

## 2.1 Tanah

Secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel pada tersebut (Das, 1995).

Menurut Joseph E. Bowles (1982), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut ini:

1. Berangkal (*boulders*), potongan batuan yang besar, biasanya berukuran 250 - 300 mm. Untuk ukuran yang lebih kecil dari pada ukuran boulders disebut cobbles dengan ukuran minimum 50 - 70 mm atau pebbles (dengan ukuran minimum 3 - 5 mm).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm -150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang memiliki ukuran butiran lebih kecil dari ukuran butiran kerikil tetapi lebih besar dari 0,05 - 0,074 mm.
4. Lanau (*silt*), partikel batuan yang berukuran dari 0,002 - 0,006 mm dan maksimum berukuran dari 0,05 - 0,074 mm. Lanau (dan lempung) dalam jumlah yang besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan kedalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai (sepanjang Pantai Gulf dan Lautan Atlantik dan Lautan Teduh). Deposit loess terjadi bila angin mengangkut partikel-partikel lanau ke suatu lokasi. Angkutan oleh angin ini membatasi ukuran partikel sedemikian rupa sehingga deposit yang dihasilkan mempunyai ukuran butir yang hampir sama.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang diam, berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

## 2.2 Tanah Lempung

Tanah lempung menurut Hardiyatmo (2011) merupakan tanah kohesif, baik itu tanah lempung berlanau, lempung berpasir ataupun berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Tanah kohesif umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah, terutama bila kadar air tinggi atau jenuh;
2. Berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah;
3. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu;
4. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah terkompresi);
5. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
6. Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkak (creep) pada beban yang konstan;
7. Merupakan material kedap air.

## 2.3 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok – subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butir dan plastisitas.

### 2.3.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan (AASHTO)

Sistem klasifikasi Bureau of Public Roads (BPR) yang asli pada akhir tahun 1920-an telah direvisi beberapa kali. Sistem AASHTO menklasifikasikan tanah kedalam kelompok, A-1 sampai A-8, namun kelompok tanah A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawa, dan pada awalnya membutuhkan data-data sebagai berikut :

1. Analisis ukuran butiran
2. Batas cair dan batas plastis dan IP yang dihitung.
3. Batas susut.

4. Ekvivalen kelembaban lapangan ialah kadar lembab maksimum dimana satu tetes air yang dijatuhkan pada suatu permukaan yang kecil tidak segera diserap oleh permukaan tanah itu.

5. Ekvivalen kelembaban setrifugal ialah sebuah percobaan untuk mengatur kapasitas tanah dalam air.

Pada garis besarnya tanah dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu: kelompok tanah berbutir kasar (<35% lolos saringan No. 200) dan tanah berbutir halus (>35% lolos saringan No. 200).

A-1, adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil kecil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir-butir halus.

A-2, adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir halus No. 200.

A-3, adalah kelompok batas antara tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Terisi dari campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%).

Kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

A-4, adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.

A-5, adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis.

A-6, adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahannya cukup besar.

A-7, adalah kelompok tanah lempung yang bersifat plastis.

Berikut ini ditampilkan Tabel 2.1 yang menunjukkan klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

**Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO**

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO							
Tanah berbutir							
Klasifikasi Umum	(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7

Analisis ayakan (% lolos)							
No.10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 50				
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35

Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40							
Batas cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastis (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Min 10	Maks 10	Min 10

**Klasifikasi Umum Tanah berbutir**  
**35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200**

<b>Klasifikasi Kelompok</b>	<b>A-1</b>	<b>A-3</b>	<b>A-2</b>				
-----------------------------	------------	------------	------------	--	--	--	--

	<b>A-1-a</b>	<b>A-1-b</b>	<b>A-2-4</b>	<b>A-2-5</b>	<b>A-2-6</b>	<b>A-2-7</b>	
--	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--

Tipe material yang paling dominan	Batu Pecah, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
-----------------------------------	--------------------------------	--	-------------	---	--	--	--

Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
-------------------------------------	-------------------------	--	--	--	--	--	--

**Klasifikasi Umum Tanah berbutir**  
**(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200**

<b>Klasifikasi Kelompok</b>	<b>A-4</b>	<b>A-5</b>	<b>A-6</b>	<b>A-7</b>			
				<b>A-7-5</b>	<b>A-7-6</b>		

Analisis ayakan (% lolos)				
No.10				
No. 40				
No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36

Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40				
Batas cair (LL)				
Indeks Plastis (PI)	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41
	Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11

Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau	Tanah Berlempung
-----------------------------------	----------------	------------------

Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek
-------------------------------------	--------------------

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plasisnya (PL)

Untuk  $PL > 30$ , klasifikasinya A-7-5;

Untuk  $PL < 30$ , klasifikasinya A-7-6.

NP = Non Plastis

(Sumber : Hardyatmo, 2002)

### 2.3.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan (USCS)

Klasifikasi berdasarkan Unified System (Das. Braja. M, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

1. Tanah butir kasar (*coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50 % berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O lempung organik. Simbol Pt digunakan untuk tanah gambut (*peat*), dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan no.200 (fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40.
3. Koefisien keseragaman (Uniformity coefficient,  $C_u$ ) dan koefisien gradasi (gradation coefficient,  $C_c$ ) ditentukan berdasarkan presentase butiran halus, jika kurang dari 5% lolos saringan no 200 maka tanah termasuk kelompok tanah GW,GP,SW,dan SP kemudian bila lebih dari 12% maka tanah termasuk kelompok tanah GM, GC, SM, SC.
4. Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no.40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan no.200).

Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok seperti terlihat dalam Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

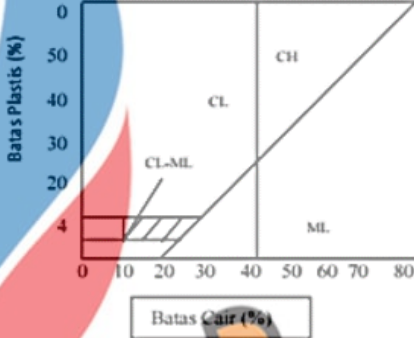
Divisi utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan no. 200  Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan no.4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cu = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		GP Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Kerikil dengan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir,lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas
		GC Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir,lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	maka double simbol
	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cu = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3	
		SP Pasir bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
Pasir $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan no.4  Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran kerikil-pasir,lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas	
	SP Pasir berlanau, campuran kerikil-pasir,lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	maka double simbol	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos  Lanau dan lempung	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Digram plastisitas : Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar Batas Atterberg yang	

Klasifikasi berdasarkan presentase butiran halus:  $\leq 5\%$  lolos saringan no. 200; GM, GP, SW, SP,  $> 12\%$  lolos saringan no.200; GM, GC, SM SC, 5% - 12% lolos saringan no. 200; batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Divisi utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi
	CL	Lanau anorganik dengan plastis rendah sampai sedang lempung	termasuk dalam daerah yang diarsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua symbol.
	OL	berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clay</i> )	
	GC	Lempung organik dan lempung berlanau organik dengan plasisitas rendah	
	SW	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, lanau diatomae, lanau elastis	
	SP	Lanau anorganik dengan plasisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clay</i> )	
	PT	Lempung organik dan lempung berlanau organik dengan plasisitas tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Lanau dan lempung batas cair > 50%



(Sumber : *Braja M Das, 1988*)

## 2.4 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah yaitu sifat suatu elemen tanah yang berhubungan dengan elemen penyusunan masa tanah yang ada, misalnya volume tanah, kadar air, dan berat tanah. Dalam keadaan tidak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian yaitu butiran padat, air, dan udara. Ilustrasi untuk memahami susunan elemen pada massa tanah (Das, 1998).

### 2.4.1 Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis (*Specific Gravity*) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) pada temperatur.

Berat jenis tanah ditentukan dengan rumus menurut Hardiyatmo (2002) sebagai berikut:

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

$$G_s = \frac{W_s}{W_w} \quad (2.1)$$

Dimana:

$G_s$  = berat jenis tanah

$W_s$  = berat tanah kering (gram)

$W_w$  = berat air yang dipindahkan oleh tanah kering

Berat dari berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75 (Hardiyatmo, H.C 2001). Nilai-nilai berat jenis dari berbagai tanah dijelaskan dalam Tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Spesific Gravity (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau Anorganik	2,62 - 2,68
Lanau Organik	2,58 - 2,65
Lempung Anorganik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

(Sumber : *Hardyatmo, 2002*)

#### 2.4.2 Kadar Air (*Water Content*)

Secara umum, tanah terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*), dan udara (*air* atau *gas*). Kandungan air dan udara yang terdapat di dalam tanah menempati rongga (*void*) yang terdapat di antara butiran, yang disebut pori tanah. Bila volume pori di dalam tanah dipenuhi oleh air, maka tanah dinyatakan dalam kondisinya jenuh. Sebaliknya bila di dalam pori tanah tidak berisi air sama sekali, maka tanah dalam kondisi kering.

Kadar Air ( $W_c$ ) adalah perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) berat tanah dalam keadaan kering ( $W_s$ ) dalam tanah yang dinyatakan dalam persen, dapat dirumuskan

$$W_c = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dimana:

$W_c$  = kadar air (*water content*) (%)

$W_w$  = berat air (gram)



$W_s$  = berat tanah dalam keadaan kering (*oven dry*) (gram)

Besar nilai pada pengujian kadar air dapat diklasifikasikan pada Tabel 2.4 berikut ini.

www.itk.ac.id

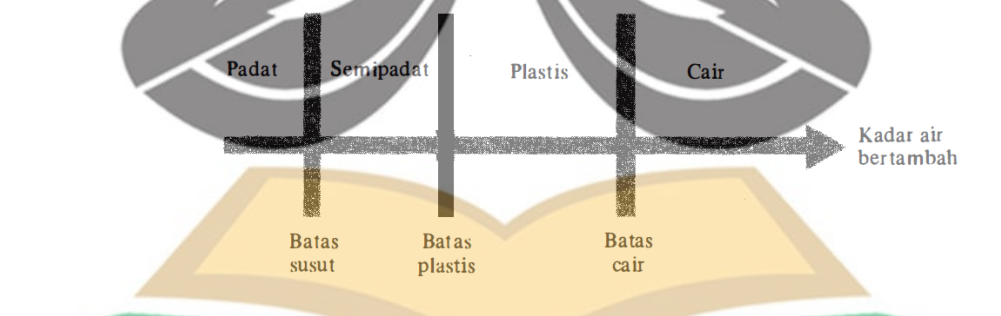
**Tabel 2.4** Klasifikasi Kadar Air

tipe tanah	kadar air (%)
Lempung kaku	21
Lempung Lembek	30-50
Tanah (Loess)	25
Lempung Organik Lembek	90-120
Glacial Till	10

(Sumber : Das, 1995)

### 2.4.3 Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

Kadar air, dinyatakan dalam persen, di mana terjadi transisi dari keadaan padat ke keadaan semi-padat didefinisikan sebagai batas-susut (*shrinkage limit*). Kadar air di mana transisi dari keadaan semi-padat ke keadaan plastis terjadi dinamakan batas plastis (*plastic limit*), dan dari keadaan plastis ke keadaan cair dinamakan batas cair (*liquid limit*). Batas-batas ini dikenal sebagai batas-batas Atterberg (*Atterberg Limits*). Batas batas ini dapat diunjukkan pada gambar 2.1 berikut.



**Gambar 2.1** Batas-Batas Atterberg Limit  
(Sumber : Das, 1995)

1. Batas Cair (*Liquid Limit*) LL, didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Persamaan batas cair menurut Das (1995) adalah sebagai berikut:

$$LL = W_N \left( \frac{N}{25} \right)^{\tan \beta} \quad (2.3)$$

Dimana:

LL = batas cair (%)

N = jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk menutup goresan selebar 0,5 in pada dasar contoh tanah yang diletakkan dalam mangkok kuning dari alat uji batas cair

W<sub>n</sub> = kadar air dimana untuk menutup dasar goresan dari contoh tanah dibutuhkan pukulan sebanyak N

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*) PL, didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.
3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*) SL, didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan semi-padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah selanjutnya.

$$SL = W_c - \left( \frac{V - V_o}{W_o} \right) \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana:

SL = batas susut (*shrinkage limit*) (%)

W<sub>c</sub> = kadar air pada pasta tanah (%)

W<sub>o</sub> = berat kering pasta tanah (gram)

V<sub>o</sub> = volume air raksa yang masuk kedalam gelas ukur (cm<sup>3</sup>)

V = volume gelas ukur

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) PI, adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah, atau

$$PI = LL - PL$$

Nilai IP yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut peka terhadap perubahan kadar air, dan mempunyai sifat kembang susut yang besar, serta besar pengaruhnya terhadap daya dukung tanah atau kekuatan tanah. Berikut merupakan klasifikasi nilai IP yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut.

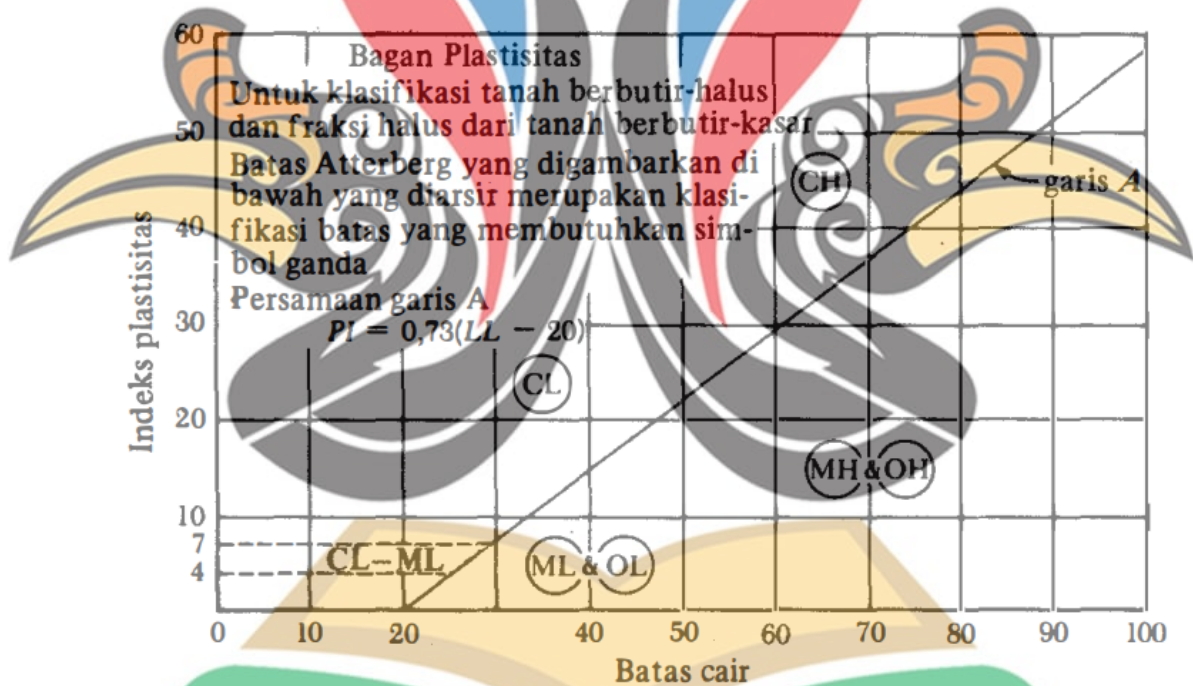
[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Tabel 2.5 Batas Plastis Pengujian Tanah Asli

IP	Sifat	Jenis Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber : Hardyatmo 2002)

Di bawah ini merupakan gambar dari grafik plastisitas tanah atau *plasticity chart*. Garis A-line yang dinyatakan dalam persamaan  $PI = 0,73 (LL - 20)$ , digunakan untuk memisahkan daerah tanah lanau (*silts*) yang terletak di bawah garis A-line dari daerah tanah lempung (*clays*) yang terletak di atas garis A-line. . Garis U-line adalah batas atas hubungan antara Indeks plastisitas (PI) dan batas cair (LL). Gambar dari grafik plastisitas tanah pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Grafik Atterberg Limit Menurut ASTM (1982)

(Sumber : Das, 1995)

## 2.5 Pengujian Pemadatan Proctor Standar

Menurut Andini, Mutiara, dkk, (2014) Pemadatan adalah suatu proses memadatnya partikel tanah sehingga terjadi pengurangan volume udara dan volume air dengan memakai cara mekanis. Kepadatan tanah tergantung banyaknya kadar air, jika kadar air tanah sedikit maka tanah akan keras begitu pula sebaliknya bila

kadar air banyak maka tanah akan menjadi lunak atau cair. Pemadatan yang dilakukan pada saat kadar air lebih tinggi dari pada kadar air optimumnya akan memberikan pengaruh terhadap sifat tanah.

Pemadatan tanah memiliki fungsi meningkatkan kekuatan tanah, dengan ini dapat meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan juga dapat mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemantapan lereng timbunan. Percobaan-percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah Proctor *Compaction Test* / Uji Pemadatan Proctor, (Das, 1995).

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya, hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ), berat volume basah ( $\gamma_{wet}$ ) dan kadar air ( $w$ ) dinyatakan dengan persamaan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{wet}}{1+W_c} \quad (2.5)$$

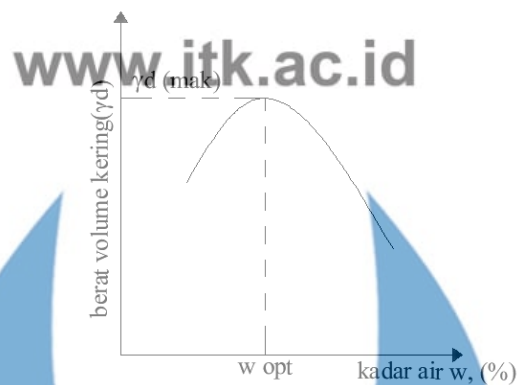
Dimana :

$\gamma_d$  = berat volume kering ( $g/cm^3$ )

$\gamma_{wet}$  = berat volume tanah kondisi basah ( $g/cm^3$ )

$W_c$  = kadar air (%)

Pada uji pemadatan, percobaan dilakukan minimal 5 kali dengan melakukan variasi pada kadar air tiap percobaan. Kemudian digambarkan hubungan sebuah grafik antara kadar air ( $w$ ) dan berat volume kering ( $\gamma_d$ ). Hasil dari pengujian akan membentuk kurva dengan memperlihatkan nilai kadar air terbaik ( $w_{opt}$ ) untuk mencapai berat volume kering terbesar. Pada nilai kadar air rendah, umumnya tanah bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Setelah tanah ditambahkan dengan air, maka akan menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi maka berat volume kering akan berkurang. Jika seluruh udara dipaksa keluar saat proses pemadatan, tanah akan berada pada posisi jenuh dan nilai berat volume kering akan menjadi maksimum. Pada saat percobaan, kondisi ini akan sulit dicapai. Adapun kurva hubungan kadar air dan berat volume kering dapat ditunjukkan pada gambar 2.2 berikut (hardyatmo, C.H 2001).



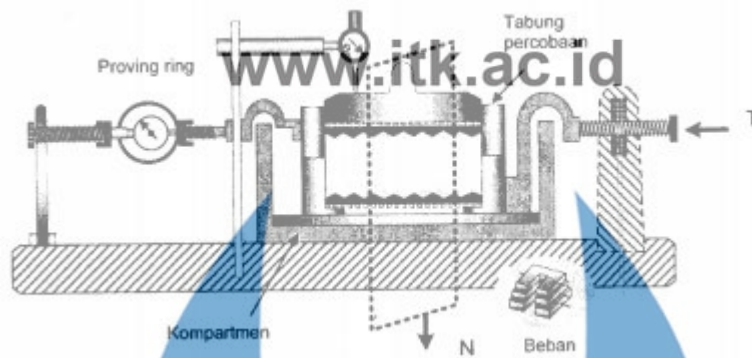
**Gambar 2.3** Kurva Hubungan Kadar Air Dan Berat Volume Kering  
(Sumber : *Hadyatmo, 2002*)

## 2.6 Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Menurut *Hardyatmo (2002)* parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

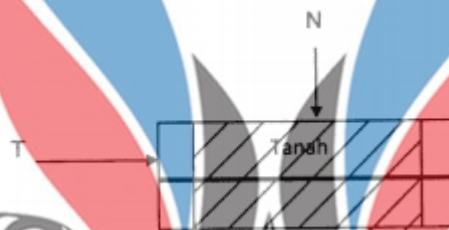
1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser;
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

kekuatan geser tanah diperoleh dengan cara menggeser contoh tanah yang diberi beban normal ( $N$ ). Kekuatan tanah yang diperoleh dari percobaan tersebut adalah dalam kondisi drained, karena air di dalam pori tanah diijinkan keluar selama pembebanan. Hubungan antara besarnya gaya geser ( $T$ ) dan beban normal ( $N$ ) untuk menentukan parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser-dalam tanah ( $S$ ). Agar diperoleh hasil yang akurat, maka pengujian dilakukan minimum 3 kali dengan beban normal yang berbeda-beda.



**Gambar 2.4** Skema Penguian Direct Shear  
(Budi, 2011)

Skema pembebanan dari direct shear dapat ditunjukkan pada gambar 2.x berikut:



**Gambar 2.5** Skema Pembebanan  
(Budi, 2011)

Dari sekma pembebanan di atas maka diperoleh rumus rumus untuk Tekanan Normal dan Tekanan Geser sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (2.6)$$

$$\tau = \frac{T}{A} \quad (2.7)$$

$\sigma$  = Tegangan Normal ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$\tau$  = Tegangan geser ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

N = Gaya Normal (kg)

T = Gaya Geser (kg)

A = Luas Penampang ( $\text{cm}^2$ )

Klasifikasi untuk mencari nilai sudut geser dalam dapat ditunjukkan pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Klasifikasi Sudut Geser Dalam

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (°)
Kerikil Berpasir	35 - 40
Kerikil Kerakal	36 - 40
Pasir Padat	37 - 40
Pasir Lepas	30
Lempung Kelanauan	25 - 30
Lempung Plastisitas Rendah	25
Lempung Plastisitas Tinggi	20

(Sumber : Wesley 1997)

## 2.7 Semen

Semen merupakan bubuk halus yang bila dicampur dengan air akan menjadi ikatan yang akan mengeras, karena terjadi reaksi kimia sehingga membentuk suatu massa yang kuat dan keras, yang disebut hidroulic cement. Istilah semen di Indonesia atau didunia perdagangan yang dimaksud adalah sebagai Portland composite cement (PCC). Portland composite cement didefinisikan sebagai suatu hasil produksi yang terdiri dari sebagian besar kalsium silikat yang didapat dari pemanasan hingga meleburnya campuran homogen, bahan yang utamanya berisikan kapur dan silikat dengan sejumlah kecil alumunia dan besi oksida (Sherwood, 1993). Distribusi ukuran butir semen portland adalah antara 0,5-100 mikron.

## 2.8 Soil Cement

Soil Cement Dalam perbaikan tanah dengan metode modifikasi fisik dan kimia, yang umumnya digunakan adalah dengan menambahkan bahan *additive* atau *admixture*. Salah satu *additive* yang sering digunakan adalah semen. Berdasarkan Tamrin (2018) Penambahan semen yang lebih banyak mengakibatkan perubahan yang lebih nyata bahkan cenderung radikal. Campuran tanah dengan semen umumnya berkisar antara (4-15)% dari berat tanah (Kreb & Walker, 1971).

## 2.9 Renolith

Renolith adalah Aditif perkerasan tanah (*soil stabilizer*), yang memiliki bentuk cair berfungsi untuk memadatkan dan menstabilkan tanah. Renolith berasal

dari bahan polimer dengan dasar campuran dari lateks dan selusosa. Diformulasikan spesial untuk stabilisasi insitu tanah dengan semen dan air.

Penggunaan bahan *renolith* dapat diaplikasikan seperti di, jalan kota, jalan perkebunan, pertambangan, tempat parkir, jalan pabrik, dan masih banyak lagi. Pada umumnya *renolith* digunakan untuk memperbaiki sifat tanah yang jelek di berbagai lapisan seperti *basecourse*, *sub base*, *subgrade*. Pembuatan jalan dengan *Renolith* dapat didesain dengan *surface layer* atau lapisan penutup atau tanpa lapisan penutup jalan.

Adapun keuntungan stabilisasi menggunakan bahan *renolith* sebagai berikut:

- Meningkatkan kekuatan kompresif
- Meningkatkan elastisitas dan fleksibilitias jalan
- Meningkatkan stabilitas dari material jalan
- Mengurangi retak akibat penyusutan
- Kedap air
- Mengurangi debu
- Meningkatkan *workability*
- Mengurangi ketebalan jalan
- Tidak beracun dan ramah lingkungan

## 2.9 Pengaruh Semen dan *Renolith* Terhadap Kepadatan Tanah

Penambahan semen dan *renolith* terhadap tanah dasar menyebabkan peningkatan tanah. Sifat bahan semen secara umum yang berbentuk butir halus ialah sangat kuat mengikat air karena kondisi mineralnya yang aktif. Sehingga menyebabkan proses pengerasan lebih cepat. Sedangkan *renolith* secara umum memiliki daya lekat yang tinggi sehingga mampu mengikat partikel – partikel tanah dengan sangat mudah. Proses pencampuran tanah + semen + *renolith* tersebut tergantung dari kadar semen dan *renolith* yang ditambahkan. Hal ini dimaksudkan supaya mencapai peningkatan tanah yang paling maksimum. Dimana kekuatan tanah yang paling maksimum didapatkan apabila kadar semen dan *renolith* mencapai proporsi yang paling maksimum (Basuki dkk, 2007).



## 2.10 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian tugas akhir ditunjukkan pada Tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 Penelitian Terdahulu

no	judul	tahun	nama	metode	kesimpulan
1	Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan <i>Renolith</i>	2018	Kholis, Nur, Anita Setyowati S.G., Rika S.	Pengujian tanah dengan CBR, uji kuat tekan bebas (UCS) dan uji kuat geser ( <i>direct shear</i> ). Presentase <i>renolith</i> sebesar 3% dan 6%.	Variasi penambahan 3% atau 6% <i>renolith</i> dapat menurunkan nilai indeks plastisitas. Dengan penambahan 3% dan 6% <i>renolith</i> dapat menurunkan IP sebesar 12,19% dan 19,66% secara berturut-turut.
					Variasi penambahan 3% atau 6% <i>renolith</i> dapat meningkatkan CBR tanah asli. Dengan penambahan 3% dan 6% <i>renolith</i> dapat menurunkan IP sebesar 13,10% dan 8,39% secara berturut-turut.
					Penambahan <i>renolith</i> dapat meningkatkan kuat tekan bebas (UCS) dan menurunkan sudut geser.
	PENGARUH PENGGUNAAN SEMEN SEBAGAI BAHAN STABILISASI PADA TANAH LEMPUNG DAERAH LAMBUNG BUKIT TERHADAP NILAI CBR TANAH	2012	Andriani, Rina Yuliet, Franky Leo Fernandes	Pengujian tanah dengan standar proctor, CBR. Presentase semen 5%, 10%, 15% dan 20%	Menurut USCS, tanah daerah Lambung Bukit termasuk dalam kelas OH yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi, sedangkan menurut AASHTO tanah ini termasuk tanah berlempung dengan penilaian sedang sampai buruk. Dengan batas cair yang lebih besar dari 41%. Jadi tanah daerah Lambung Bukit dapat dikategorikan sebagai tanah berlempung. Sehingga dikategorikan buruk dan perlu distabilisasi.
					Sifat plastis tanah akan menurun dengan diberikan bahan aditif semen. Penurunan indeks plastisitas tanah dimana IP tanah asli 26,553% bila dicampur dengan 10 % kadar semen IP menjadi 4,577%. Penurunan nilai

no	judul	tahun	nama	metode	kesimpulan
----	-------	-------	------	--------	------------

www.itk.ac.id

PI tersebut dapat mengurangi potensi pengembangan dan penyusutan tanah.

Dari hasil uji pemadatan dengan proctor standar diperoleh nilai  $\gamma_{dr}$  maks = 1.23 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 37,5%. Penambahan semen dengan variasi penambahan sebesar 5%, 10%, 15%, dan 20% yang mengisi rongga pori tanah telah meningkatkan  $\gamma_{dr}$  maks masing-masing menjadi 1,262 g/cm<sup>3</sup> , 1,291 g/cm<sup>3</sup> , 1,319 g/cm<sup>3</sup> dan 1,35 g/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum sebesar 36.65 % , 34.98 % , 34 % , 32.9 %.

Penambahan semen telah meningkatkan nilai daya dukung tanah secara signifikan. Nilai CBR semakin naik seiring dengan penambahan semen, dimana nilai CBR tanah asli sebesar 8.204%. Terjadinya peningkatan nilai CBR pada campuran optimum 20% semen dengan waktu pemeraman 3 hari dengan nilai CBR 64,138 %.

3 STABILISASI TANAH DASAR DENGAN PENAMBAHAN SEMEN DAN RENOLITH

2007 Rachmad Basuki, Machsus, Wihayudini Diah M

Pengujian tanah dengan kuat tekan bebas, standar proctor, dan CBR

Dengan pengujian kuat tekan bebas, nilai campuran tanah Sidoarjo – Krian dengan penambahan 9 % semen dan 5 % renolit serta 11 % semen dan 5 % renolit dengan masa pemeraman 21 dan 28 hari menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan Lapis pondasi semen tanah ( di atas 20 – 35 kg/cm<sup>2</sup>, Buku Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2000 ). Kuat tekan Bebas tanah dengan pemeraman kurang dari 28 hari masih menunjukkan peningkatan yang tidak beraturan.

Pada percobaan Standart Proctor didapat harga kadar air. Tanah asli kadar airnya 21.860 %, dengan variasi yang telah di sebutkan kadar airnya mengalami penurunan, untuk variasi 11 % semen kadar air dapat di turunkan menjadi 19.410 %. Hal ini disebabkan karena renolit dapat mengikat air

www.itk.ac.id

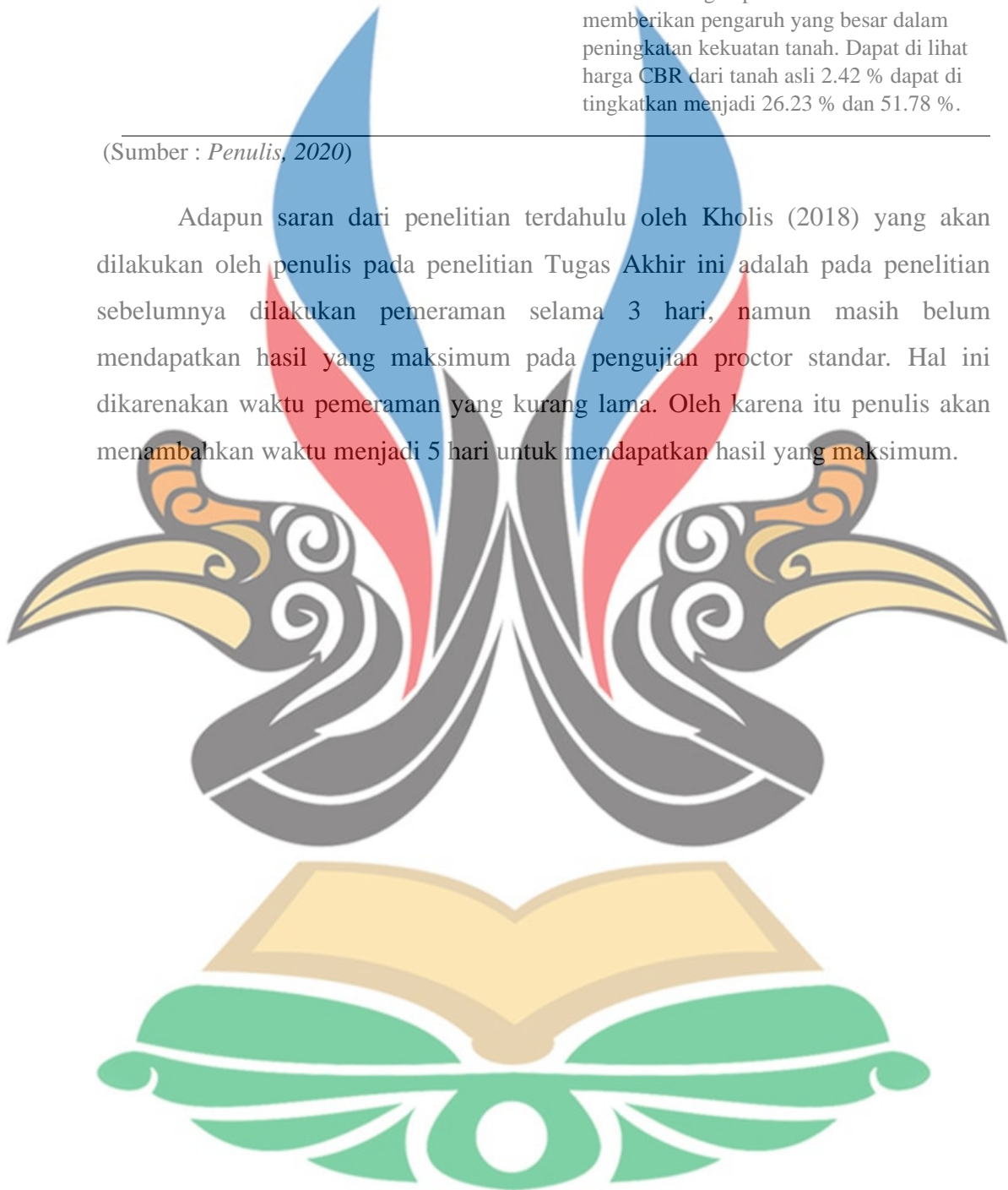
no	judul	tahun	nama	metode	kesimpulan
----	-------	-------	------	--------	------------

www.itk.ac.id

CBR dengan variasi yang telah disebutkan mengalami peningkatan, terutama untuk variasi 9 % semen serta 11 % semen dan 5 % renolit dengan pemeraman 28 hari memberikan pengaruh yang besar dalam peningkatan kekuatan tanah. Dapat di lihat harga CBR dari tanah asli 2.42 % dapat di tingkatkan menjadi 26.23 % dan 51.78 %.

(Sumber : Penulis, 2020)

Adapun saran dari penelitian terdahulu oleh Kholis (2018) yang akan dilakukan oleh penulis pada penelitian Tugas Akhir ini adalah pada penelitian sebelumnya dilakukan pemeraman selama 3 hari, namun masih belum mendapatkan hasil yang maksimum pada pengujian proctor standar. Hal ini dikarenakan waktu pemeraman yang kurang lama. Oleh karena itu penulis akan menambahkan waktu menjadi 5 hari untuk mendapatkan hasil yang maksimum.



www.itk.ac.id