



KARAKTERISTIK LEMPUNG EKSPANSIP PURWODADI

Salem P. Sihombing

RINGKASAN

Sifat mengembang dan menyusut tanah lempung Purwodadi cukup besar. Dalam menentukan sifat ekspansip tanah (Swelling dan shrinkage) dilakukan dengan activity, swelling potential, linear shrinkage, % swelling dan swelling pressure.

Faktor yang mempengaruhi swelling tanah adalah kadar lempung, kepadatan (γ_d), tekanan vertikal, faktor lingkungan (iklim) dan mineral monmorillonite.

SUMMARY

The swelling and shrinkage of Purwodadi clay is high.

The expansiveness characteristics of this clay is determined by activity swelling potential, % swelling and swelling pressure.

Factors influenced the swelling of clay are % clay, dry density (γ_d) vertical pressure, mineral monmorillonite and environmental condition.

PENDAHULUAN

Pengenalan akan sifat-sifat dan penyebaran tanah ekspansip di negara kita ini masih kurang, oleh karena itu dirasa sangat perlu melakukan penelitian akan sifat-sifat tanah ini.

Pentingnya pengenalan ini karena pengaruhnya yang dapat merugikan terhadap konstruksi yang dibangun di atasnya seperti terjadinya retakan-retakan memanjang pada permukaan jalan, jembulan tanah (*soil heaving*), longsor dan sebagainya.

Sifat ekspansip biasanya terdapat pada tanah yang berbutir halus karena luas permukaannya lebih besar daripada tanah berbutir kasar sehingga air yang diadsorpsi lebih banyak serta tanahnya mempunyai indeks plastis yang cukup tinggi.

Pelaksanaan penelitian dilakukan atas contoh-contoh tanah yang diambil dari ruas jalan Godong - Purwodadi dan Purwodadi - Wirosari di propinsi Jawa Tengah karena diperkirakan ruas-ruas jalan ini dibangun di atas tanah yang bersifat ekspansip terlihat dari adanya jembulan-jembulan tanah, retakan-retakan memanjang, serta longsor yang terjadi.

PENGUMPULAN DATA

1. DATA GEOLOGI

Lapisan tanah ruas jalan Semarang-Godong-Purwodadi-Wirosari berupa lapisan lempung, lanau, pasir (alluvium) dengan ketebalan kurang lebih

100 meter, (Peta Geologi lembar Jawa Tengah, 1977).

2. DATA PENYELIDIKAN TANAH

Hasil penyelidikan tanah dengan alat Sondir sampai kedalaman - 25,00 m bervariasi dari 0 sampai 30 kg/cm². Pada kedalaman lebih besar dari 25 meter, nilai Sondir lebih dari 150 kg/cm².

3. DATA LABORATORIUM

- Indeks Plastisitas, antara 53 - 88 %
- Kadar lempung, antara 30 - 65 %
- Lewat saringan 200, antara 79 - 98 %

4. DATA LAPANGAN

Jenis perkerasan ruas jalan antara Godong - Purwodadi terdiri dari aspal beton di mana pada beberapa tempat terutama antara Km 49,00 - Km 52,00 telah terjadi retakan memanjang dan beberapa bagian badan jalan telah longsor. Ruas jalan antara Purwodadi - Wirosari terbuat dari penetrasi dengan permukaan bergelombang besar dan pada beberapa tempat amblas. Kondisi jalan pada saat pengamatan (September 1986) sudah rusak.

PENYELIDIKAN LAPANGAN

Penyelidikan lapangan terdiri dari:

- (i) Pemboran.
- (ii) *Test pit*.
- (iii) Pemasangan piezometer.
- (iv) Observasi muka air tanah.

1. PEMBORAN

Jenis tanah berdasarkan hasil pemboran sebanyak 13 buah pada umumnya terdiri dari lapisan lempung yang konsistensinya bervariasi dari teguh sampai kenyal yang pada beberapa lapisan mengandung sedikit pasir.

2. PEMASANGAN PIEZOMETER

Tujuan pemasangan piezometer sebanyak 13 buah adalah untuk observasi ketinggian muka air tanah pada selang waktu tertentu sehingga dapat diketahui variasi tinggi muka air tanah setiap musim.

3. OBSERVASI TINGGI MUKA AIR TANAH

- Observasi pada musim kering dengan tinggi muka air tanah antara -4,00 m sampai - 9,80 m dari permukaan tanah (September 1986).
- Observasi pada bulan Desember 1986 (musim hujan) dengan tinggi muka air tanah antara -0,50 m sampai -1,75 m dari permukaan tanah.

KEGIATAN LABORATORIUM

1. Pemeriksaan sifat ekspansip tanah.

Pemeriksaan ini meliputi pemeriksaan *Swelling*, *Swelling pressure*, *linear shrinkage*, dan *shrinkage limit*.

Hasil pemeriksaan sebagai berikut:

- % *swelling* dapat dilihat pada tabel 1 dan 2
- *Swelling pressure*, lihat tabel 3.
- *Linear shrinkage* berkisar antara 16,74-24,93%
- *Shrinkage* limit berkisar antara 10,42-19,82 %

2. Pemeriksaan kadar mineral tanah.

Pemeriksaan kadar mineral tanah dilakukan dengan *X-ray diffraction* dan pemeriksaan kimia. Kadar mineral monmorillonite berkisar antara 4-22%

3. Pemeriksaan kimia dan PH

Pemeriksaan kimia gunanya untuk membantu hasil *X-ray diffraction* untuk menentukan kadar mineral.

Hasil pemeriksaan kimia lihat tabel 4.

Nilai pH antara 7,50 - 7,90.

4. Pemeriksaan sifat-sifat teknik tanah.

Pemeriksaan tanah terdiri dari berat isi kering, kadar lempung, konsolidasi, permeabilitas, batas-batas Atterberg, berat jenis, angka pori, derajat kejenuhan.

Hasil pemeriksaan, lihat tabel 5.

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa ruas jalan Semarang - Godong - Purwodadi - Wirosari terletak di atas tanah alluvial (*alluvium*) dengan ketebalan 100 meter. Kedalaman sampai 25 m MT, konsistensi bervariasi mulai dari teguh (*firm*) sampai kenyal (*stiff*), dan kedalaman 25 m MT, konsistensinya dari keras sampai sangat keras dan lapisan tanah mempunyai plastisitas tinggi.

1. Identifikasi tanah lempung.

(i). Klasifikasi tanah lempung Purwodadi berdasarkan USCS adalah CH (lempung dengan plastisitas tinggi) dan berdasarkan klasifikasi AASHTO adalah A-7-5 dan A-7-6.

(ii). Hubungan antara % lempung dan *liquid limit* dapat dilihat pada gambar 1. Dari diagram terlihat, makin besar kadar lempung, makin tinggi *liquid limit*. Jadi makin besar luas permukaan, makin tinggi air yang di-adsorpsi.

(iii). Kadar mineral monmorillonite berkisar antara 4% sampai 22%.

Hubungan antara kadar mineral monmorillonite dan *activity* tidak bisa dikorelasikan karena hasilnya tidak teratur (Lambe and Martin, 1957) Lihat gambar 2.

2. Pengembangan dan penyusutan tanah lempung (*Swelling dan Shrinkage*).

Faktor yang mempengaruhi *swelling* selain jenis kadar lempung, juga tergantung dari sifat fisik tanah (kepadatan, γ_d), tekanan vertikal dan faktor lingkungan seperti iklim (musim hujan/kering, perbedaan besarnya air yang masuk ke dalam tanah dan yang menguap, dan lain-lain).

Beberapa cara ditetapkan untuk menentukan karakteristik pengembangan dan penyusutan dari pada tanah lempung, sebagai berikut:

(i). *Activity*

$$A = \frac{PI}{c-5}$$

A = *activity*

PI = Indeks Plastisitas (%)

c = kadar lempung

Nilai *activity* dari pada tanah lempung Purwodadi ini berkisar antara 1,36-3,47.

Gambar 3 menunjukkan bahwa lempung Purwodadi (*Purwodadi clay*) mempunyai *aktiviti* yang lebih besar dari *shellhaven clay*, *London clay* dan *Weald clay*.

- (ii). *Potential Expansiveness*
Berdasarkan diagram pada gambar 4 menunjukkan bahwa tanah lempung mempunyai *potential expansiveness* yang sangat tinggi yang berarti kemampuan untuk mengembang sangat besar.
- (iii). *Swelling potential* adalah kemampuan dari pada tanah untuk mengembang.

$$S = 0,00216 \times PI^{2,44}$$

di mana :

S = *Swelling potential*

PI = *Indeks Plastisitas*

Nilai *swelling potential* dari tanah lempung Purwodadi ini berkisar antara 28,74% - 107,08%.

Berdasarkan diagram dalam gambar 5 terlihat bahwa tanah lempung ini mempunyai *swelling potential* yang sangat tinggi, berarti kemampuan dari tanah ini sangat besar untuk mengembang.

Hubungan antara *swelling potential* dan *linear shrinkage* dapat dilihat pada gambar 3. Makin tinggi *swelling potential*, makin besar *linear shrinkage* dari tanah tersebut atau dengan perkataan lain makin tinggi *swelling potential* makin tinggi potensinya untuk menyusut.

- (iv). *Linear shrinkage* dan *shrinkage limit* menunjukkan karakteristik penyusutan dari pada tanah. Hubungan antara PI dengan *linear shrinkage* dilihat pada gambar 6.
- (v). *Swelling* (pengembangan).
Besarnya *swelling* tergantung dari kadar air pada saat pemadatan dan tekanan vertikal. Hal ini dapat dilihat dengan membandingkan hasil dalam tabel 1 (kadar air akhir lebih tinggi) dengan hasil dalam tabel 2.
- (vi). *Swelling pressure* adalah besarnya tekanan yang menyebabkan contoh tanah kembali pada volume semula yang dilakukan setelah *swelling* maksimum tercapai. *Swelling pressure* ini menggambarkan karakteristik *swelling* dari pada tanah.
Berdasarkan gambar 7 terlihat bahwa makin besar berat isi kering, makin tinggi *swelling pressure*.
Dari data tersebut di atas dapat dilihat bahwa *swelling pressure* hanya terpengaruh oleh kepadatan tanah (γ_d).

3. *Soil - heaving* (jembulan).

Yang dimaksud dengan jembulan tanah adalah besarnya pengembangan pada permukaan tanah maupun jalan. Hal ini terjadi karena tanah terdesak ke arah atas (mengalami tekanan ke atas) sebagai akibat dari sifat ekspansip dari pada tanah terutama jika musim hujan tiba.

Jembulan tanah tergantung kondisi muka air tanah selama musim kering dan musim hujan serta besarnya % *swelling* di permukaan tanah. Nilai % *swelling* di permukaan tanah lebih besar dibandingkan dengan % *swelling* di bawah permukaan tanah/jalan karena tekanan vertikal ($\gamma \cdot h$) lebih kecil. Tekanan vertikal ($\gamma \cdot h$) makin ke bawah makin besar.

Besarnya jembulan tanah dihitung dengan persamaan berikut:

$$S = 1/3 H (\Delta h/h)$$

di mana

S = *Soil heaving* (jembulan)

H = Tinggi muka air tanah

$\Delta h/h$ = % *swell* pada permukaan tanah (hasil lab.).

Kesimpulan

1. Tanah lempung Purwodadi yang diteliti merupakan lapisan atas dari tanah Alluvial yang mempunyai kedalaman kurang lebih 100 m. Klasifikasi tanah lempung adalah CH (plastisitas tinggi) menurut USCS dan A-7-5 dan A-7-6 menurut AASHTO. Tanah mempunyai LL dan PI yang sangat tinggi serta kadar lempung yang cukup besar.
2. Kadar mineral monmorillonite antara 4 - 22 %. Hubungan antara % monmorillonite dan *activity* tidak dapat dilukiskan karena data kurang teratur. Hal ini sesuai dengan Martin and Lambe, 1957.
3. Dalam menentukan sifat ekspansip tanah (*Swelling dan shrinkage*) dilakukan dengan *activity, swelling potential, linear shrinkage, % swelling dan swelling pressure* yang masing-masing mempunyai nilai cukup tinggi untuk tanah lempung Purwodadi.
Tanah lempung ini mempunyai *potential expansiveness* yang cukup tinggi sehingga kemampuan untuk mengembang dan menyusut cukup besar.
4. Faktor yang mempengaruhi *swelling* tanah adalah kadar lempung, sifat fisik tanah (kepadatan, γ_d), tekanan vertikal dan faktor lingkungan seperti iklim (musim hujan/musim kering, perbedaan besarnya air yang masuk ke dalam tanah dan yang menguap, dll)
5. *Swelling pressure* tergantung dari berat isi kering (γ_d). Makin besar γ_d , makin tinggi *swelling pressure*.
6. Makin besar kadar lempung (< 0,002 mm) makin tinggi *activity*.
7. Besarnya *soil-heaving* (jembulan) dihitung berdasarkan rumus empiris yang tergantung dari tinggi muka air tanah dan % *swelling* pada permukaan tanah.
8. Retakan memanjang dan longsoran badan jalan diperkirakan karena sifat ekspansip tanah (proses penyusutan pada musim kering dan kemudian mengembang pada musim hujan).

Rekomendasi

- (i). Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut atas tanah ekspansip di lokasi-lokasi lain.
- (ii). Perlu dipelajari pengaruh penambahan bahan-bahan stabilisasi atas sifat-sifat lempung ekspansip.
- (iii). Penelitian lebih lanjut cara-cara penanggulangan kerusakan pada jalan yang dibangun di atas tanah ekspansip.

Tabel 1. Nilai % Swelling Berdasarkan Kepadatan Lapangan

Titik Bor	Kedalaman (cm)	Lapangan		Kadar air (%)		% Perobahan volume	% * Swelling
		γ_{lap} (g/cc)	γ_d (g/cc)	Awal	Akhir		
I	-0,40	1,76	1,19	48,53	55,18	0,15	0,15
II	-0,40	1,50	1,13	39,08	51,27	2,01	2,01
IV	-0,40	1,62	1,16	39,68	49,09	0,94	0,94
V	-0,40	1,70	1,17	45,22	50,27	0,84	0,84
VIII	-0,40	1,50	1,03	45,72	59,68	1,41	1,41
X	-0,40	1,62	1,09	47,43	51,18	1,26	1,26
XII	-0,40	1,66	1,14	45,74	56,78	4,0	4,0
XIII	-0,40	1,57	1,13	38,51	43,72	1,09	1,09

* % Swelling diukur dengan peralatan konsolidasi pada tekanan 0,05 kg/cm²

Tabel 2. Nilai % Swelling berdasarkan kepadatan maksimum

Titik Bor	Kedalaman (m)	Laboratorium		Kadar air (%)		% Perobahan volume	% * Swelling
		γ_{basah} (g/cc)	$\gamma_{d\ max}$ (g/cc)	Awal (W-opt.)	Akhir		
V	-0,40	1,86	1,50	24,10	32,94	6,57	6,57
VII	-0,40	1,92	1,53	25,70	34,90	3,68	3,68
IX	-0,40	1,74	1,30	33,60	40,95	6,29	6,29
X	-0,40	1,92	1,55	23,60	45,70	13,93	13,93

* % Swelling diukur dengan peralatan konsolidasi (tebal contoh - 2 cm) pada tekanan 0,05 kg/cm²

Tabel 3. Nilai Swelling pressure berdasarkan kepadatan maksimum dan kepadatan lapangan.

Titik Bor	Kedalaman (m)	Berat isi basah, (g/cc)	Berat isi kering, (g/cc)	Kadar air (%)		% Swelling	Swelling pressure kg/cm ²
				Awal	Akhir		
I	-0,40	1,80	1,35 (max)	33,60 (opt)	42,55	0,81	1,60
XIII	-0,40	1,83	1,40 (max)	30,68 (opt)	39,93	0,86	1,85
XIII	-0,40	1,56	1,13 (lap)	37,83 (lap)	-	0,79	1,69
XIII	-4,20-5,00	1,66	1,10 (lap)	50,47 (lap)	58,19	0,05	0,11

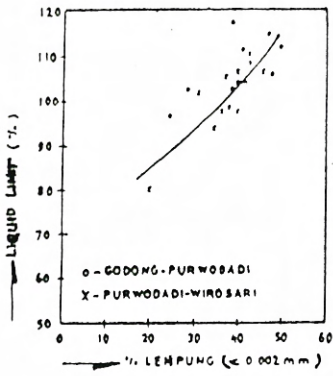
* % Swelling diukur dengan alat swelling pressure (tebal contoh 11,70 cm) pada tekanan 0,05 kg/cm²

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Kimia daripada tanah (Godong-Purwodadi dan Purwodadi-Wirosari)

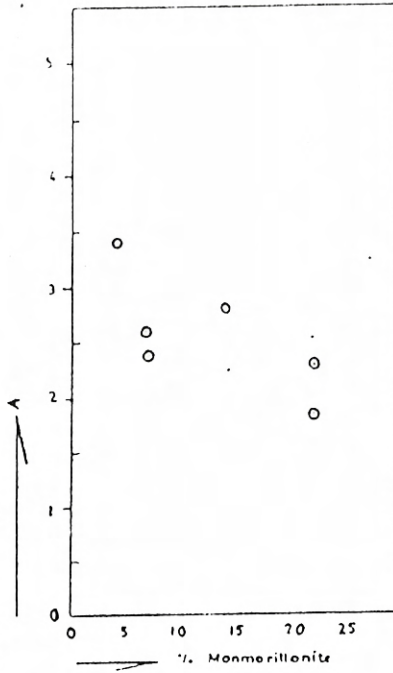
No	Jenis Pemeriksaan	Benda Uji				
		Titik Bor I	Titik Bor II	Titik Bor V	Titik Bor VIII	Titik Bor XIII
1.	Si O2 (%)	20,00	50,10	51,65	52,74	56,05
2.	Al2 O3 (%)	6,10	27,01	30,08	26,14	20,51
3.	Ti O2 (%)	-	0,01	0,04	0,01	0,03
4.	Fe2 O3 (%)	1,60	15,12	9,85	13,36	14,57
5.	Ca O (%)	27,50	1,21	2,66	1,93	3,23
6.	Mg O (%)	1,07	0,40	0,98	0,71	1,15
7.	K2 O (%)	-	0,05	0,04	0,06	0,08
8.	Na2 O (%)	-	0,00	0,00	0,00	0,00
9.	Hilang Pijar (%)	33,73	6,10	4,70	5,05	4,38

Tabel 5. Hasil pemeriksaan sifat-sifat teknik tanah ekspansip Purwodadi

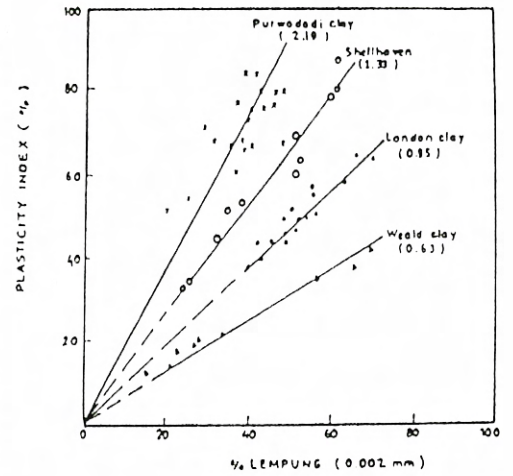
No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan
1.	Liquid limit (%)	80 - 120
2.	Plasticity Index (%)	52 - 91
3.	Shrinkage Limit (%)	10,42 - 19,82
4.	Linear Shrinkage (%)	16,74 - 24,93
5.	Berat Jenis	2,58 - 2,78
6.	Lewat Saringan 200 (%)	72,38 - 99,35
7.	Kadar lempung (%)	20 - 50
8.	Kadar air (%)	32,19 - 69,25
9.	Berat isi kering (g/cc)	1,60 - 1,76
10.	Konsolidasi :	
	- CV	2,478 x 10 ⁻³ - 10,27 x 10 ⁻³
	- C2	15,99 - 51,93
	- Cc	0,06 - 0,47
11.	Permeability (cm/det)	0,59 x 10 ⁻⁷ - 2,762 x 10 ⁻⁷
12.	Angka pori (%)	0,9055 - 1,1892
13.	Derajat kejenuhan (%)	70,30 - 116,29
14.	Klasifikasi AASHTO	A-7-5 dan A-7-6.



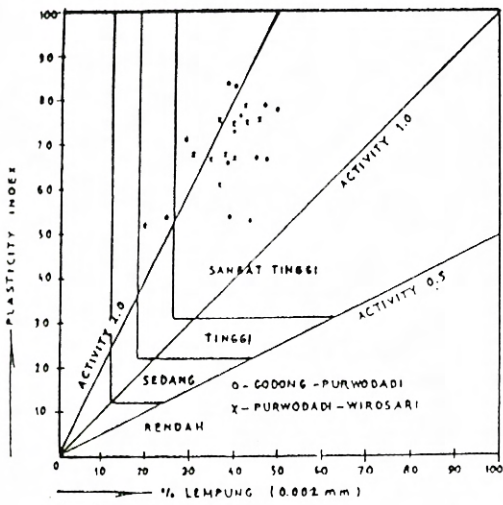
Gambar: 1.
Hubungan antara % lempung dan liquid limit



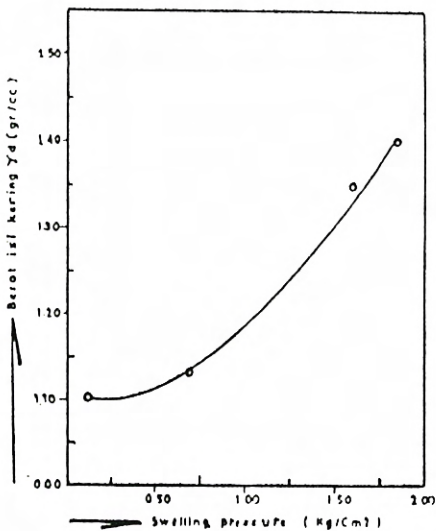
Gambar: 2.
Hubungan antara % montmorillonite dan Activity.



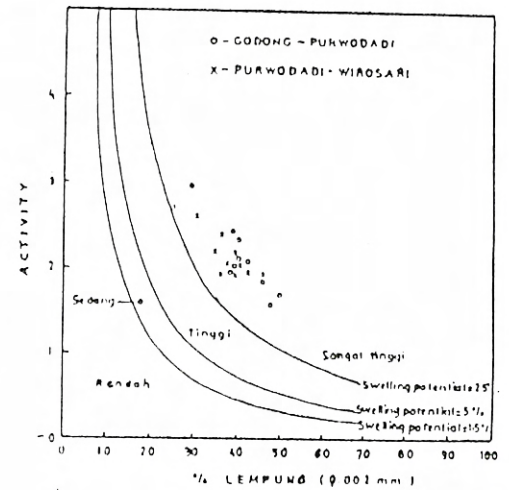
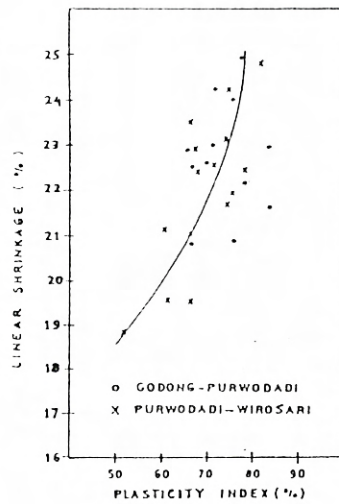
Gambar: 3.
Activity lempung Purwodadi



Gambar: 4.
Diagram menentukan potential expansiveness



Gambar: 7.
Hubungan antara berat isi kering (γ_d) dan swelling pressure.



Gambar: 5.
Swelling potential lempung Purwodadi

Gambar: 6.
Hubungan antara Plasticity index dan Linear shrinkage.

Penulis:

Ir. Salem P. Sihombing MSc., pendidikan terakhir Fakultas Pasca Sarjana ITB (S2), lulus tahun 1984. Bekerja di Pusat Litbang Jalan sejak tahun 1973, sekarang pejabat (fungsional) peneliti pada bidang Teknik Jalan sejak 1981.