

# KERUSAKAN JALAN RAYA AKIBAT TANAH MENGEMBANG

**Robby Gunawan Yahya**

Dosen Kopertis Wilayah IV dpk pada Universitas Langlangbuana Bandung

## ABSTRAK

Perubahan bentuk tanah (*deformasi*) merupakan permasalahan masyarakat yang perlu mendapat perhatian dan penelitian, sehingga penyebab terjadinya perubahan bentuk tanah serta adanya retak dan pergeseran tanah dapat diketahui untuk diperbaiki berupa stabilisasi tanah di sekitar kejadian. Tanah mengembang (*swelling*) mempunyai karakter kembang susut yang besar. Jenis mineral yang terkandung pada tanah seperti ini sangat mempengaruhi besar *swelling* dan tingkat plastisitas tanah. Kandungan mineral jenis tanah lempung (*montmorillonite*) secara kualitatif mempunyai *swelling* dan plastisitas yang tinggi, dan secara kuantitatif tingkat pengembangan (*swelling*) dan tekanan (*pressure*) yang terjadi dapat diprediksi di laboratorium dengan oedometer. Dalam menghadapi tanah mengembang perlu diperhitungkan adanya penurunan kekuatan (*strength degradation*) akibat perubahan kadar air. Besar kembang susut pada tanah tidak merata dari satu titik dengan titik lain, sehingga menyebabkan perbedaan ketinggian permukaan tanah (*differential movement*). Kondisi yang menyebabkan pengembangan tanah umumnya terjadi pada keadaan : tanah lempung mengandung mineral *montmorillonite*, plastisitas tinggi dan lainnya. Tingkat kejenuhan dan indeks plastisitas tanah berpengaruh terhadap besarnya berkembangnya tanah (*swelling*). Data hasil investigasi lapangan dan laboratorium diperlukan sebagai data masukan untuk bahan kajian. Data yang diperlukan ; mineral tanah, sifat fisis tanah, batas – batas *Atterberg* tanah, parameter kuat geser hasil uji laboratorium tanah asli serta *swelling index*. Kestabilan dari konstruksi atau bangunan dipengaruhi dari stabilitas tanah di bawahnya. Jika akan mendirikan bangunan di suatu tempat sebaiknya dianalisa terlebih dahulu mineral tanah yang membentuknya untuk memastikan hubungan daya dukung tanah itu serta penurunan (*settlement*) yang akan terjadi. Jika dari analisa dan tes laboratorium menunjukkan bahwa tanah dimana akan didirikan bangunan atau konstruksi mengidentifikasi tanah dengan *swelling* tinggi sebaiknya dilakukan stabilisasi tanah terlebih dahulu sampai dicapai daya dukung yang baik serta gunakan fondasi dengan telapak lebar.

**Kata Kunci** : Deformasi, Penurunan Tanah (*Settlement*), Stabilisasi, Tanah mengembang (*Swelling*)

## ABSTRACT

*Deformation is about community issues that need attention and research so that the cause of the cracking and deformation as well as the shift can be seen to be followed up in the form of stabilization of the soil around the incident. Ground swell has the character and development of large losses. Types of minerals contained in the soil as this greatly affects a large swelling and the level of soil plasticity. Qualitatively montmorillonite mineral content has swelling and high plasticity and quantitatively the level of swelling and pressure that occur can be predicted in the laboratory oedometer. In the face of the ground swell should be taken into account the existence of strength degradation due to changes in moisture content. Large flowers on the ground uneven shrinkage from one point to another point, causing the ground surface elevation difference (differential movement). Condition that causes swelling and development generally occurs in the soil: Soil containing clay mineral montmorillonite, high plasticity. Saturation level and soil plasticity index affects the amount of swelling. Data results of field and laboratory investigations required as input data for the study materials. The data required; mineral soil, soil physical properties, boundary - Atterberg limits soil, shear strength parameters of the original soil laboratory test results and swelling index. The stability of the construction or building of stability affected the soil below. When will build somewhere should be analyzed first earth minerals that formed it to ensure that the relationship of soil bearing capacity and settlement will occur. If from*

*the analysis and laboratory tests show that the land on which the building or construction will be established to identify land with high swelling soil stabilization should be done in advance to achieve a good carrying capacity and use foundation with big feet.*

**Keywords:** Deformation, Settelement, Stabilization, Swelling.

## 1. PENDAHULUAN

Kondisi jalan yang rata dan mulus, merupakan dambaan setiap pengemudi kendaraan. Di jalan manapun pengemudi berada, mereka selalu mengharapkan kondisi jalan yang mereka lalui dalam kondisi baik. Pengemudi umumnya menghindari jalan yang retak – retak. Kondisi jalan yang retak-retak serta bergelombang merupakan permasalahan masyarakat umum pengguna jalan dan pemerintah sebagai penyedia sarana, hal ini perlu mendapat perhatian. Kerusakan konstruksi jalan pada permukaan (*surface*) dapat diakibatkan oleh kerusakan konstruksi di bawahnya;. Jika penyebab perubahan bentuk tanah pada konstruksi jalan tersebut terjadi di lapisan tanah dasar maka harus diketahui karakteristik dari tanah dasar itu.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah Mengembang

Tanah mengembang mempunyai karakter kembang susut yang besar, mengembang pada kondisi basah dan menyusut pada waktu kering. Jenis mineral yang terkandung pada tanah seperti ini sangat mempengaruhi besar pengembangan tanah (*swelling*) dan tingkat plastisitas tanah.

Kandungan mineral *montmorillonite* secara kualitatif mempunyai *swelling* dan plastisitas yang tinggi dan secara kuantitatif tingkat *swelling* dan *pressure* yang terjadi dapat diprediksi di laboratorium dengan oedometer.

Dalam menghadapi tanah mengembang perlu diperhitungkan adanya *strength degradation* akibat perubahan kadar air. Besar kembang susut pada tanah tidak merata dari satu titik dengan titik lain, sehingga menyebabkan perbedaan ketinggian permukaan tanah (*differential movement*) yang dapat menimbulkan kerugian, antara lain :

1. *Heave* dan *cracking* pada *highway pavement*
2. *Heave* dan *buckling* pada *slab* lantai
3. *Heave* dan *buckling* pada *lining canal*
4. *Excess* tegangan lateral pada *retaining wall*
5. Berkurangnya daya dukung tanah.

### 2.1.1. Mekanisme Berkembangnya Tanah (*Swelling*)

Komornik dan David (1969) mengemukakan bahwa *swelling* dapat dipengaruhi hal – hal berikut:

#### 1) Mekanisme Fisika – Kimia Tanah

Air masuk diantara partikel – partikel tanah, misalnya *montmorillonite* akan menyebabkan jarak antar unit dasar semakin besar sehingga hal ini menyebabkan bertambah besarnya volume tanah.

Air tertarik ke sekeliling partikel, sehingga menyebabkan berkurangnya tegangan efektif dari tanah, mengurangi tegangan pengikat antar unit partikel.

*Swelling* disebabkan oleh mineral yang ada dalam lempung. Lempung yang banyak mengandung jenis mineral *montmorillonite* akan besar tingkat pengembangannya daripada tanah yang mengandung *kaolinite*. Besarnya *swelling* ditentukan oleh kimia tanah, atau banyaknya kation – kation dalam tanah, terutama dengan *valensi* yang lebih tinggi yang berfungsi sebagai pengikat antar partikel lempung dan mengurangi pembesaran jarak antar partikel. Jadi kembang susut tanah dapat dikurangi dengan cara menambah kation – kation kedalam tanah, kation tersebut merupakan ion – ion positif  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ , dapat diperoleh dari senyawa karbonat.

#### 2) Kebalikan Peristiwa Kapiler

Kebalikan peristiwa kapiler yaitu mengecilnya tegangan kapiler karena penjumlahan yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif tanah, yang cenderung mengembangkan dan mengembalikan volume tanah kepada volume semula.

### 2.1.2. Kriteria *Swelling*

Peneliti – peneliti *swelling* memberikan kriteria yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi potensi *swelling* dari tanah, yaitu :

1. Kriteria William (1958)
2. Kriteria Seed (1962)
3. Kriteria Chen (1965 dan 1988)
4. Kriteria Raman (1967)
5. Kriteria Snethen (1977)

### 2.1.3. Kondisi Yang Menyebabkan *Swelling*

Umumnya pengembangan tanah terjadi pada keadaan :

- a. Tanah lempung mengandung jenis mineral *montmorillonite*.
- b. Plastisitas tinggi, yaitu ;

LL > 40 % dan PI > 15 %.

- c. Adanya lapisan tanah di bawah permukaan tanah merupakan zona aktif, dimana cuaca sangat mempengaruhi perubahan kadar air.
- d. Adanya pergerakan dinamis (*heave*) akibat oksidasi dari mineral – mineral tertentu, misalnya *sulfide sulphanes*.

**Tabel 2.1(a). Kriteria Snethen 1977 tanah ekspansif Berdasarkan  $L_L$  dan IP**

$L_L$ (%)	IP (%)	Potensial <i>Swell</i> (%)	Klsifikasi Potensial <i>Swell</i>
> 60	> 35	> 1,5	Tinggi
50 – 60	25 – 35	0,5 – 1,5	Umum
< 50	< 25	< 0,5	Rendah

**Tabel 2.1(b). Kriteria Chen 1988 tanah ekspansif berdasarkan IP (%)**

IP (%)	Potensi mengembang (%)
0 – 15	Rendah
10 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
> 35	Sangat Tinggi

#### 2.1.4. Pengukuran Dan Prediksi

##### 1) Potensi Tanah mengembang

Potensi Tanah Mengembang didefinisikan sebagai besarnya pengembangan vertikal dari contoh tanah yang berada pada oedometer (*steel ring*), di bawah beban vertikal sebesar 1 psi (6,9 t/m<sup>2</sup>) serta diberikan akses kepada air di dasar *sample* tanah.

##### 2) *Swelling Pressure*

*Swelling pressure* didefinisikan sebagai tegangan yang diperlukan untuk menahan tanah dalam oedometer agar tidak terjadi perubahan volume.

#### 2.1.5. Tingkat Jenuh Terhadap Pengembangan Tanah (*Swelling*)

Tingkat kejenuhan (*degree of saturation*) berpengaruh terhadap besarnya berkembangnya tanah (*swelling*), hal ini dikemukakan oleh Chen (1988). Dalam penelitiannya Chen memasukan jumlah air yang berbeda pada sejumlah contoh tanah yang semula mempunyai kepadatan dan kadar air yang sama, hasilnya diperoleh berbagai contoh tanah dengan tingkat kejenuhan (*degree of saturation*) yang berbeda. Pengaruh derajat kejenuhan terhadap perubahan volume (Chen 1988) ditunjukkan oleh Tabel 2. 2;

**Tabel 2.2. Derajat Kejenuhan Dan Perubahan Volume**

Derajat Kejenuhan (Sr) %	Perubahan Volume (Δ) %
50	0,5
60	1,75
70	3,1
80	4,5
90	5,9
100	7,5

### 2.1.6. Kadar Air Terhadap *Swelling*

Pada tahun 1966, Noble menemukan bahwa besar *heave* ditentukan oleh kadar air awal, dari percobaannya bahwa contoh tanah dengan *density* yang sama tetapi kadar air awal yang berbeda dimana kadar air awal makin besar akan makin kecil *heave*-nya.

### 2.1.7. Analisa Penurunan Total (ΔH)

Penurunan (*Settlement*) terjadi jika material tanah menerima beban di atasnya. *Settlement*, terbagi atas :

- a. Penurunan langsung ( ΔH<sub>L</sub> )
- b. Penurunan konsolidasi ( ΔH<sub>c</sub> )
- c. Penurunan rangkak ( ΔH<sub>Creep</sub> )

#### 1. Penurunan (*settlement*) ΔH

$$(\Delta H) = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log \left[ \frac{\sigma_{v0}' + \Delta \sigma_v'}{\sigma_{v0}'} \right] \quad (1)$$

*Settlement* (ΔH) dapat juga dengan persamaan : ΔH = m<sub>v</sub> Δσ<sub>v</sub>' H

Yang mana :

- ΔH : penurunan (*Settlement*)
- C<sub>c</sub> : Indek Kompresi
- C<sub>v</sub> : Indek Muai
- e<sub>0</sub> : Angka pori mula – mula
- p<sub>c</sub> : Tekanan sebelum konsolidasi

- $m_v$  : Koef. kompresi volume tanah
- $\Delta\sigma_v'$  : Penambahan beban akibat beban luar
- $\sigma_v'$  : Tekanan *overburden* tanah efektif
- H : ketebalan tanah

## 2. Indeks Kompresi atau Tekanan ( $C_c$ )

Indek tekanan atau indek kompresi Azzouz, 1976 mengusulkan;

- Tanah tidak organis, lanau, lempung dan lempung berlanau ;

$$C_c = 0.3(e_0 - 0.27)$$

- Tanah organis, gambut, lempung dan lempung organis;

$$C_c = 0.0115w_n$$

Dimana;

$w_n$  : kadar air natural/lapangan

## 3. Koefisien Consolidasi ( $C_v$ )

$C_v$  untuk tanah dengan  $IP > 25$

mempunyai  $C_v$  :  $0.1 - 1 \text{ m}^2/\text{tahun} \approx$  Indek tekanan atau indek kompresi

Terzaghi dan Peck, 1976 dari terdahulunya Skempton mengusulkan;

$$C_v = 0.009(w_L - 10\%)$$

Nilai  $C_v$  bervariasi, tergantung jenis dan kondisi tanah di lapangan

### 2.1.8. Tingkat Konsolidasi

#### 1. Waktu Konsolidasi ( $t_i$ )

Lamanya proses terjadinya konsolidasi yang berakibat pada terjadinya penurunan (*settlement*) ditentukan dengan diketahuinya  $c_v$  (Lab),  $t$  diambil pada saat konsolidasi mencapai 50%, sehingga waktu yang digunakannya adalah  $t_{50}$ .

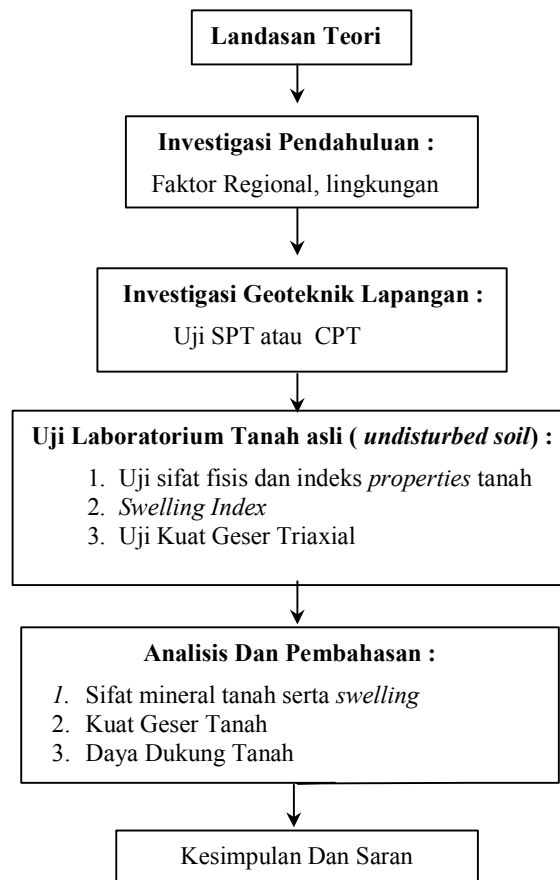
$$t_i = TH^2 / c_v \quad (2)$$

#### 2. Derajat Konsolidasi ( U )

Hubungan antara derajat konsolidasi U terhadap faktor waktu yang ditunjukkan oleh Tabel 2.3;

**Tabel. 2.3. Hubungan Prosentasi Konsolidasi Terhadap Waktu**

U (%)	T
00	0.000
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.197
60	0.287
70	0.403
80	0.567
90	0.848
100	$\infty$



**Gambar 3.1 Alur Kerja**

## 4. METODE DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Metode Pengambilan Data

Data hasil investigasi lapangan diperlukan sebagai data masukan untuk bahan kajian. Metode pengambilan tanah asli dengan cara melakukan pemboran, berlandaskan - ASTM D 1452, 1587, 1586. Metode pengambilan data sifat fisis tanah, batas – batas Atterberg tanah, parameter kuat geser tanah ( $\phi$  dan  $c$ ), informasi tegangan lapangan dan tahanan geser maksimum serta tahanan geser tanah saat runtuh untuk tanah asli, yang didapatkan dari hasil uji di laboratorium tanah asli untuk mengetahui tekanan vertikal, lateral, permeabilitas serta potensial *swelling* dari tanah yang berpengaruh pada deformasi tanah yang berakibat terhadap bangunan.

### 4.2. Metode Pengkajian

Bahan penelitian untuk dikaji dari tanah *undisturbed* yang perlu untuk diketahui. Metode penelitian yang digunakan berlandaskan pada uji laboratorium terhadap contoh tanah asli (*undisturbed*) pada tanah dasar bangunan, antara lain :

1. Uji laboratorium sifat fisis tanah  
( $\gamma_d$  max dan min – ASTM D – 2049).
2. Uji laboratorium batas – batas Atterberg (Indeks Konsistensi) - ASTM D – 427, 423, 424.
3. Uji Triaxial CU terhadap tanah asli  
(ASTM D – 2850 – 87).

### 4.3. Parameter Tanah

Uji tanah laboratorium antara lain ;

- a. *Sieve* analisis..
- b. *Atterberg limits*..
- c. *Indeks properties*.



**Tabel 4.1. Parameter Serta Klasifikasi Tanah Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel**

Jenis Parameter	Notasi	Satuan	Besar Parameter
Unit berat isi basah	$\gamma_{wet}$	g/cm <sup>3</sup>	1,63
Unit berat isi kering	$\gamma_{dry}$	g/cm <sup>3</sup>	1,15
Kadar air	w	%	42
Berat jenis	$G_s$	-	2,6
Kuat Tekan Bebas	$q_u$	kg/cm <sup>2</sup>	3,07
Batas cair	$L_L$	%	94
Batas Plastis	$P_L$	%	43
Indeks Plastisitas	IP	%	51
Batas Susut	$S_L$	%	16
Analisa Hydrometer	# 200	%	90,48
	KL	%	46,50
Kepadatan Standard	$w_{opt}$	%	42
	$\gamma_{d\ max}$	g/cm <sup>3</sup>	1,152
CBR Standard Lab Soaked	95 % $\gamma_{d\ max}$	g/cm <sup>3</sup>	1,094
	CBR	%	2,6
Swelling		%	1,55
Derajat Kejenuhan	$S_r$	%	87,48
Angka Pori	e	-	1,31

#### 4.4. Kerusakan konstruksi (kegagalan) Jalan

##### 1. Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.1. Kerusakan Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel

## 2. Jalan Bagbagan - Jampang Kulon



(a)



(b)

Gambar 4.2. Kerusakan Jalan Bagbagan - Jampang Kulon

## 5. PEMBAHASAN

### 5.1. Analisa Penurunan Tanah Total ( $\Delta H$ )

Penurunan Tanah terjadi jika material tanah menerima beban di atasnya.

Dari Table 4.1

$e_0$	: 1,31
$L_L$	: 94 %
$P_L$	: 43 %
$PI$	: 51 %

#### 1. Koefisien Kompresi

Indek tekanan atau indek kompresi Azzouz, 1976 mengusulkan;

Tanah tidak organik, lanau, lempung dan lempung berlanau;

$$C_c = 0.3(e_0 - 0.27) = 0.3(1,31 - 0.27) = \mathbf{0,31}$$

#### 2. Koefisien Konsolidasi

$C_v$  untuk type tanah dengan  $IP > 25$

mempunyai  $C_v : 0.1 - 1 \text{ m}^2/\text{tahun} \approx$  Indek tekanan atau indek kompresi.

Terzaghi dan Peck, 1976 dari terdahulunya Skempton mengusulkan;

$$C_v = 0,009(w_L - 10\%)$$

$$= \mathbf{0,85 \text{ m}^2/\text{tahun}}$$

$$\approx 2,68 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{detik}$$

Nilai  $C_v$  bervariasi, tergantung jenis dan kondisi tanah di lapangan.

#### 3. Penurunan Tanah ( $\Delta H$ )

$$H = 1,2 \text{ m}$$

Unit berat satuan basah ( $\gamma_{\text{sub}}$ )

$$\gamma = 1,63 \text{ g/cm}^3 \approx 15,97 \text{ kN/m}^3$$

Muka Air Tanah (MAT) jauh dikedalaman dari permukaan atau yang ditinjau.

Maka tegangan di kedalaman 1,2 m ;

$$\sigma'_v = \gamma h$$

$$= 15,97 \cdot 1,2 = 19,17 \text{ kN/m}^2$$

Parameter Tanah Bahan Timbunan ;

Asumsi Tebal Timbunan : 2 m

Jenis Tanah : CH-OH

Unit berat ( $\gamma$ ) : 17,5 kN/m<sup>3</sup>

Penambahan Tegangan  $\Delta\sigma$

$$\Delta\sigma = \gamma H = 17,5 \cdot 2 = 35 \text{ kN/m}^2$$

Yang mana ;

$\Delta\sigma$  : tambahan tegangan akibat adanya timbunan

Maka penurunan tanah yang terjadi ;

$$\begin{aligned}\Delta H &= \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log \left[ \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \right] \\ &= \frac{0,31}{1 + 1,31} \cdot 1,21 \cdot \log \left[ \frac{19,17 + 35}{19,17} \right] \\ &= 0,0731 \text{ m} \approx 7,31 \text{ cm}\end{aligned}$$

Jadi besarnya penurunan/*settlement* sebesar 7,31 cm

## 5.2. Pengukuran dan prediksi *swelling*

**Dari hasil uji laboratorium tanah tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1.**

Untuk mengetahui potensi *swelling* tanah itu, tentunya kita merujuk beberapa kriteria dan formula tentang *swelling* tersebut ;

- Merujuk pada Tabel 2.1(a) kriteria Snethen 1977

*Liquid limit* = 94 % dengan IP = 51% > 35 % memiliki potensial *swell* > 1,5 % yang termasuk klasifikasi *swelling* tinggi.

- Merujuk pada Tabel 2.1(b) kriteria Chen 1988 yang mana IP = 51% > 35% termasuk klasifikasi *swelling* sangat tinggi.

- Merujuk pada Tabel 2.4 kriteria Chen 1988

Pengaruh derajat kejenuhan terhadap perubahan volume (%)

Sr = 87,48% memiliki potensial perubahan volume (%) berkisar 4,5 – 5,9 %.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Paket pekerjaan Peningkatan Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel dilokasi S<sub>1</sub> km 37 + 900 , S<sub>2</sub> km 37 + 975 dan S<sub>3</sub> km 39 +500, tepatnya arah Karangampel menuju Indramayu.

1. Penurunan ( $\Delta H$ ) Konsolidasi. Besarnya penurunan tanah sebesar 7,31 cm
2. Waktu Konsolidasi (  $t_i$  )

Lamanya proses terjadinya konsolidasi yang berakibat pada terjadinya *settlement* dan waktu yang diperlukan untuk kondisi stabil atau selesainya proses konsolidasi sehingga *settlement* berhenti sebesar 4, 33 bulan

3. Pengukuran dan prediksi *swelling*

Kondisi Tanah Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel memiliki *potensial swell* >1,51 % yang termasuk klasifikasi *swelling* tinggi.

### 6.2. Saran

1. Kestabilan dari bangunan atau konstruksi jalan dan lain-lain dipengaruhi dari stabilitas tanah di bawahnya. Sebaiknya diketahui terlebih dahulu mineral tanah yang membentuknya untuk memastikan hubungan daya dukung tanah itu serta penurunan tanah yang akan terjadi.
2. Jika dari analisa dan hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa tanah dimana akan didirikan bangunan atau konstruksi jalan dan lain-lain mengidentifikasi tanah katagori *swelling* tinggi sebaiknya dilakukan stabilisasi tanah terlebih dahulu sampai dicapai daya dukung yang baik serta *settlement* yang diijinkan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Berry Peter L. (1987), *An introduction to Soil Mechanic*, Mc Graw – Hill Book Company England.
2. Bowles, Joseph E. (1984), *Physical And Geotechnical Propertises Of Soils*, Mc Graw – Hill, Inc.
3. Das, Braja M. (1985), *Principles Of Geotechnical Engineering*, Hemisphere Publishing Cooperation.
4. Nasution Sarifudin. (1990), *Stabilitas Tanah*, ITB.
5. Prakash (1987), *Pile Foundation Engineering*, London.
6. Sutarman E. (2013), *Aplikasi Mekanika Tanah*, Andi, Jogjakarta