

Kerusakan Jalan Raya Akibat Jalan Mengembang

Dwi Andy Priyanto

Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang

email: 21b50011@student.unika.ac.id

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.*

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.

TINJAUAN PUSTAKA

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.

Mekanisme Berkembangnya Tanah (Swelling)

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

Mekanime 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*.

Kebalikan Peristiwa Kapiler

Kebalikan peristiwa kapiler yaitu mengecilnya tegangan kapiler karena

penjenuhan yang menyebabkan berkurangnya tegangan efektif tanah, yang cenderung mengembangkan dan mengembalikan volume tanah kepada volume semula

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)

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 LL dan IP

L_L (%)	IP (%)	Potensial Swell (%)	Klsifikasi Potensial Swell
> 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

Pengukuran dan Prediksi

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/m²) serta diberikan akses kepada air di dasar sample tanah.

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

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	0,75
70	3,1
80	4,5
90	5,9
100	7,5

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

Analisa Penurunan Total (ΔH)

Penurunan (*Settlement*) terjadi jika material tanah menerima beban di atasnya

Settlement, terbagi atas:

- a. Penurunan langsung (ΔH_L)
- b. Penurunan konsolidasi (ΔH_C)
- c. Penurunan rangkak (ΔH Creep)

Penurunan (*settlement*) ΔH

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

Settlement (ΔH) dapat juga dengan persamaan : $\Delta H = m_v \Delta\sigma_v' H$

Yang mana :

- ΔH : penurunan (*Settlement*)
- C_c :Indek Kompresi
- C_v :Indek Muai
- e_0 :Angka pori mula – mula
- p_c :Tekanan sebelum konsolidasi
- m_v :Koef. kompresi volume tanah
- $\Delta\sigma_v'$:Penambahan beban akibat beban luar
- σ_v' :Tekanan *overburden* tanah efektif
- H : Ketebalan tanah

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

Koefisien Konsolidasi (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

Tingkat Konsolidasi

1. Waktu Konsolidasi (t_j)

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} .

$$t_j = TH^2 / c_v \tag{2}$$

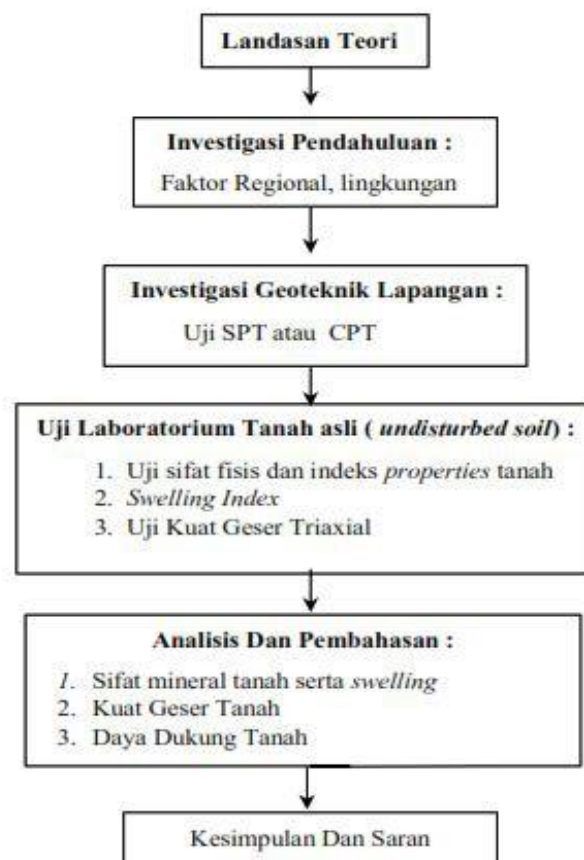
2. Derajat Konsolidasi (U)

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	∞

LANDASAN TEORI



Gambar 3.1 Alur Kerja

METODE DAN PEMBAHASAN

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 (ϕ 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.

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 (*undistrubed*) pada tanah dasar bangunan, antara lain :

1. Uji laboratorium sifat fisis tanah (γ_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. Parameter Tanah

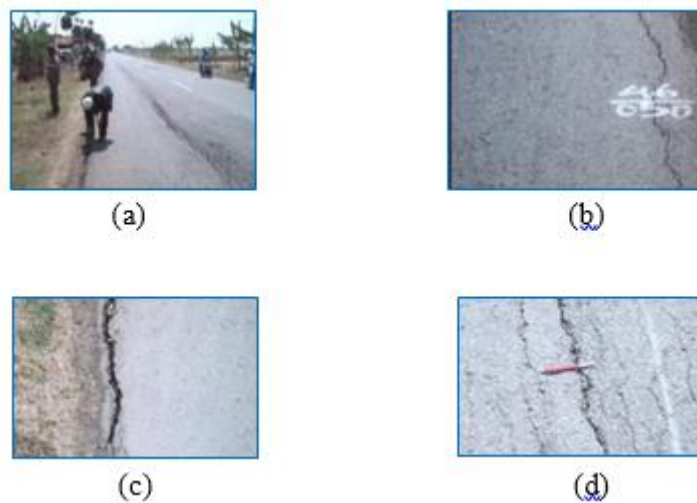
Uji tanah laboratorium antara lain ;

- 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	γ_{wet}	g/cm ³	1,63
Unit berat isi kering	γ_{dry}	g/cm ³	1,15
Kadar air	w	%	42
Berat jenis	G _s	-	2,6
Kuat Tekan Bebas	q _u	kg/cm ²	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 ³	1,152
CBR Standard Lab Soaked	95 % $\gamma_{d\ max}$	g/cm ³	1,094
	CBR	%	2,6
Swelling		%	1,55
Derajat Kejenuhan	S _r	%	87,48
Angka Pori	e	-	1,31

Kerusakan konstruksi (kegagalan) Jalan
1. Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel



Gambar 4.1. Kerusakan Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel

2. Jalan Bagbagan - Jampang Kulon



(a)



(b)

Gambar 4.2. Kerusakan Jalan Bagbagan - Jampang Kulon

PEMBAHASAN

Analisa Penurunan Tanah Total (ΔH)

Penurunan Tanah terjadi jika material tanah menerima beban di atasnya.

Dari Table 4.1

e_0	: 1,31
LL	: 94 %
PL	: 43 %
PI	: 51 %

Koefisien Kompresi

Indek tekanan atau indek kompresi Azzouz, 1976 mengusulkan; Tanah tidak organis, lanau, lempung dan lempung berlanau;

$$C_c = 0.3(e_0 - 0.27) = 0.3(1,31 - 0.27) = 0,31$$

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;

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

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

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

Nilai C_v bervariasi, tergantung jenis dan kondisi tanah di lapangan

Penurunan Tanah (ΔH)

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

Unit berat satuan basah (γ_{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 (γ) : 17,5

kN/m^3

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 :

$$\Delta H = \frac{C_c}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log \left[\frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma'_v}{\sigma'_{v0}} \right]$$

$$= \frac{0,31}{1 + 1,31} \cdot 1,21 \cdot \log \left[\frac{19,17 + 35}{19,17} \right]$$

$$= 0,0731 \text{ m} \approx 7,31 \text{ cm}$$

Jadi besarnya penurunan/settlement sebesar 7,31 cm

Pengukuran dan prediksi *swelling*

Dari hasil uji laboratorium tanah tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1. Untuk mengetahui potensi *swelling* tanah itu, tentunya kita merujuk ke 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 %

§ 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 (%)

$S_r = 87,48\%$ memiliki potensial perubahan volume (%) berkisar 4,5 – 5,9%

KESIMPULAN

Paket pekerjaan Peningkatan Jalan Lingkar Indramayu – Karangampel dilokasi S₁ km 37 + 900 , S₂ km 37 + 975 dan S₃ km 39 +500, tepatnya arah Karangampel menuju Indramayu.

1. Penurunan (ΔH) Konsolidasi. Besarnya penurunan tanah sebesar 7,31 cm
2. Waktu *Konsolidasi* (t_j)
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.

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 kategori *swelling* tinggi sebaiknya dilakukan *stabilisasi* tanah terlebih dahulu sampai dicapai daya dukung yang baik serta *settlement* yang diijinkan.

DAFTAR PUSTAKA

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