kadar air tanah ditempat, kadar air optimum atau kering udara. Beban yang digunakan adalah beban terbagi rata yang berkisar antara 2.9 – 71.8 kPa. Kadang – kadang beban dibuat sama dengan tekanan ditempat (*in-situ*) sama dengan tekanan *overburden* (tekanan akibat berat material yang ada di atas lapisan tanah tersebut) yang diperkirakan sebelumnya. Lama waktu pengujian dipertimbangkan terhadap waktu yang dibutuhkan air untuk masuk ke dalam contoh tanah, karena tanah ekspansif tidak segera mengembang ketika ditambahkan air. Beberapa penelitian melakukan pengujian selama 24 jam, atau yang lain menunggu sampai kecepatan mengembang telah mencapai kecepatan tertentu, misalnya 0.001"/jam, sehingga memerlukan waktu beberapa hari (Coduto, 1994).

Snethen (1984) menyarankan definisi potensi pengembangan adalah keseimbangan perubahan volume vertikal (atau deformasi benda uji) dengan menggunakan alat tipe konsolidometer, dinyatakan dalam persen terhadap tinggi awal pada suatu contoh tak terganggu dengan kadar dan kepadatan di alam, pada kedudukan jenuh, di bawah beban yang ekuivalen dengan tekanan *overburden* di tempat. Beban yang ditetapkan juga harus mempertimbangkan beban luar, seperti beban pondasi.

Berdasarkan hasil penyelidikan yang dilakukan oleh Fandy Chandra (2007) tentang studi perbandingan berbagai macam metode pengukuran *swelling pressure* untuk tanah ekspansif, disimpulkan bahwa:

1. Metoda *free swelling test* merupakan metoda yang paling mudah dan aman digunakan dibandingkan dua metoda lain, karena memasukkan beban *overburden* ke dalam perhitungan *swelling pressure*.
2. Metoda *free swelling test* membutuhkan waktu paling lama untuk menyelesaikan tes dibandingkan metoda lainnya.
3. Metoda *free swelling test* memberikan nilai *swelling pressure* paling tinggi dibandingkan dua metoda lainnya.

3. HASIL DAN ANALISA

3.1 Analisa Sifat Fisik Tanah

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah adalah berat jenis (*specific gravity*), analisa saringan, dan batas konsistensi tanah (*atterberg limit*). Hasil dari uji analisa sifat fisik tanah dapat dilihat pada **Tabel 11 – 12**.

Tabel 11. Hasil Uji Identifikasi Tanah Lempung

Pengujian	hasil
Kadar air tanah	65.362%
Spesific Gravity	2.647
Uji Saringan dan hydrometer	
% Lempung	17.55%
% Lanau	73.06 %
% Pasir	9.39%
Uji Atterberg Limit	
LL	119.37
PL	51.54
PI	67.83

Tabel 12. Hasil Pengujian Analisa Saringan

No. Saringan	Berat tertahan	Jlh Berat tertahan	Tertahan (%)	Lolos (%)
4	0	0	0.00	100.00
10	0	0	0.00	100.00
20	0.9	0.9	0.60	99.40
40	0.8	1.7	1.13	98.87
100	1.8	3.5	2.33	97.67
200	3.5	7	4.67	95.33
PAN	143	150	100.00	0.00

Dari tabel terlihat bahwa tanah yang terdapat di daerah Limau Manih, Kota Padang, merupakan tanah lempung yang aktif dan ekspansif dan diindikasikan memiliki potensi pengembangan yang besar sebagaimana yang terlihat pada nilai hasil uji *Atterberg Limit*, Uji Saringan dan uji Hidrometer.

3.2 Uji Kepadatan

Uji kepadatan yang dilakukan dengan tiga variasi pukulan yaitu 12x, 25x, dan 50x pukulan. Dari hasil percobaan didapatkan hasil uji pemadatan seperti terlihat pada **Tabel 13**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa kadar air optimum pada masing-masing sampel yang akan digunakan pada uji *Free Swelling Test*.

Tabel 13. Hasil Uji Pemadatan

Pukulan	Kadar air optimum	Kepadatan maksimum
12 kali	45 %	1.049
25 kali	43.6 %	1.09
50 kali	35 %	1.11

3.3 Uji *Free Swelling Test*

Uji *free swelling test* dapat dilihat pada **Tabel 14**. Dari tabel tersebut terlihat bahwa

Tabel 14. Nilai Parameter Pengembangan Tanah Daerah Limau Manih

Parameter pengembangan	Jumlah tumbukan pemadatan			Sampel undisturbed
	50 tumbukan	25 tumbukan	12 tumbukan	
eo	0.93483	1.1251	1.2055	1.6076
ese	0.9508	1.1452	1.233	1.7319
evo	0.939	1.134	1.211	1.709
σ_{sf} (kPa)	55.2	60	62.22	106

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Tanah lempung yang terdapat di daerah Limau Manih, kota Padang, berdasarkan enam kriteria para ahli yang dijelaskan pada Tinjauan Pustaka, merupakan tanah lempung yang aktif dan ekspansif dan diindikasikan memiliki potensi pengembangan yang besar.
- Hasil pemadatan sampel tanah lempung di daerah Limau Manih, menunjukkan hubungan jumlah pukulan, kepadatan kering tanah maksimum dan *optimum water content (OMC)*, dimana semakin besar pemadatan (besarnya jumlah pukulan) menyebabkan kepadatan tanah naik dan OMC turun, sehingga dapat disimpulkan semakin besar pemadatan, maka penambahan kadar air untuk mencapai kepadatan kering tanah semakin kecil.
- Berdasarkan metode *Free Swelling Test*, disimpulkan ternyata tanah lempung pada daerah Limau Manih merupakan tanah dengan potensi pengembangan kecil sampai sedang untuk sampel pemadatan dan sedang untuk sampel *undisturbed*.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

Das, Braja M., (translated by Mochtar.N.E and Mochtar I.B.), (1995), "*Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*", Erlangga, Jakarta.

- Hardiyatmo, Hary Christady, (1996), "*Mekanika Tanah 1*", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Laporan Praktikum, Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Suyono Sudarso, (1983), "*Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*", Pradnya paramita, Jakarta.
- Hakam, Abdul.DR., (2006), "*Teknik Pondasi*", Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.
- Bowles, J.E, (1977), "*Foudation Analysis and Design*", McGraw-Hill Kogakusha, Ltd; Tokyo, Japan.
- Yuliet, Rina, (2001), "*Studi Perilaku Mengembang dengan Metode ASTM D4546-90 (A,B,C) dan Kekuatan Geser pada Lempung Montmorillonite*", Karang Nunggal, Tesis ITB.
- Andriani, Rina Yuliet, (2010), "*Problema Tanah Mengembang dan tanah Gambut dalam Rekayasa Sipil*", teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Annual Books of ASTM Standarts, (1988), "*American Society of Testing Material*", Philadelphia.
- Utama, Hendra, (2006), "*Uji Potensi Mengembang pada Tanah Lempung Aie Pacah dengan Metoda Free Swelling Test*", Skripsi S1, Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Andalas.
- Chandra, Fandy, (2007), "*Studi perbandingan berbagai macam metode pengukuran swelling pressure untuk tanah ekspansif*". Surabaya, skripsi Universitas Kristen Petra, <http://www.citeulike.org/user/yoga/article/4657930>, Diakses tanggal 25 Juni 2010.
- Colorado Geological Survey, (2010), "*Definition and Characteristics of Swelling Soil*", <http://geosurvey.state.co.us/Default.aspx?tabid=392>, diakses tanggal 11 Agustus 2010.
- Colorado Geological Survey, (2010), "*Swelling Soil Research Project*", <http://geosurvey.state.co.us/Default.aspx?tabid=449>, diakses tanggal 11 Agustus 2010
- Wikipedia, (2010), "*Overburden Stress, lithostatic pressure, vertical stress*", http://en.wikipedia.org/wiki/Overburden_pressure, diakses pada tanggal 12 Agustus 2010.