

# KARAKTERISTIK GEOTEKNIK LEMPUNG EKSPANSIF DI NGAWI JAWA TIMUR

---

Handali, S<sup>1)</sup>, Iskandar, W<sup>2)</sup>, Zebua, Y<sup>3)</sup>., Wibowo, H<sup>4)</sup>., Eka, S.P<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta  
e-mail : safehandali@yahoo.com

<sup>2)</sup>Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

<sup>2)</sup>Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

<sup>2)</sup>Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

<sup>2)</sup>Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta

## ABSTRACT

*This paper presents the results of soil investigation on an expansive clay deposit in the city of Ngawi, East Jawa. Disturbed and undisturbed samples were obtained from three boreholes drilled in three different locations in Ngawi. The boreholes were drilled with hand auger to depths of around 2.5 m. Laboratory tests were carried out to find out the index properties of the soil, as well as free swell tests and consolidation tests. The results from the index tests and free swell tests were used to classify the swelling potential of the soil, making use of some of the criteria given in the references.*

*The result of the tests revealed that the soil in Borehole I and III consisted of two layers; from the ground surface to 1.5 m depth the soil was black fine grained soil while below 1.5 m the soil was black fine grained soil with increasing presence of white coarse grained particles. In all the boreholes the black color of the soil has shades of either grey or brown. The classification of the soil in the entire depth of all the boreholes was CH. Plotting the test results on several expansive soil classification charts, it was discovered that the clay in Ngawi falls into high to very high category in the chart introduced by Seed et al (1962) and very high to extra high in the Van der Merwe (1975) chart. The upper layer has higher swelling potential than the lower layer. A significant feature observed in the results from the consolidation tests was that high degree of volume rebound the samples exhibited, especially at lower level of stresses.*

## I. Pendahuluan

Kerusakan bangunan akibat aktifitas kembang susut tanah ekspansif menjadi persoalan di banyak negara, termasuk Indonesia. Salah satu daerah di Indonesia yang mengalami banyak kerusakan bangunan akibat tanah kembang susut adalah Kota Ngawi di Jawa Timur. Kerusakan akibat pergerakan tanah karena aktifitas muai susut terhadap bangunan di Ngawi antara lain adalah retak-retak pada tembok rumah penduduk dan penurunan pondasi. Salah satu contoh kerusakan yang terjadi pada sarana umum adalah seperti pada jalan Propinsi Ngawi – Caruban. Pada badan jalan timbul retakan yang mengakibatkan jalan bergelombang dan retakan memanjang akibat penurunan tanah di trotoar.

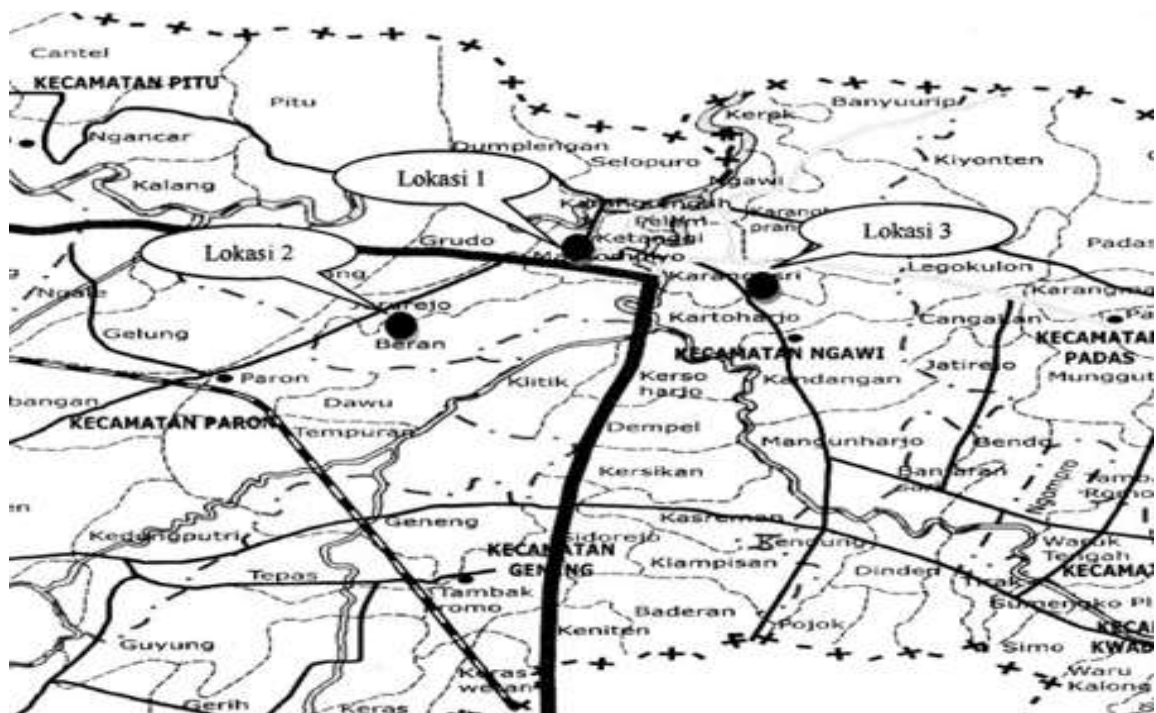
Penelitian mengenai kerusakan pada sarana umum dan bangunan di atas tanah kembang susut di Ngawi pernah dilakukan oleh Jumadi (1992). Jumadi melakukan

pengamatan secara visual terhadap kerusakan bangunan di atas pondasi dangkal yang diakibatkan oleh aktifitas muai susut tanah tersebut, dan mengusulkan agar bangunan tidak didirikan di atas fondasi dangkal, tetapi diletakkan di atas pondasi sumuran yang dipasang pada lapisan tanah keras yang berada disekitar kedalaman 3 – 4 m. Suherman (2003) melakukan pengujian laboratorium terhadap tanah ekspansif di jalan raya Ngawi – Caruban dan melaporkan bahwa tanah di Ngawi terbentuk dari endapan vulkanik dan terdiri atas mineral lempung *montmorillonite* sebanyak 60% dengan indeks pengembangan sebesar 300% dan *cation exchange capacity* antara 55 – 94 meq. Penelitian yang dilakukan oleh Sudjianto (2009) menunjukkan bahwa tanah di Ngawi adalah lempung berwarna abu-abu kehijauan bercampur warna kekuning-kuningan dengan kandungan serpihan batu dan mengandung mineral lempung *montmorillonite*.

## II. Pengambilan Contoh Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari pengeboran dangkal menggunakan *hand auger* di tiga lokasi di Ngawi, yaitu :

1. Lokasi 1: Di desa Margo Mulyo (Lubang Bor I)
2. Lokasi 2: ± 100 meter dari Jl. Propinsi Ngawi – Madiun Km. 6.5 (Lubang Bor II).  
Lokasi 3: Jl. Raya Ngawi – Caruban KM 5 (Lubang Bor III)



Gambar 1 Lokasi Lubang Bor

Pengeboran dilakukan sampai dengan kedalaman 2,5 m. Contoh tanah asli diperoleh dengan memukul tabung pengambil contoh tanah yang berdiameter 6,7 cm dan memiliki panjang 40 cm. Contoh tanah terganggu diperoleh dari tanah yang dikeluarkan pada saat pemboran berlangsung. Contoh tanah terganggu disimpan dalam kantong-kantong plastik tebal. Semua contoh tanah diberi label yang menunjukkan lokasi pengambilan contoh tanah dan kedalaman. Pengujian di laboratorium mencakup pengujian besaran indeks dan batas-batas konsistensi, termasuk penentuan batas susut, pengujian pengembangan bebas (*free swell test*) dan pengujian konsolidasi.

Pengujian *free swell* dilakukan terhadap 100 gram contoh tanah yang dikeringkan di udara bebas. Tanah kering kemudian dihancurkan dengan palu karet lalu diayak melalui saringan no. 10. Tanah yang tertahan disaringan no. 40. diambil sebanyak 10 cc dan ditempatkan dalam gelas ukur silinder dengan kapasitas 100 cc. Kedalam silinder kemudian diisi sampai volume larutan air dan tanah mencapai 100 cc. Peningkatan volume larutan yang disebabkan oleh pengembangan tanah dicatat dari waktu ke waktu sampai volume larutan menjadi konstan.

Pengujian konsolidasi dilakukan terhadap contoh tanah asli yang diambil dari Lubang Bor 1 kedalaman 0,8 m – 1,2 m, Lubang Bor 2 kedalaman 0,95 m – 1,35 m dan 1,5 – 1,9 m dan Lubang Bor 3 dari kedalaman 0,9 m – 1,3 m. Tahap pembebanan yang diberikan pada contoh tanah adalah 0,18 t/m<sup>2</sup>, 0,36 t/m<sup>2</sup>, 0,73 t/m<sup>2</sup>, 1,42 t/m<sup>2</sup>, 2,85 t/m<sup>2</sup>, 5,69 t/m<sup>2</sup>, 11,96 t/m<sup>2</sup>, 25,64 t/m<sup>2</sup>, 45,1 t/m<sup>2</sup>, 91,17,1 t/m<sup>2</sup>, dan 182,3 t/m<sup>2</sup>. Ring alat konsolidasi mempunyai diameter 49,8 mm dan tinggi 20,3 mm. Untuk contoh tanah dari Lubang Bor 2 kedalaman 1,5 – 1,9 m dilakukan dua siklus pembebanan – pengembangan yang dilakukan untuk menyelidiki sifat dari kurva loading – unloading dan reloading. Contoh-contoh tanah lainnya diuji dengan satu siklus pembebanan dan pengembangan.

Seluruh pengujian dilakukan di laboratorium mekanika tanah Fakultas Teknik UKRIM.

### **III. Profil Tanah dan Besaran Indeks**

Hasil dari pengujian besaran indeks tanah dan *free swell test* dari ketiga lokasi pengeboran dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3, untuk Lubang Bor I, II, dan III. Gambar 2, 3 dan 4 menunjukkan profil tanah untuk ketiga lubang bor berdasarkan data-data pada Tabel 1, 2 dan 3. Pada gambar juga dicantumkan Aktifitas tanah yang dihitung berdasarkan Indeks Plastisitas dan persentase berat fraksi ukuran lempung ( $\leq 2\mu\text{m}$ ).

Tabel 1 Besaran Indeks Contoh Tanah dari Lubang Bor I.

No	Kedalaman (cm)	Gs	w (%)	LL (%)	PL (%)	IP (%)	Free Swell (%)
1	0 - 50	2.33	65.80	98.23	28.06	70.17	140
2	70		68.60				
3	110 - 130	2.3	72.91	106.9	22.39	84.52	180
4	130		66.60				
5	150	2.39	49.32	88.9	19.72	69.18	183
6	180 - 200		44.80				
7	200	2.44	46.84	62.69	21.35	41.35	162
8	200 - 220		48.10				
9	220 - 250	2.58	41.69	55.67	14.84	40.83	180

Tabel 2 Besaran Indeks Contoh Tanah dari Lubang Bor II.

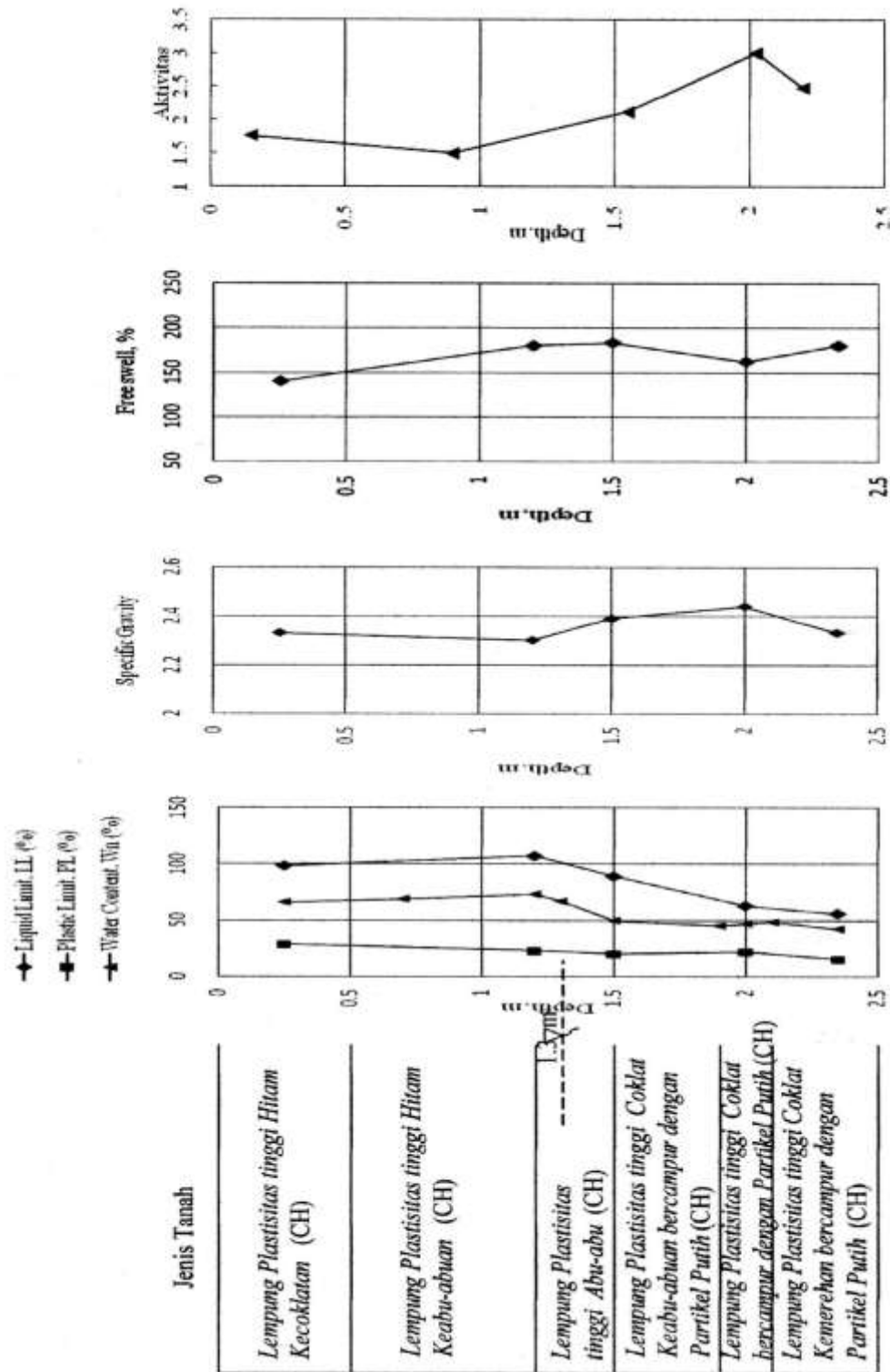
No	Kedalaman (cm)	Gs	W (%)	LL (%)	PL (%)	IP (%)	Free Swell (%)
1	40 - 60	2.3	58.93	84.7	41.64	43.06	180
2	110 - 130	2.27	61.57				
3	130 - 150		62.5	107.3	31.16	76.15	170
4	150 - 190	2.46	61.79	98.21	31.52	66.70	180
5	150 - 200	2.36	63.85	99.74	25.44	74.29	160

Tabel 3 Besaran Indeks Contoh Tanah dari Lubang Bor III.

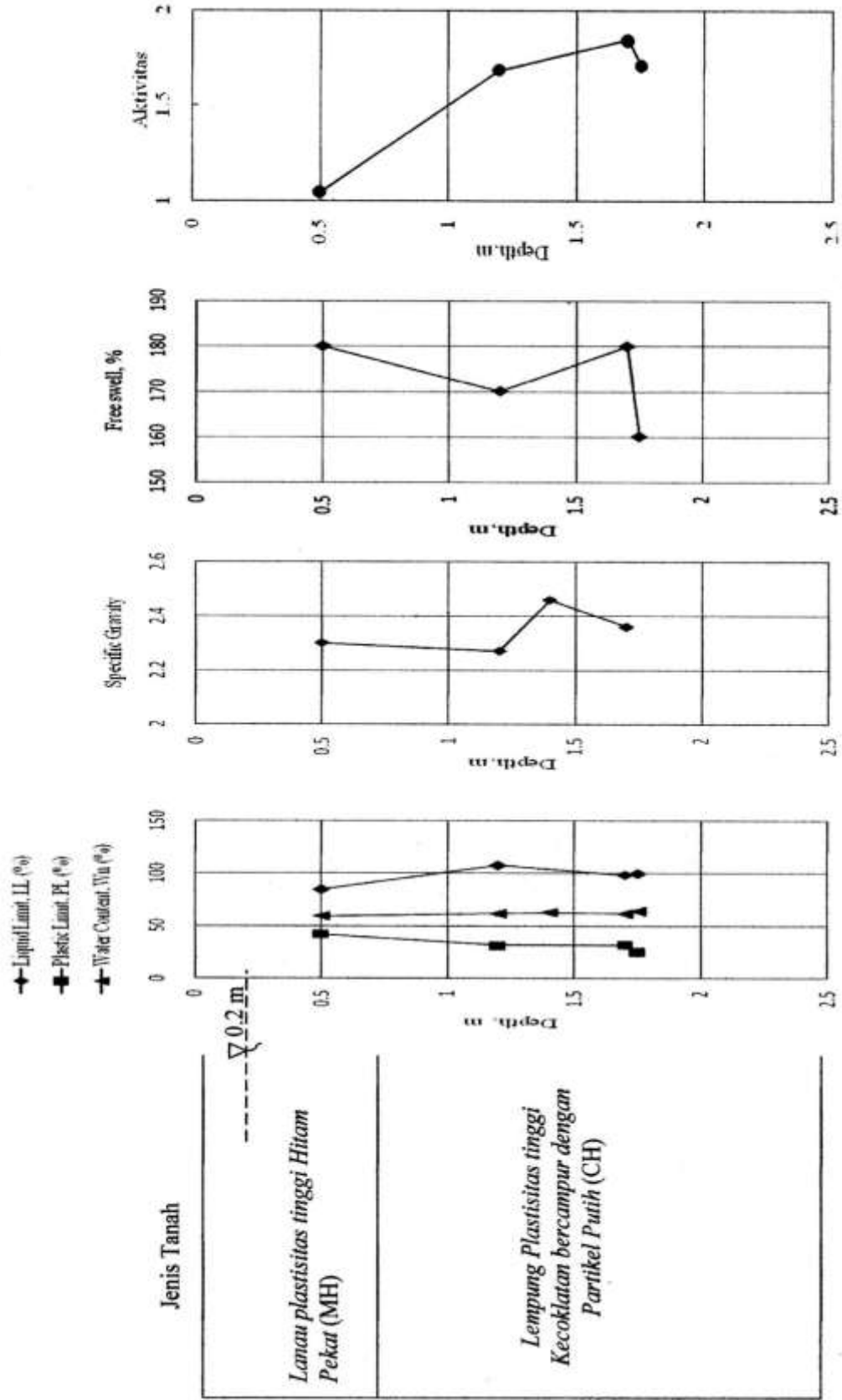
No	Kedalaman (cm)	Gs	w (%)	LL (%)	PL (%)	IP (%)	Free Swell (%)
1	0 - 30	2.37	59.67	94.06	23.66	70.4	140
2	60 - 70		58.1				
3	90	2.18	56.13	101.8	24.19	77.61	150
4	110 - 120		48.4				
5	130 - 140		50.2				
6	150 - 160	2.22	40.36	97.56	21.51	76.05	130
7	165 - 175		34.1				
8	175 - 200		35.9				
9	200 - 205	2.26	37.01	86.3	27.55	58.75	80
10	220	2.25	48.66	90.26	33.68	56.58	120

Di Lubang Bor 1, sampai kedalaman 2.5 m tanah dapat dibagi menjadi dua bagian. Lapisan atas pada kedalaman 0–1.5 m berwarna hitam kecoklatan atau keabuan sedangkan lapisan di bawah 1,5 m berwarna hitam kecoklatan atau keabuan dengan partikel kasar berwarna putih. Lapisan atas mempunyai Gs yang berkisar antara 2.3–2.39, kadar air antara 49%–73%, batas cair antara 88%–107%, serta indeks plastisitas antara 69%–85% dan nilai *free swell* berkisar antara 140%–183%. Lapisan bawah mempunyai Gs antara 2.4–2.58, kadar air antara 41%–49%, batas cair antara 55%–63%, serta indeks plastisitas antara 40%–42%.

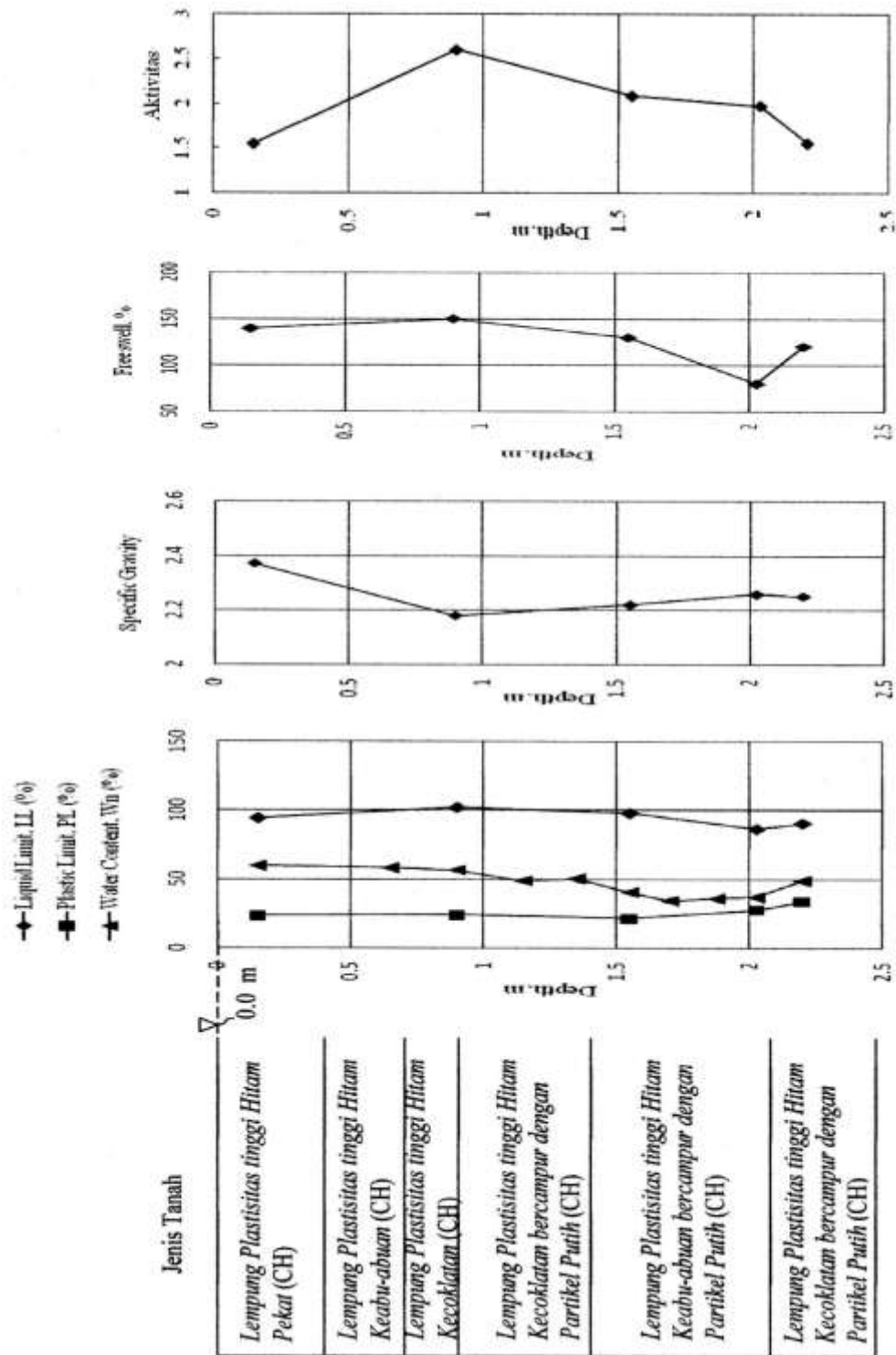
Data dari Lubang Bor II menunjukkan tanah yang kurang lebih seragam sepanjang kedalaman bor, yaitu 2 m. Lapisan tanah di sepanjang lubang bor berwarna hitam dan kecoklatan dengan campuran partikel kasar berwarna putih.



Gambar 2 Profil Tanah pada Lokasi Lubang Bor I di Desa Margomulyo, Ngawi



Gambar 3 Profil Tanah pada Lokasi Lubang Bor II di Jl. Ngawi – Madiun KM 6.5, Ngawi



Gambar 4 Profil Tanah pada Lokasi Lubang Bor III di Jl. Ngawi – Caruban KM 5, Ngawi

Lapisan tanah mempunyai Gs yang berkisar antara 2.27–2.46, kadar air antara 58%–64%, batas cair 84%–107%, batas plastis 25%–42%, indeks plastisitas 43%–76% dan *free swell* antara 160%–180%.

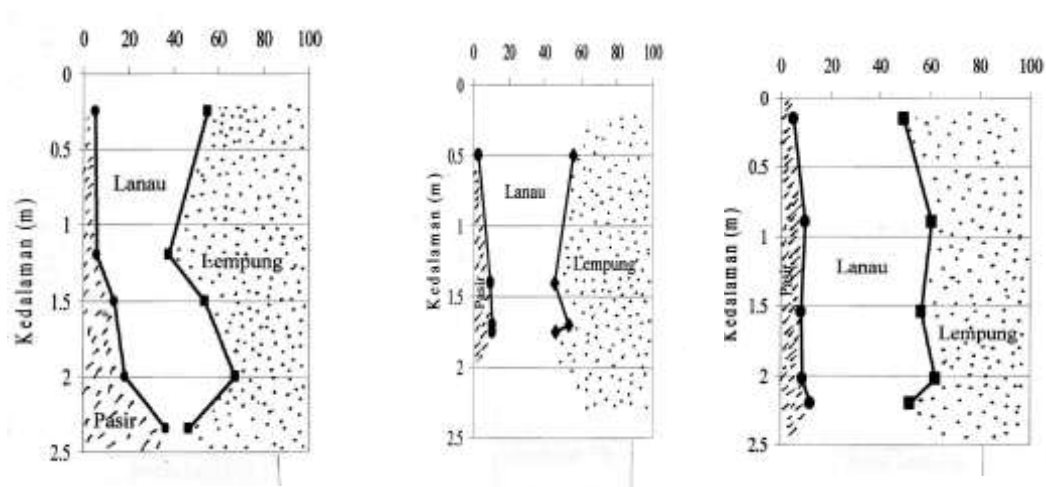
Seperti pada Lubang Bor I, tanah di Lubang Bor III terdiri atas dua lapisan, yaitu lapisan atas yang berwarna hitam kecoklatan berada dari permukaan tanah sampai kedalaman 1,5 m dan lapisan bawah berwarna abu-abu kecoklatan dari kedalaman 1,5 m sampai dengan batas bawah lubang bor yaitu 2,2 m. Lapisan atas memiliki  $G_s$  yang berkisar antara 2.18–2.37, kadar air antara 40%–60%, batas cair antara 94%–102%, indeks plastisitas antara 70%–78% dan nilai *free swell* berkisar antara 130% – 150%. Lapisan bawah memiliki  $G_s$  antara 2.22 – 2.26, kadar air antara 34% – 40%, batas cair antara 86% – 90%, serta indeks plastisitas berkisar antara 56% – 59%.

Secara umum dapat dikatakan bahwa di ketiga lokasi lubang bor, dari permukaan tanah sampai kedalaman 1,5 m tanah ditandai dengan  $G_s$  yang rendah dan kadar air, batas cair, indeks plastisitas yang tinggi. Pada kedalaman 1.5 m dan selanjutnya, tanah berwarna hitam keabu–abuan dengan campuran partikel putih. Dibandingkan dengan lapisan tanah atas, tanah di bagian bawah lubang bor memiliki  $G_s$  yang tinggi dan kadar air, batas cair, indeks plastisitas rendah.

Penentuan batas susut hanya dilakukan pada contoh tanah dari lokasi III, kedalaman 0.15 m, 1.55 m, dan 2.2 m, yang menghasilkan batas susut sebesar 17,07%, 15,33% dan 21,91% untuk masing-masing kedalaman di atas.

#### IV. Komposisi Butiran Tanah

Komposisi butiran untuk contoh tanah dari ketiga lubang bor ditunjukkan pada Gambar 5. Di ketiga lubang bor mayoritas ukuran butir adalah tanah berbutir halus. Jumlah butiran kasar (partikel berwarna putih, tertahan di saringan no. 200) meningkat dengan kedalaman.

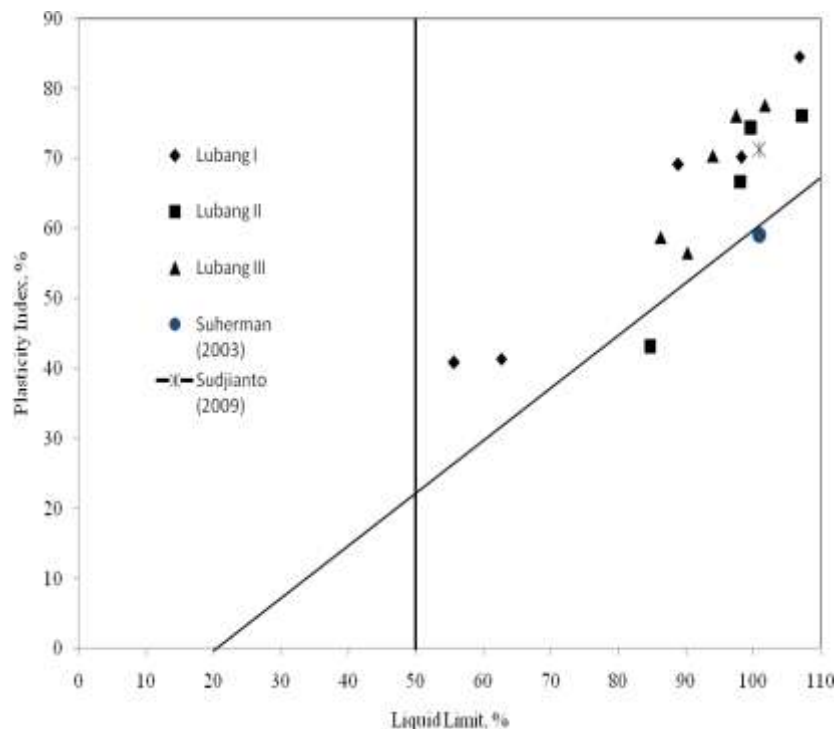


Gambar 5 Komposisi Ukuran Butir Tanah di Lubang Bor I (a), II (b) dan III (c)



#### 4.1. Klasifikasi Tanah

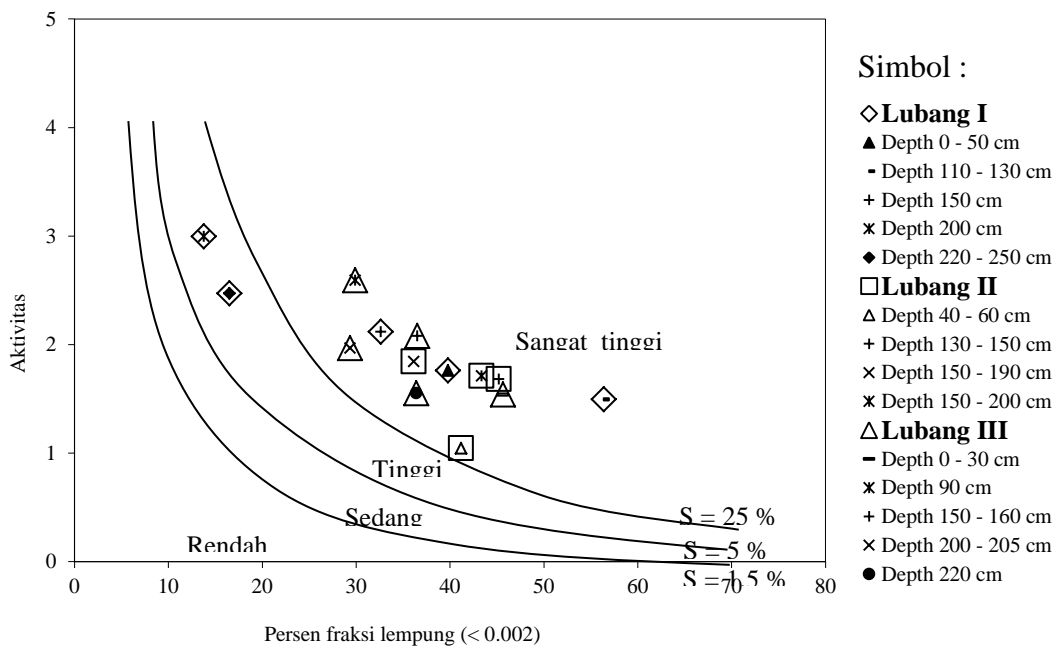
Gambar 6 menunjukkan batas-batas konsistensi dari contoh tanah di ketiga lubang bor. Data yang dilaporkan oleh Suherman (2003) dan Sudjipto (2009) untuk tanah Ngawi juga dicantumkan di gambar tersebut. Dapat dilihat bahwa secara umum tanah di semua lokasi pengeboran termasuk dalam kelas CH.



Gambar 6 Plastisitas Tanah dari Lubang Bor I, II, III

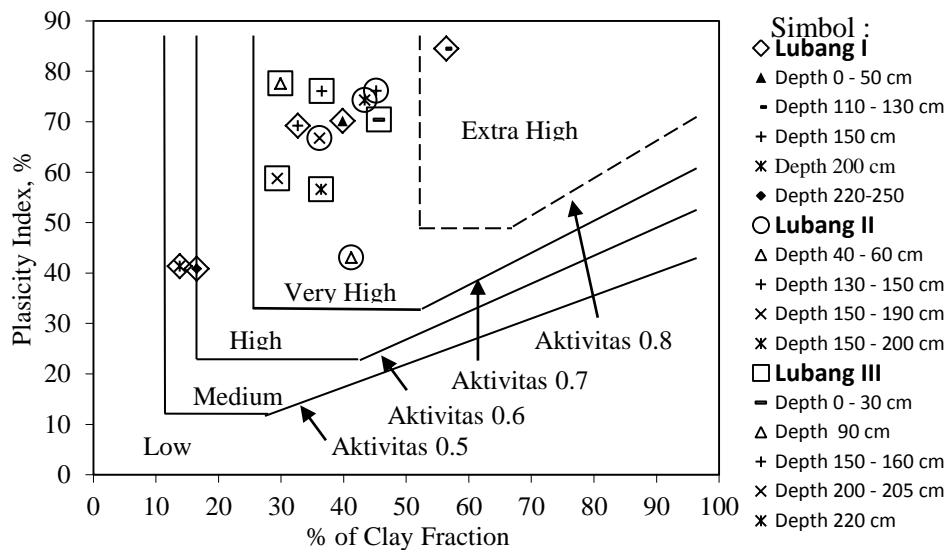
#### 4.2. Potensi Pengembangan

Potensi pengembangan menunjukkan besarnya pengembangan tanah yang mungkin terjadi apabila tanah menyerap air. Potensi pengembangan dapat diperkirakan dari besaran indeks tanah. Kriteria yang diajukan oleh Seed et al., 1962 memperkirakan potensi pengembangan dari Aktifitas dan persentase fraksi ukuran lempung (< 0,002 mm) yang terkandung dalam tanah. Data-data dari ketiga lubang bor diplot pada bagan Seed et al (1962) tersebut pada Gambar 7. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa tanah di kedalaman 0–1.5 m masuk dalam kelompok potensi pengembangan sangat tinggi, sedangkan tanah dari kedalaman 1.5 – 2.5 m masuk dalam kelompok potensi pengembangan tinggi.



Gambar 7 Potensi Pengembangan Tanah dari Ketiga Lubang Bor Menurut Kriteria Seed at al (1962).

Pada kriteria potensi pengembangan yang diusulkan Van der Merwe (1975), potensi pengembangan diperkirakan dari besarnya Indeks Plastisitas dan persentase ukuran butir lempung. Gambar 8 menunjukkan data-data tanah dari ketiga lubang bor di Ngawi pada bagan Van der Merwe. Kecuali untuk contoh tanah dari Lubang Bor I kedalaman 2-2,5 m yang potensi pengembangannya dikategorikan *medium high* dan *high*, seluruh contoh tanah dari lokasi pengeboran di Ngawi menunjukkan derajat ekspansif sangat tinggi.



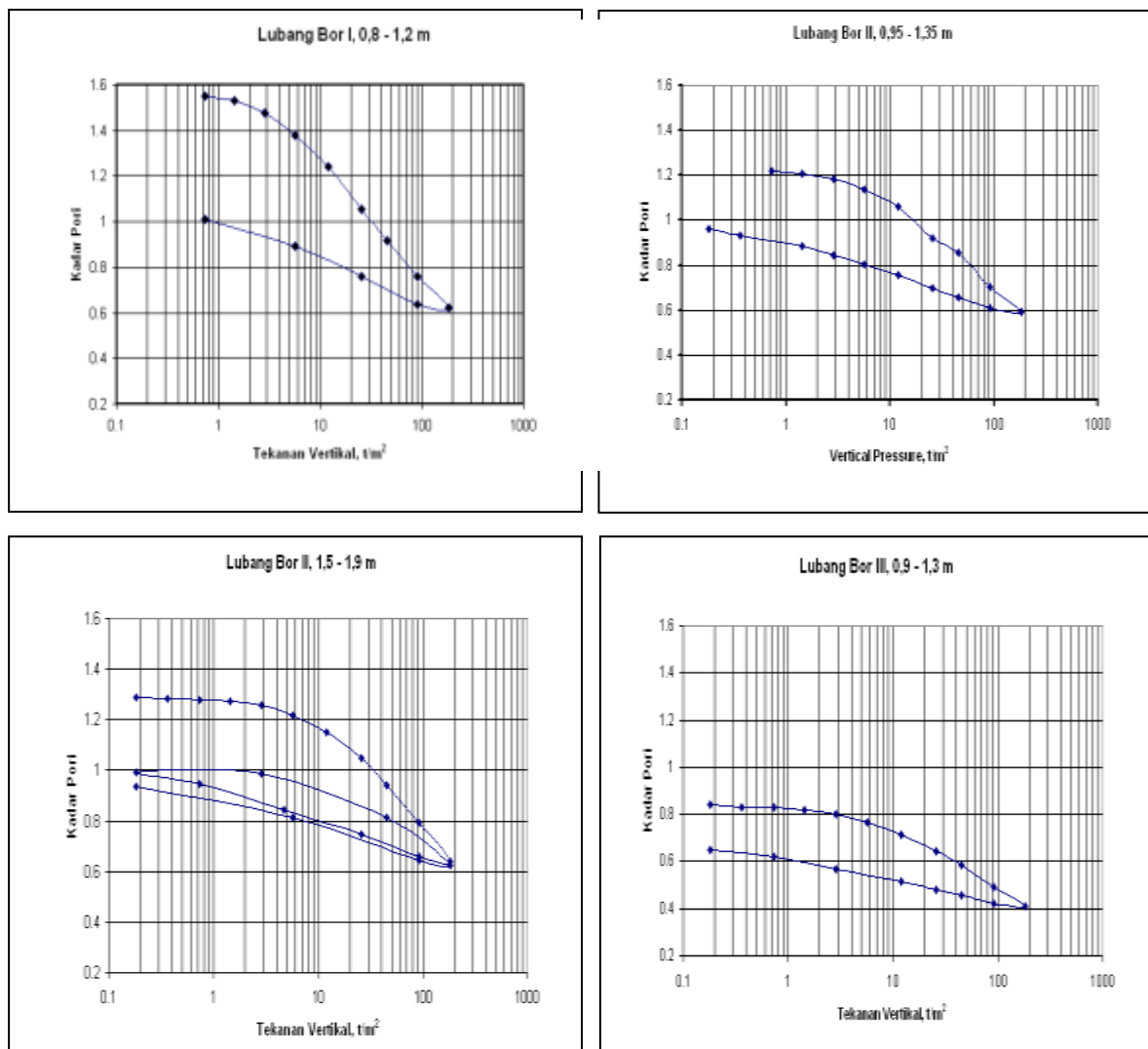
Gambar 8 Potensi Pengembangan Tanah dari Ketiga Lubang Bor Berdasarkan Kriteria Van der Merwe (1975)

### 4.3. Karakteristik Konsolidasi

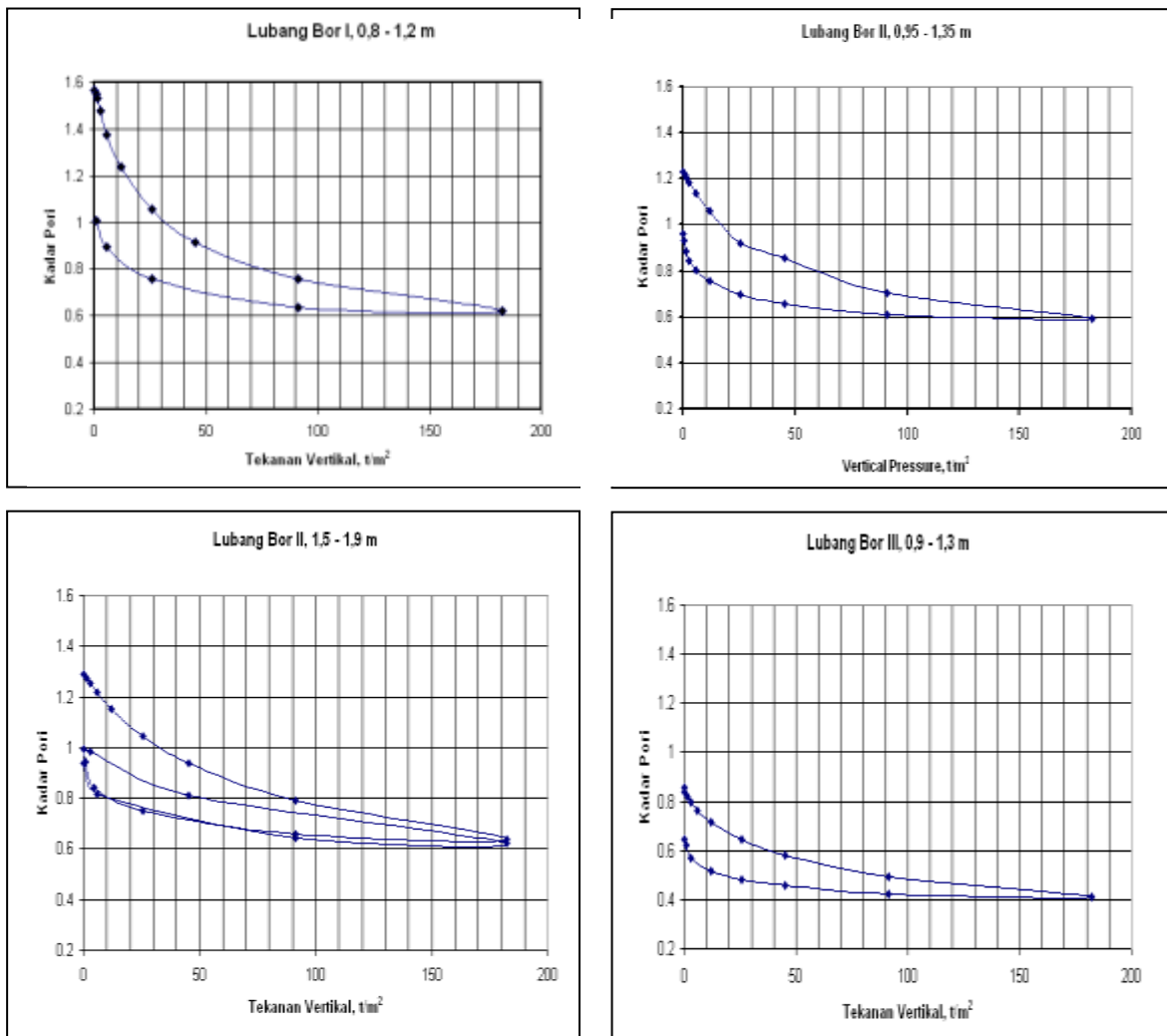
Pengujian konsolidasi dilakukan pada 4 contoh tanah asli yang diperoleh dari ketiga lubang bor. Besaran indeks yang diperoleh dari pengujian terhadap contoh tanah tersebut dapat dilihat di Tabel 4.

Tabel 4 Besaran Indeks Contoh Tanah Asli pada Pengujian Konsolidasi

Lubang Bor	Kedalaman (m)	Gs	w (%)	e <sub>o</sub>	Berat volume (gr/cm <sup>3</sup> )	Sr (%)
1	0,8 – 1,2	2,30	72,9	1,56	1,51	100
2	0,95 – 1,35	2,30	61,7	1,23	1,63	100
	1,5 – 1,9	2,47	61,8	1,29	1,69	100
3	0,9 – 1,3	2,30	48,4	0,85	1,75	100



Gambar 9 Grafik Konsolidasi ( $e$ -log  $\sigma'$ ) Untuk Contoh Tanah dari Lubang Bor I, II dan III



Gambar 10 Grafik Konsolidasi ( $e-\sigma'$ ) Untuk Contoh Tanah dari Lubang Bor I, II dan III

Gambar 9 menunjukkan hubungan antara tekanan efektif dalam skala logaritma dengan kadar pori untuk keempat contoh tanah yang diuji, sedangkan Gambar 10 menunjukkan data yang sama untuk tekanan efektif dalam skala linier. Dari besaran di Tabel 4 dan Gambar 9 dan 10 dapat diamati beberapa hal:

- Contoh tanah dari Lubang Bor I, kedalaman 0,8 – 1,2 m mempunyai kepadatan awal terendah (kadar pori terendah), kemudian disusul oleh contoh tanah dari Lubang Bor II untuk kedua contoh tanah. Tanah dari Lubang Bor III, kedalaman 0,9 – 1,3 m mempunyai tingkat kepadatan awal tertinggi di antara contoh-contoh tanah yang diperoleh untuk penelitian ini.
- Dari sudut kompresibilitas, contoh tanah dari Lubang Bor I menunjukkan kompresibilitas tertinggi dibandingkan dengan contoh tanah dari Lubang Bor II dan

III, yang terlihat dari besarnya penyusutan kadar pori yang terjadi di bawah perubahan tekanan vertikal yang sama. Contoh tanah dari Lubang Bor III mempunyai tingkat kompresibilitas paling rendah.

- c. Garis konsolidasi asli dari contoh-contoh tanah tersebut tidak sepenuhnya berujud garis lurus tetapi menunjukkan kemiringan yang menurun seiring dengan meningkatnya tegangan. Pola garis konsolidasi asli tersebut memang merupakan salah satu ciri dari tanah vulkanik seperti yang diungkapkan oleh Murthy (1992).
- d. Untuk semua contoh tanah pada pengujian ini dapat diamati tingginya pengembangan (*rebound*) pada saat beban pada contoh tanah dikurangi, khususnya pada rentang tegangan vertikal yang rendah. Hal ini dapat diamati dengan jelas pada Gambar 10 dimana tegangan vertikal digambar dalam skala linier. Tingginya penyusutan dan pengembangan pada tegangan rendah memberi indikasi tingginya potensi pengembangan dan penyusutan yang dapat terjadi pada satu bagian struktur yang ringan, misalnya bagian tengah ruangan dari sebuah gedung yang hanya dibebani oleh ubin dan perabot rumah tangga. Pada beban yang ringan tanah ekspansif bebas mengembang dan menyusut dalam volume besar, yang menyebabkan rusaknya bagian bangunan tersebut. Sebaliknya, tanah di bawah bagian bangunan yang menerima beban berat, misalnya fondasi yang dibebani dinding dan sebagian atap, tidak akan mengalami perubahan volume yang signifikan meskipun tanah tersebut mengalami penyusutan dan pengembangan akibat perubahan kadar air.

## V. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik UKRIM untuk dukungan yang diberikan dalam mendukung penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Jumadi, 1991, *Tinjauan Mengenai Aspek Geoteknik Tanah Ekspansif*, Skripsi Teknik, Universitas Kristen Immanuel, Yogyakarta.
- Murthy, V. N. S., 1992, *Soils Mechanics and Foundation Engineering in SI Units*, UBS Publisher's Distributors Ltd., London.
- Seed, H.B., Mitchel, J.K. and Chan, C.K., 1962, *Studies of swell and swell pressure characteristics of compacted clays*, Proc. High. Res. Board, Bull. 313: 12-39.

- Sudjianto, A.T., 2009, *Civil Engineering Dimension* Vol 11, No 2, September, PP. 100-105.
- Suherman, 2003, *Laporan Akhir Pengembangan Panduan Konstruksi Jalan di Atas Tanah Ekspansif*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Bandung.
- Van der Merwe, D.H., 1975, *The prediction of heave from the plasticity index and percentage clay fraction of soil*, *Civil Engineers in South Africa* 6 (6), pp.103-107.