



PENGARUH KADAR AIR DAN NILAI MATRIC SUCTION DALAM PENENTUAN PARAMETER TEKNIS TANAH JENUH SEBAGIAN

Herlinawati

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya

nanabastari_7262@yahoo.com

Naskah diterima : 05 Februari 2018. Disetujui: 05 Maret 2018. Diterbitkan : 30 Maret 2018

ABSTRAK

A change partially saturated soil conditions(unsaturated) becomes saturated(saturated) as a result of the changing seasons will cause problems in the geotechnical field. Changes in water content due to precipitation, evaporation and evapotranspiration will affect the soil shear stress. Partially saturated soil behavior is more complex than the saturated soil. The extent to which the influence of matric suction value, a measure of the soil saturated portion of the soil shear strength changes the purpose of this study. The soil type is silt used in Unggaran Sta18+600. Specimens made by field density(γ_d field) with variations in water content. Measurement of matric suction values was conducted using filter paper which refers to the ASTM D5298-03. Direct shear testing performed by water content variation store present changes in the value of matric suction. According to the USCS, the soil including soil type MH with field water content in the soil subgrade 50.7 % did not meet highway subgrade. The relationship between water content and degree of saturation and matric suction can be described through the SWCC curve fitting and estimates contained in Soil Vision 4.19. SWCC fitting is suitable for use while Brooks and Corey Fredlund and Wilson PTF suitable to represent the SWCC curve estimation. SWCC curve estimates are quite far from the experimental data to test the filter paper still needs to be done. SoilVision program is very useful for describing both the SWCC curve fitting and estimation methods. From the research, it was found that the water content contained in the soil will affect value of matric suction, shear strength parameters of the soil and its CBR value. The higher water content or degree saturation of the soil, the more value of matric suction, the soil shear strength parameters (cohesion and angle of friction in) as well as its CBR value will fall.

Kata kunci : Matric Suction, Filter Paper, SWCC

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan tol Semarang - Solo sebagai salah satu jalan regional utama yang menghubungkan wilayah Utara-Selatan dan Timur- Barat merupakan jalan Tol Provinsi Jawa Tengah, Indonesia. Jalan Semarang – Solo memiliki panjang 75,7 km kota Semarang

dengan dibangun tahun 2009 oleh Jasa Marga dan selesai tahun 2012. Pembangunan jalan tol tersebut diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan ekonomi Jawa Tengah, karena memiliki fungsi yang strategis yaitu sebagai penghubung Unggaran sebagai yang merupakan kawasan industri dengan kota Semarang. Penelitian di laboratorium perlu dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah sekitar

KM 18+600, seperti pada Gambar 1, untuk kemudian dilakukan uji dilaboratorium .



Gambar 1. Lokasi pengambilan Sample KM 18+600.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

- 1) Mengukur dan menentukan nilai *matric suction* dengan *filter paper* untuk berbagai derajat kejenuhan (S_r) dengan variasi kadar air pada γ_d konstan,
- 2) Menentukan *soil water characteristic curve* (SWCC) berdasarkan *fitting* dan estimasi pada *SoilVision 4.19*,
- 3) Mendapatkan pengaruh nilai *matric suction* terhadap parameter kuat geser tanah dan CBR untuk variasi kadar air γ_d konstan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pengukuran nilai *matric suction* dengan metode *filter paper*

Metode Pengukuran nilai *matric suction* menggunakan beberapa peralatan diantaranya sebagai berikut:

- a. *Filter paper* (kertas saring) jenis kertas saring bebas debu tipe II yakni Whatman No. 42.
- b. *Specimen container* yang mempunyai volume 120-240 ml yang terbuat dari besi/ gelas bebas karat beserta tutup yang rapat
- c. *Filter paper container* (kotak kertas saring) sebagai tempat kertas saring setelah mencapai suatu keseimbangan berupa *plastic bag*, dengan tutup sebagai *cold tare*, dapat menampung *filter paper* berdiameter 55 mm dan dapat membungkus dengan rapat (hampa udara).

- d. *Insulated chest* (kotak isolasi) berupa kotak yang mampu menampung dan mengisolasi kotak sampel/spesimen container yang terbuat dari bahan *polystyrene* atau material lain. Kotak isolasi harus mampu mempertahankan temperatur dalam kotak dengan ketelitian sebesar $\pm 1^\circ\text{C}$.
- e. Timbangan digital dengan kapasitas 20 gram dengan ketelitian 0.0001 gram.
- f. Desikator yang digunakan untuk mendinginkan *filter paper* setelah dikeluarkan dari oven
- g. Termometer dengan tingkat akurasi $\pm 1^\circ\text{C}$
- h. Oven pengering yang mampu menjaga keseimbangan temperatur sebesar $110 \pm 5^\circ\text{C}$.

2.2. Tahapan Penelitian

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan sebagai berikut ini:

- 1) Tahap studi literatur
- 2) Tinjauan lapangan dan pengambilan sampel tanah
- 3) Persiapan sampel bahan dan alat
- 4) Uji *index properties* tanah, meliputi: uji berat jenis, uji distribusi ukuran butiran, dan uji batas konsistensi.
- 5) Pengukuran nilai *matric suction* dengan menggunakan metode *filter paper*.

2.3. Pengukuran nilai *matric suction* dengan metode *filter paper*

Prosedur pelaksanaan pengukuran nilai *matric suction* dengan metode *filter paper* mengacu pada standar ASTM D 5298-2003. Cara kerjanya sebagai berikut ini :

- 1) Persiapan *filter paper* (kertas saring)
- 2) Pengukuran *matric suction*
- 3) Menempatkan kertas saring, pertama-tama, sampel tanah atau fragmen tanah seberat 200-400 gram ditempatkan pada kotak sampel. Sampel tanah diusahakan secepat mungkin masuk ke dalam kotak sampel untuk mereduksi waktu keseimbangan dan meminimalkan perubahan nilai *matric suction* di dalam tanah.
- 4) Keseimbangan *matric suction*, dapat dilakukan dengan menutup rapat kotak sampel dan diisolasi dengan isolasi listrik (plastik) yang fleksibel dan lekat. Kemudian, kotak sampel ditempatkan

pada kotak isolasi dan diletakan pada ruangan yang mempunyai variasi temperatur $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Tipikal temperatur secara nominal sekitar 20°C . *Matric suction* dari kertas saring dan sampel tanah pada kotak sampel dibiarkan sampai terjadi keseimbangan temperatur yakni minimal 7 hari.

- 5) Mengukur berat kotak kertas saring, dilakukan dengan menimbang kotak kertas saring terlebih dahulu dengan pendekatan 0.0001 gram berkode T_c (*cold tare*) sebelum memasukan kertas saring bagian tengah dari 3 lapis tumpukan untuk mengukur *matric suction*.
- 6) Memindahkan kertas saring, dari kotak sampel ke kotak kertas saring menggunakan alat penjepit kertas setelah sebelumnya kotak kertas saring ditimbang sebagai T_c . Proses pemindahan tersebut harus dilakukan dalam waktu 3 sampai 5 detik saja. Mengukur berat kertas saring dan berat kotak kertas saring pengukuran dilakukan dengan menimbang kertas saring beserta kotak kertas saring berkode M_1 (plastik)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

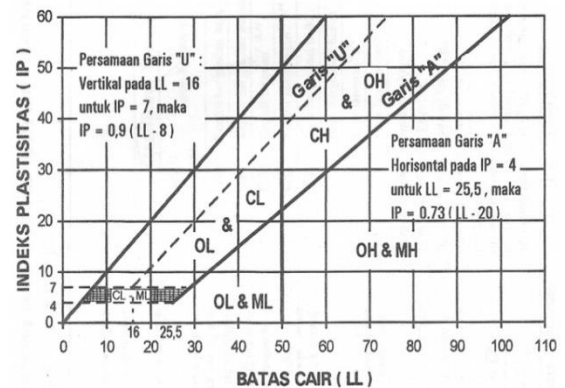
3.1. Sifat Fisik dan Klasifikasi

Tanah asli yang digunakan berasal dari tanah dasar jalan tol Semarang- Solo Section II di Km 18 +600, tanah ini yang termasuk dalam katagori tanah berbutir halus. Dari hasil uji laboratorium, diperoleh karakteristik tanah sebagai berikut ini.

1. Kadar air lapangan (w_{lap}) = 50,79%
2. Berat volume basah lapangan (γ_{blap}) = 16.5 kN/m³
3. Berat volume kering lapangan ($\gamma_{d, lap}$) = 12.1 kN/
4. Gravitasi khusus (G_s) = 2,62 %
5. Batas cair (L_L) = 75,67%
6. Batas plastis (P_L) = 30,03%
7. Batas susut (S_L) = 17,28%
8. Indeks plastisitas (P_I) = 26,57%

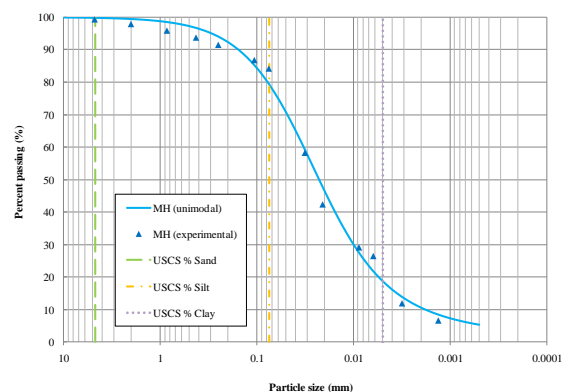
9. Distribusi ukuran butiran (Pasir = 15,15%; Gravel = 0,61%)
10. Klasifikasi USCS = MH

Uji batas konsistensi (*Atterberg Limits*) menghasilkan nilai batas cair (L_L) sebesar 75,67%, batas plastis (P_L) sebesar 30,03%, dan batas susut (S_L) sebesar 17,28%. Menurut *Unified Soil Classification System* (USCS), tanah dengan batas cair (L_L) = 75,67% dan indeks plastisitas (P_I) = 26,57% masuk dalam klasifikasi sebagai tanah MH (*clay high plasticity*) atau lempung anorganik dengan plastisitas tinggi seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik plastisitas USCS (ASTM D 2487-03)

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa tanah tersebut tergolong tanah MH (*clay high plasticity*). Data *index properties* tanah tersebut selanjutnya dapat dimasukkan pada program SoilVision untuk kurva distribusi ukuran butiran dan SWCC. Distribusi ukuran butiran pada tanah MH .



Gambar 3. Kurva Distribusi ukuran butiran *unimodal fit* tanah MH

Pada *fitting* distribusi ukuran butiran digunakan persamaan *Unimodal Fit* yang mewakili data eksperimental dengan nilai *error* (R^2) sebesar 0.9932 (Tabel 1). Distribusi ukuran dan komposisi material penyusun tanah MH dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil *fitting* distribusi ukuran butiran ini nantinya akan digunakan untuk memperkirakan kurva SWCC yang menggambarkan hubungan antara *matric suction* dan kadar air maupun derajat kejenuhannya

Tabel 1. Parameter *fitting unimodal* pada tanah MH

Parameter <i>fitting</i>	MH	
a_{gr}	(mm)	0.0338065
n_{gr}		1,173584
m_{gr}		1,828486
h_{rgr}	(mm)	0.001
<i>Smallest Particle Diameter, d_m</i>	(mm)	0.00001
<i>Unimodal Error (R^2)</i>		0.9932

Tabel 2 Distribusi butiran tanah MH berdasar *unimodal fit*

USCS (ASTM D 2487)	Unimodal	Ukuran
USCS % Clay	24.37%	< 0.005 mm
USCS % Silt	57.70%	0.005-0.075 mm
USCS % Sand	17.42%	0.075-4.75 mm
USCS % Coarse	0.51%	> 4.75 mm
Total	100.00%	

3.2. Mengukur Nilai *Matric suction* dengan Filter Paper untuk berbagai S_r dan γ

Uji *filter paper* dilakukan untuk mendapatkan nilai *matric suction* suatu tanah dengan membuat variasi kadar air tanah dengan kepadatan kering dianggap konstan. Nilai *matric suction* pada berbagai kadar air atau derajat kejenuhan dapat digambarkan dalam satu kurva yang dinamakan *Soil Water Characteristic Curve* (SWCC). Dalam penelitian ini, uji *filter paper* dilakukan dalam

5 (lima) variasi kadar air seperti terlihat Tabel 3.

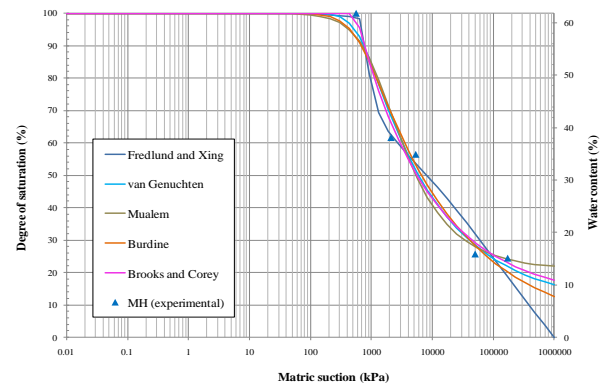
Tabel 3. Hasil pengujian *matric suction* dengan metode *filter paper*

MH (experimental)				
SR (%)	W (%)	GWC	VWC	Matric Suction
24,48	15,14	0,1514	0,15136	560,53
25,76	15,93	0,1533	0,159274	2091,7
56,61	34,94	0,3494	0,35002	5307,62
61,66	38,13	0,3813	0,381244	49911,4
100	61,83	0,6183	0,6183	170141

3.3. Memprediksi SWCC dengan program Soil Vision

Fitting SWCC

Nilai *matric suction* dari pengujian *filter paper* kemudian diolah dengan program SoilVision untuk mendapatkan kurva *Soil Water Characteristic Curve* (SWCC) dengan beberapa metode yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Kurva *fitting* SWCC pada tanah MH dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bentuk *fitting* SWCC berdasarkan data eksperimental

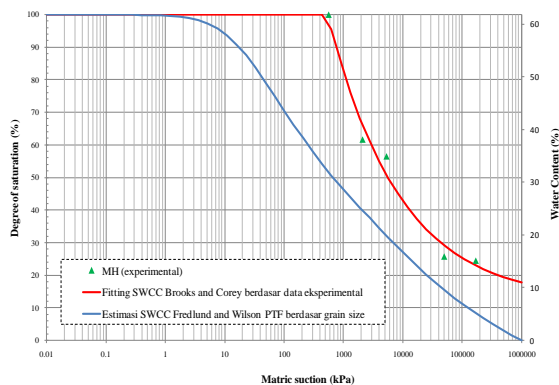
Pada Gambar 4, hubungan antara *matric suction* dan derajat kejenuhan atau kadar air digambarkan dalam beberapa persamaan, diantaranya Fredlund and Xing, Van Genuchten, Mualem, Burdine dan Brooks and Corey. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa kurva Fredlund and Xing menghasilkan kurva yang paling mendekati atau menyinggung data eksperimental, namun pada

bagian ekor kurva kemiringannya lebih tegak. Selain itu, kurva Mualem, Burdine, Van Genuchten dan Brooks and Corey cenderung memiliki kurva yang berimpit satu sama lain dan mendekati data eksperimental, hanya berbeda pada ekor kurva. Beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan dalam pemilihan kurva diantaranya nilai *error* (R^2), nilai AEV dan kemiringan kurva eksperimental, hanya berbeda pada ekor kurva. Kurva Brooks and Corey dipilih sebagai kurva yang dapat mewakili data eksperimental dengan nilai *error* (R^2) terbesaryakni 0,9821 ; nilai AEV sebesar 538, 61 kPa dan kemiringan (*slope*) sebesar 0,3586.

3.4. Pembahasan

1. Pengaruh Kadar Air terhadap nilai Matric Suction dengan berbagai Metode analisis

Metode fitting dan estimasi kurva Soil Water Characteristic Curve (SWCC) pada derajat kejenuhan yang sama, akan menghasilkan nilai matric suction yang berbeda seperti terlihat pada Gambar 5. Dalam estimasi SWCC, peran distribusi ukuran butiran (GSD) sangat penting karena digunakan sebagai parameter dalam menentukan estimasi kurva SWCC. Hal ini berbeda dengan metode fitting dikarenakan metode ini menggunakan data eksperimental sebagai parameter utamanya.



Gambar 5. Kurva fitting dan estimasi SWCC

Dalam penelitian ini, *fitting* SWCC padatanan MH menggunakan persamaan Brooks and Corey sedangkan untuk estimasi SWCC menggunakan persamaan Fredlund and Wilson PTF. Nilai *matric suction* pada kedua kurva tersebut berbeda karena parameter yang digunakan untuk menentukan nilai matric suction pada suatu kadar air juga berbeda. Dari Gambar 5, terlihat bahwa fitting SWCC dengan menggunakan persamaan Brooks and Corey mendekati data eksperimental dan dapat menggambarkan kurva SWCC dengan baik. Hal ini berbeda dengan estimasi SWCC yang menggunakan persamaan Fredlund and Wilson PTF yang menggunakan distribusi ukuran butiran

2. Hubungan nilai matric suction dengan parameter kuat geser tanah (*c* dan ϕ)

Tegangan geser tanah merupakan bagian penting dalam perencanaan struktur bangunan geoteknik. Kurva SWCC yang menggambarkan hubungan antara kadar air dan *matric suction*, merupakan alat control dalam memprediksi tegangan geser pada tanah jenuh sebagian. Selain kohesi dan sudut gesek dalam, nilai *matric suction* ($u_a - u_w$) juga berpengaruh pada tegangan geser tanah jenuh sebagian.

Pada Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa perilaku kohesi total tanah (*c*) dan sudut gesek dalam (ϕ), dipengaruhi oleh perubahan kadar air (*w*) atau derajat kejenuhan (*S*).

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar air maka nilai *matric suction* baik *fitting*, estimasi, dan eksperimental, nilai kohesi (*c*) dan sudut gesek dalam (ϕ) semakin rendah.

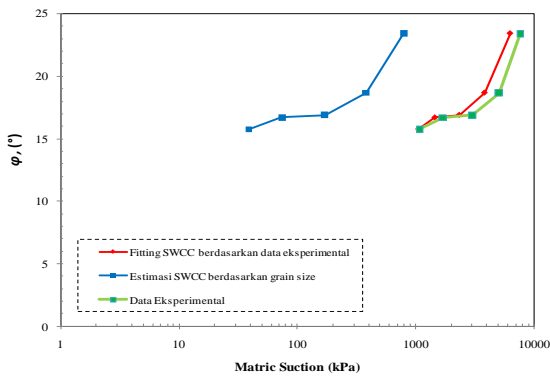
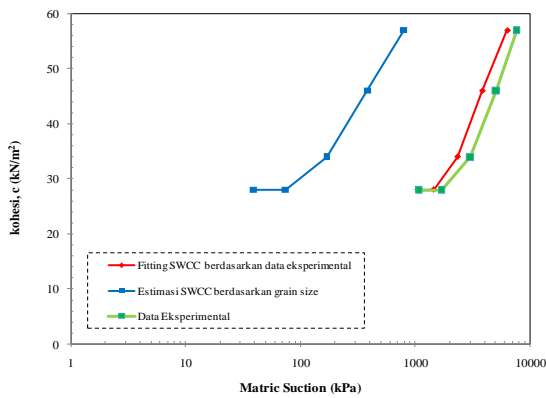
Tabel 4. Nilai *matric suction* dan parameter kuat geser tanah MH

Kadar Air	Sr	Matric Suction			c (Ary, 2013 2013) kN/m	ϕ (Ary, 2013)
		Fitting	Estimasi	Eksp		
%	%		kPa		2	(o)
30	49	6322	795.7	7676	57	23.42

34	56	3833	381.6	5043	46	18.67
40	65	2340	169.7	3007	34	16.89
46	74	1451	74.11	1697	28	16.69
51	82	1056	338.9	1081	28	15.76

Tabel 5. Hubungan *matric suction* dan CBR

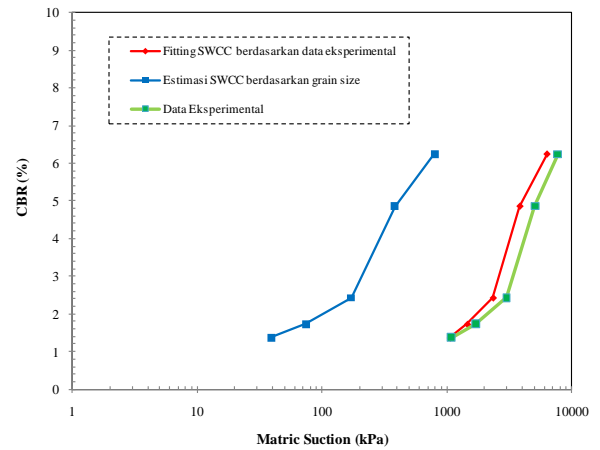
(Sr)	(U_a-U_w)			CBR (Ary, 2013)
	Fitting	Estimasi	Exp	
%	kPa			%
48.62	6322.68	795.75	7676	6.24
55.76	3832.99	381.68	5044	4.86
64.55	2339.57	169.77	3007	2.43
74.28	1451.55	74.11	1697	1.73
81.95	1056.41	38.96	1081	1.37



Gambar 6. Hubungan *matric suction* dengan c dan ϕ

3. Hubungan nilai *matric suction* dengan nilai CBR

Dalam perkerasan jalan, nilai CBR digunakan untuk menunjukkan kuat dukung tanah dasar (*subgrade*). Nilai CBR yang diijinkan untuk *subgrade* yaitu 6 (SNI 03-1744-1989). Secara teori, semakin besarkadar air suatu tanah maka semakin kecil nilai CBR-nya. Hal ini secara tidak langsung juga berpengaruh pada nilai *matric suction* suatu tanah. Nilai *matric suction* dihitung pada kadar air yang sama dengan kadar air hasil uji CBR. Nilai *matric suction* diperoleh dengan melakukan interpolasi hasil *fitting* estimasi kurva SWCC dari program Soil Vision dan juga interpolasi dari nilai *matric suction* data eksperimental. Hubungan nilai *matric suction* dan CBR dapat dilihat pada Tabel 5 dan ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan *matric suction* dengan nilai CBR.

Pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai *matric suction* berbanding lurus dengan nilai CBR tanah MH. Hal ini berarti semakin besar nilai *matric suction* (u_a-u_w), maka semakin tinggi nilai CBR-nya. Pada Tabel 5 dan Gambar 7 nilai *matric suction* = 6322,68 kPa maka menghasilkan nilai CBR = 6,24 % sedangkan pada saat nilai *matric suction* = 1056,41 kPa, nilai CBR-nya turun sebesar 1,37 %..

4. KESIMPULAN

Klasifikasi tanah asli yang digunakan berasal dari tanah dasar jalan tol Semarang - Solo Section II di Km 18 +600, menurut USCS

termasuk jenis tanah MH (lanau anorganik plastisitas tinggi) dengan kadar air lapangan pada tanah *subgrade* 50,7% tidak memenuhi tanah dasar jalan tol, adapun *Fitting* SWCC yang cocok digunakan adalah Brooks and Corey sedangkan persamaan Fredlund and Wilson PTF yang digunakan untuk mewakili kurva estimasi SWCC pada tanah MH. Dari hasil penelitian, didapatkan bahwa kadar air yang terkandung dalam tanah akan mempengaruhi nilai *matric suction*, parameter kuat geser tanah maupun nilai CBR-nya. Semakin tinggi kadar air atau derajat kejenuhan suatu tanah maka semakin nilai *matric suction*, parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut gesek dalam) maupun nilai CBR-nya akan semakin turun.

Methodology. GEO-SLOPE International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.

Ucapan Terima Kasih

Kepada KEMENRISTEKDIKTI atas dukungan dan finansial dari Beasiswa perguruan Tinggi pengirim DIKTI 2009 penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] ASTM, 2003. Annual Books of ASTM Standard. ASTM, Easton, MD, USA.
- [2] Fredlund, D. G., dan Xing A., 1994. Equation for the Soil-Water Characteristic Curve. Canadian Geotechnical Journal, 31: 533-546.
- [3] Fredlund, M. D., 2006. Soil Vision A Knowledge-Based Soils Database User's Manual. SoilVision Systems Ltd., Saskatoon, Saskatchewan, Canada.
- [4] Hardiyatmo, H.C., 2002. Mekanika Tanah I. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [5] Krahn, J., 2004. Seepage Modeling with SEEP/W, An Engineering