

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

Pada bab ini akan dibahas hasil pengujian yang telah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Flores. Sampel tanah yang digunakan berasal dari 6 lokasi yang berbeda. Pasir diambil dari dua wilayah yakni dari quari pasir Gunung Ia dan dari Pantai Nanganesa. Tanah lanau diambil belakang Kampus 1 Universitas Flores Jalan Sam Ratulangi dan dari Desa Tomberabu 1 KM 14 Ende, sedangkan untuk tanah lempung di ambil dari Desa Wolofeo Kecamatan Detusoko dan dari Desa Roworeke Kelurahan Rewarangga. Uji laboratorium yang dilakukan diantaranya untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis dari berbagai jenis tanah diatas.

4.1.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Jenis pengujian untuk menguji sifat fisik yang terdapat dalam tabel 4.5 adalah sebagai berikut :

4.1.1.1 Analisa Gradasi Butiran

Berikut ini adalah contoh perhitungan gradasi butiran untuk tanah Gunung Ia.

Apabila berat total sampel tanah yang diuji	= 1000 gr
berat tertahan pada saringan No.4	= 108,2 gr
dan berat tertahan pada saringan No.8	= 142,7 gr maka

$$a. \text{ Jumlah persentase tertahan} = \frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{berat total sampel}} \times 100\% \quad (2.14)$$

$$= \frac{142,7}{1000} \times 100$$

$$= 14,27 \%$$

$$b. \text{ Persentase kumulatif tertahan} = \% \text{ kumulatif tertahan} + \text{berat tertahan} \quad (2.15)$$

$$= 10,82 + 14,27$$

$$= 25,09 \%$$

$$c. \text{ Persentase kumulatif lolos} = 100\% - \% \text{ kumulatif tertahan} \quad (2.16)$$

$$= 100 \% - 25,09 \%$$

$$= 74,91 \%$$

Hasil pengujian gradasi butiran tanah yang lengkap untuk Gunung Ia dapat dilihat dalam tabel 4.1 berikut

Tabel 4.1 Pengujian Gradasi Butiran Pasir Gunung Ia

Ukuran Saringan		Jumlah Tertahan		Persentase Kumulatif	
Nomor	Diameter (mm)	Berat (gram)	Persentase (%)	Tertahan	Lolos
	9,500	0,00	0	0	100
4	4,760	108,20	10,82	10,82	89,180
8	2,360	142,70	14,27	25,09	74,910
10	2,000	34,20	3,42	28,51	71,490
20	0,850	174,20	17,42	45,93	54,070
40	0,425	143,70	14,37	60,30	39,700
60	0,250	104,60	10,46	70,76	29,240
100	0,149	98,90	9,89	80,65	19,350
200	0,075	49,40	4,94	85,59	14,410
PAN	0,0	144,10	14,41	100,00	0,000
Berat Total		1000			

Sumber :Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.

Fraksi penyusun tanah Gunung Ia terdiri atas :

Kerikil = tertahan pada saringan No.4

= 10,82 %

Pasir = lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.40

= (14,27 + 3,42 + 17,42 + 14,37) %

= 49,48 %

Lanau = lolos saringan No.40 dan tertahan pada saringan No.200

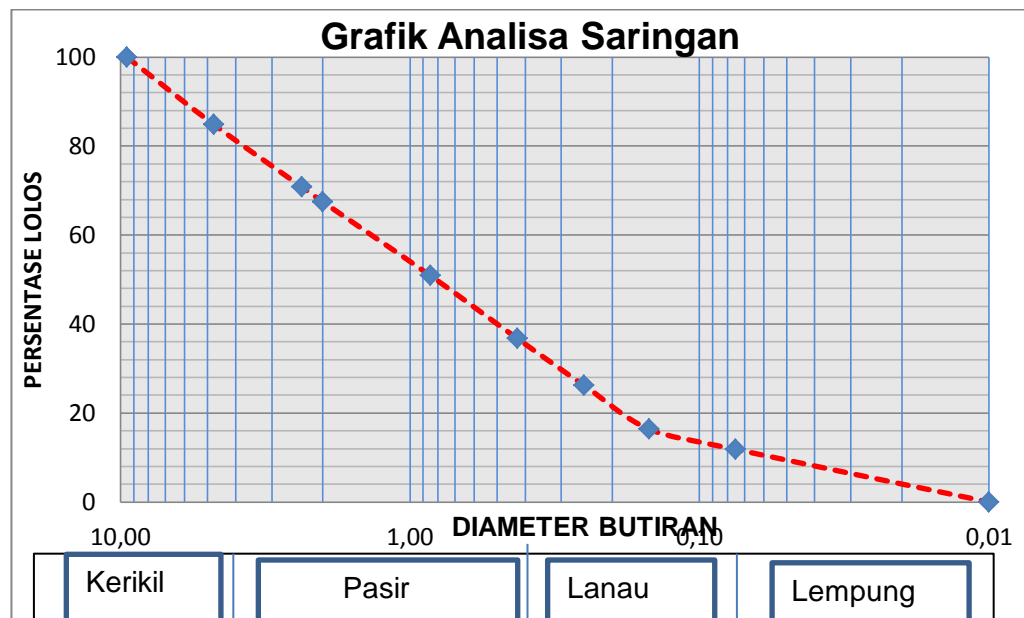
= (10,46 + 9,89 + 4,94)

= 25,29 %

Lempung = tertahan pada saringan No.200

= 14,41 %

Untuk hasil penyebaran fraksi pasir Gunung Ia dapat dilihat dalam Gambar grafik 4.1 berikut



Gambar 4.1 Grafik Analisa Saringan Pasir Gunung Ia

Untuk hasil pengujian gradasi butiran sampel dari lokasi Wolofeo, Roworeke, Kampus 1, Tomberabu 1, Pantai Nanganesa dapat dilihat pada Lampiran 4 sampai Lampiran 16.

4.1.1.2 Analisa Gravimetri - Volumetri

1. Gravimetri

Berikut ini hasil perhitungan gravimetri untuk pasir Gunung Ia yang terdapat dalam tabel 4.2.

Apabila berat kering, W_s = 200 gr
 dan temperatur pada saat pengujian, T = 31 °C
 faktor koreksi, K = 0,9983, maka

$$a. \text{ Specific gravity} = \frac{W_s}{(W_2 + W_s - W_3)} \quad (2.5)$$

$$= \frac{200}{(648,7 + 200 - 773,3)}$$

$$= 2,653$$

$$b. \text{ Specific gravity (GS)} = \text{Specific gravity} \times K$$

$$= 2,653 \times 0,9983$$

$$= 0,648.$$

Tabel 4.2 Pengujian Specific Gravity Pasir Gunung Ia

Spesific Gravity	Satuan	Percobaan
Nama Volumetri		Herma
Berat Volumetri	Gram	154,4
Berat Volumetri + Tanah (W_1)	Gram	354,4
Berat Volumetri + Air (W_2)	Gram	648,7
Berat Volumetri + Tanah + Air (W_3)	Gram	773,3
Berat Tanah Kering (W_s)	Gram	200
Temperatur Campuran (T)	C	31
Spesific Gravity		2,653
Faktor Koreksi (K)		0,9983
Spesific Gravity (GS)		2,648

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

2. Volumetri

Hasil analisa terhadap pengujian berat volume pasir Gunung Ia dapat dilihat dalam tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Pengujian Berat Volume Pasir Gunung Ia

NO	Berat Volume	Satuan	Nilai
1	Diameter Tabung	cm	7,07
2	Tinggi Tabung	cm	20
3	Volume Tabung	cm ³	784,76
4	Berat tabung + tanah + penutup	gram	1485,9
5	Berat tabung + penutup tanpa tanah	gram	129,5
6	Berat total tanah	gram	1356,4
7	Berat Volume Tanah	gram/cm ³	1,73

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Berikut ini hasil perhitungan gravimetri untuk pasir Gunung Ia yang terdapat dalam tabel 4.3

Jika :

$$\text{Diameter tabung, } D = 7,07 \text{ cm}$$

$$\text{tinggi tabung, } t = 20 \text{ cm}$$

$$\text{berat tabung + tanah + penutup (a) = 1485,9 gr}$$

$$\text{berat tabung + penutup tanpa tanah (b) = 129,5 gr \quad \text{maka :}$$

$$\begin{aligned} \text{a. Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 7,07^2 \\ &= 784,76 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Berat total tanah} &= a - b \\ &= 1485,9 - 129,5 \\ &= 1356,4 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Berat volume tanah} &= \frac{\text{berat total tanah, } x}{\text{volume tabung, } V} \quad (2.3) \\ &= \frac{1356,4}{784,76} \\ &= 1,73 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

4.1.1.3 Analisa Batas Konsistensi

1. Kadar Air (*Liquid Limit/LL*)

Hasil analisa terhadap pengujian kadar air pasir Gunung Ia dapat dilihat dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Tabel Pengujian Kadar Air Pasir Gunung Ia

Liquid Limit (LL)	Satuan	Jumlah Percobaan			
		1	2	3	4
Nomor Cawan		5	8	10	17
Jumlah Ketukan		14	18	30	42
Berat Cawan Kosong	gram	10,9	9,2	11	8,5
Berat Cawan + Tanah Basah	gram	25,4	22,6	23,2	24,5
Berat Cawan + Tanah Kering	gram	22,6	20,1	21,1	22,1
Berat Air	gram	2,8	2,5	2,1	2,4
Berat Tanah Kering	gram	11,7	10,9	10,1	13,6
Berat Tanah Basah	gram	14,5	13,4	12,2	16
Kadar Air Wc (LL)	%	23,93	22,94	20,79	17,65

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Berikut ini perhitungan batas cair (*liquid limit*) yang terdapat dalam tabel 4.4.

$$\text{Jika : berat cawan kosong (a)} = 8,5 \text{ gr}$$

$$\text{berat cawan + tanah basah (b)} = 25,4 \text{ gr}$$

$$\text{berat cawan + tanah kering (c)} = 22,6 \text{ gr maka}$$

$$\text{a. Berat air (Ww)} = b - c$$

$$= 25,4 - 22,6$$

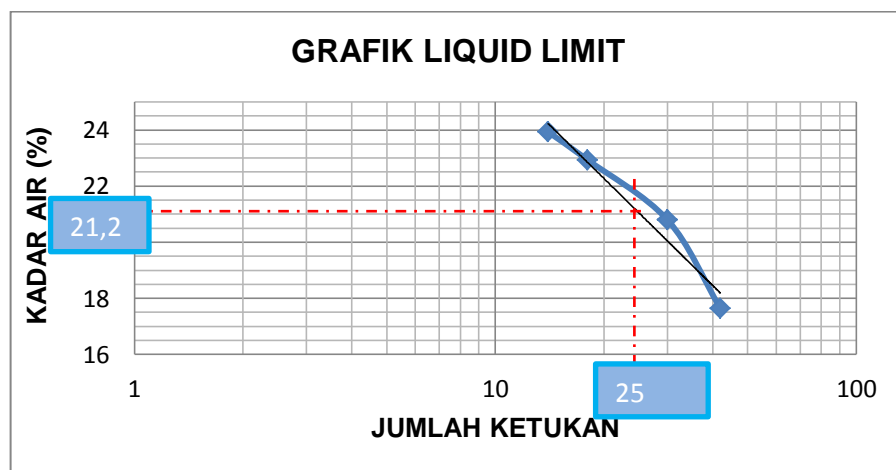
$$= 2,8 \text{ gr}$$

b. Berat tanah kering (W_s) = $c - a$
= $22,6 - 10,9$
= $11,7 \text{ gr}$

c. Berat tanah basah = $b - a$
= $25,4 - 8,5$
= $14,5 \text{ gr}$

d. Kadar air = $\frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$ (2.1)
= $\frac{2,8}{11,7} \times 100 \%$
= $23,93 \%$

Grafik perhitungan kadar air pasir Gunung Ia dapat dilihat dalam gambar 4.2 berikut



Gambar 4.2 Grafik Kadar Air Pasir Gunung Ia

Berdasarkan grafik diatas, maka Kadar Air (LL) pada ketukan ke - 25 adalah sebesar : 21,20 %

2. Batas Plasits (Plastic Limit/PL)

Batas plastis tanah pasir dianggap 0. Jadi PL = 0

3. Plastis Indeks (*Indeks Plastisitas*)

$$\begin{aligned}\text{Plastis Indeks} &= LL - PL \\ &= 21,20 - 0 \\ &= 21,20 \%\end{aligned}$$

Untuk pengujian gradasi butiran, gravimetri – volumetri dan batas konsistensi untuk sampel tanah dari lokasi lain dapat dilihat dalam tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Karakteristik Tanah

No	Jenis Pengujian	Satuan	Lokasi					
			Gunung la	Nanganesa	Kampus 1	Tomberabu 1	Roworeke	Wolofeo
1			Gradasi Butiran					
	Kerikil	%	10,82	2,24	4,31	7,82	0,08	0,16
	Pasir	%	49,48	54,40	30,85	29,69	5,76	7,89
	Lanau	%	25,29	41,00	41,30	38,48	43,10	35,62
	Lempung	%	14,41	2,36	23,54	24,01	51,06	56,33
2			Gravimetri – Volumetri					
	Berat Jenis (GS)	gr/cm ³	2,65	2,667	2,64	2,62	2,602	2,584
	Berat Volume (γ_t)	gr/cm ³	1,73	1,49	1,60	1,75	1,11	1,34
3			Batas Konsistensi					
	Batas Cair (LL)	%	21,20	27,50	31,80	24,10	36,40	46,20
	Batas Plastis (PL)	%	0,00	0,00	7,50	22,48	28,18	27,27
	Indeks Plastisitas (PI)	%	21,20	27,50	24,30	1,62	8,22	18,93

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah :2020*

4.1.2 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

4.1.2.1 Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan sampel tanah dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kadar air optimum (w_{opt}) dengan kepadatan tanah kering maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$).

1. Tanah Kampus 1

Tabel 4.6 Analisa Pengujian Pemadatan Tanah Standar

Pemadatan Standar	Satuan	Jumlah Percobaan					
		1	2	3	4	5	6
Nomor Cawan		2	17	21	28	90	93
Berat Cawan Kosong (a)	gram	10,2	10,9	11	9,2	8,3	8,5
Berat Cawan + Tanah Basah (b)	gram	78,9	75,7	66,6	57,9	69,8	69,5
Berat Cawan + Tanah Kering (c)	gram	76,6	72,7	61,9	52,4	60,8	59,1
Berat Air (Ww)	gram	2,3	3	4,7	5,5	9	10,4
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	66,4	61,8	50,9	43,2	52,5	50,6
Kadar Air (Wc)	%	3,46	4,85	9,23	12,73	17,14	20,55
Berat Silinder	gram	3029	3029	3029	3029	3029	3029
Diameter Silinder	cm	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
Tinggi Silinder	cm	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2	11,2
Volume Silinder	cm ³	914,72	914,72	914,72	914,72	914,72	914,72
Berat Silinder + tanah + rojokan	gram	4327	4395	4578	4685	4787	4814
Kebutuhan Air	ml	0	100	200	300	400	500
Berat Volume Tanah Basah (γ_t)	gr/cm ³	1,42	1,49	1,69	1,81	1,92	1,95
Berat Volume Tanah Kering (γ_d)	gr/cm ³	1,37	1,42	1,55	1,61	1,64	1,62

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Perhitungan nilai yang terdapat dalam tabel 4.6 untuk percobaan 1 yang diberi warna biru adalah sebagai berikut :

$$a. W_w = b - c$$

$$W_w = 78,9 - 76,6$$

$$= 2,3 \text{ gr}$$

$$b. W_s = c - a$$

$$W_s = 76,6 - 10,2$$

$$= 66,4 \text{ gr}$$

$$c. \omega = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$= \frac{2,3}{66,4} \times 100\%$$

$$= 3,46 \%$$

$$d. \gamma_w = \frac{(W_x - W_{\text{silinder}})}{V_{\text{silinder}}} = \frac{W}{V} \quad (2.3)$$

$$= \frac{(4327 - 3029)}{914,72}$$

$$= 1,419$$

$$= 1,42 \text{ gr/cm}^3$$

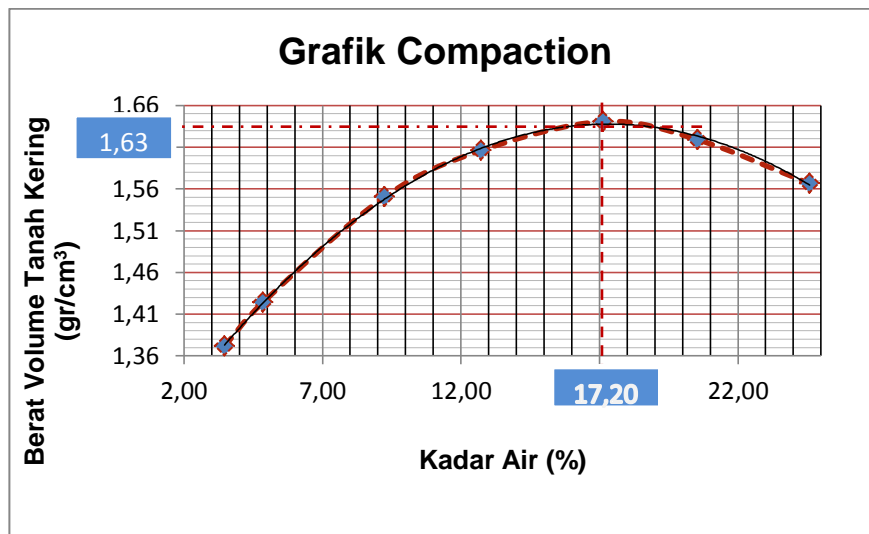
$$e. \gamma_d = \frac{\gamma_w}{1 + \left(\frac{\omega}{100}\right)} \quad (2.4)$$

$$= \frac{1,42}{1 + \left(\frac{3,46}{100}\right)}$$

$$= 1,37 \text{ gr/cm}^3$$

Untuk hasil percobaan tanah Kampus selanjutnya dapat dilihat dalam tabel 4.6.

Grafik hasil analisa uji pemadatan tanah Kampus 1 terdapat dalam Gambar 4.3 berikut.

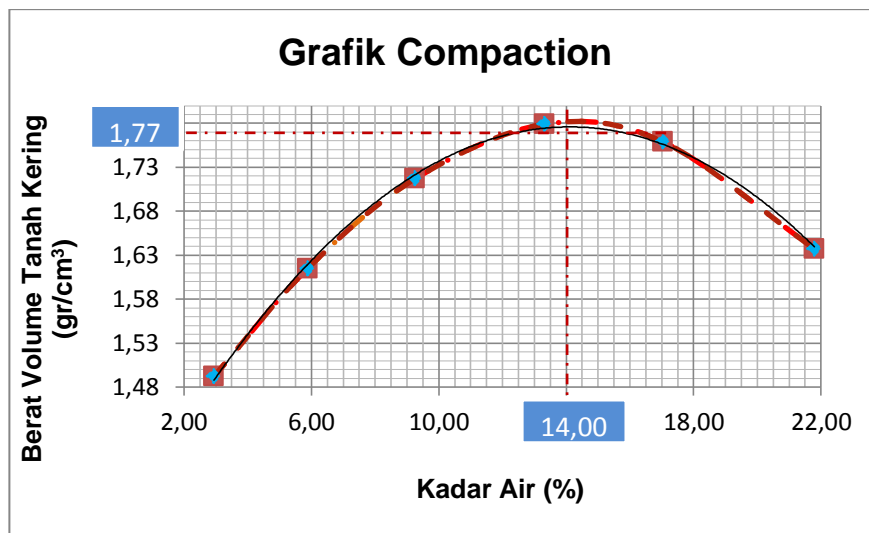


Gambar 4.3 Grafik Uji Kepadatan Tanah Kampus 1

Berdasarkan gambar tersebut berat volume tanah kering 1,635 gr/cm³ dan Kadar air optimum sebesar 17,20 %.

2. Tanah Tomberabu 1

Hasil analisa uji pemadatan tanah Tomberabu 1 terdapat dalam Gambar 4.4 berikut.

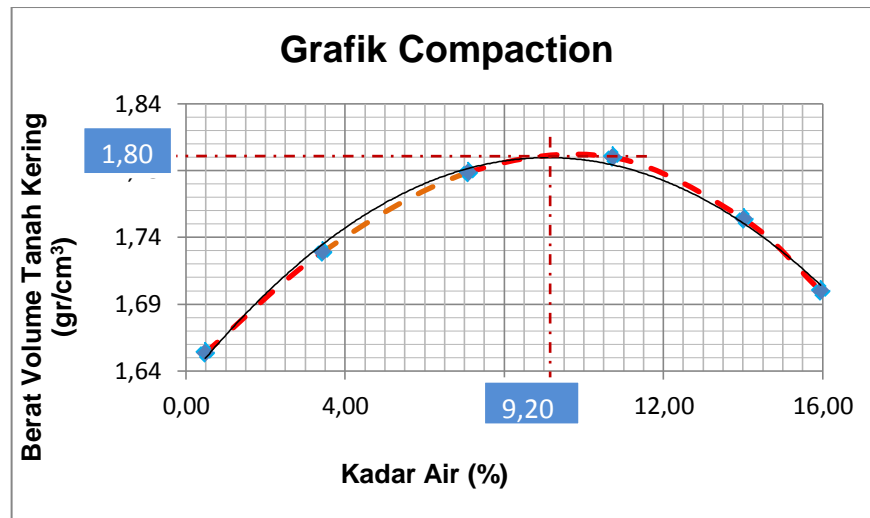


Gambar 4.4 Grafik Uji Kepadatan Tanah Tomberabu 1

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,77 gr/cm³ dan Kadar air optimum sebesar 14 %.

3. Pasir Gunung Ia

Hasil analisa uji pematatan pasir Gunung Ia terdapat dalam Gambar 4.5 berikut.

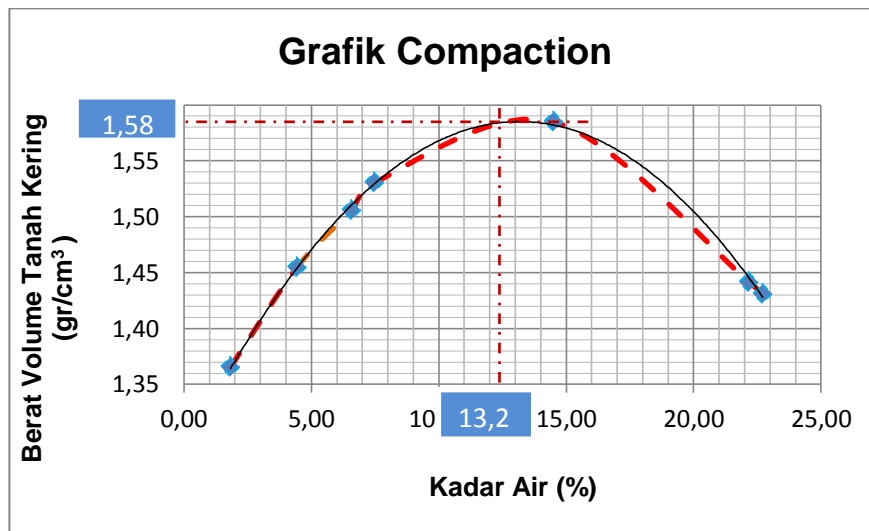


Gambar 4.5 Grafik Uji Kepadatan Pasir Gunung Ia

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,80 gr/cm³ dan kadar air optimum sebesar 9,20 %.

4. Pasir Nanganesa

Hasil analisa uji pematatan tanah pasir Nanganesa terdapat dalam Gambar 4.6 berikut.

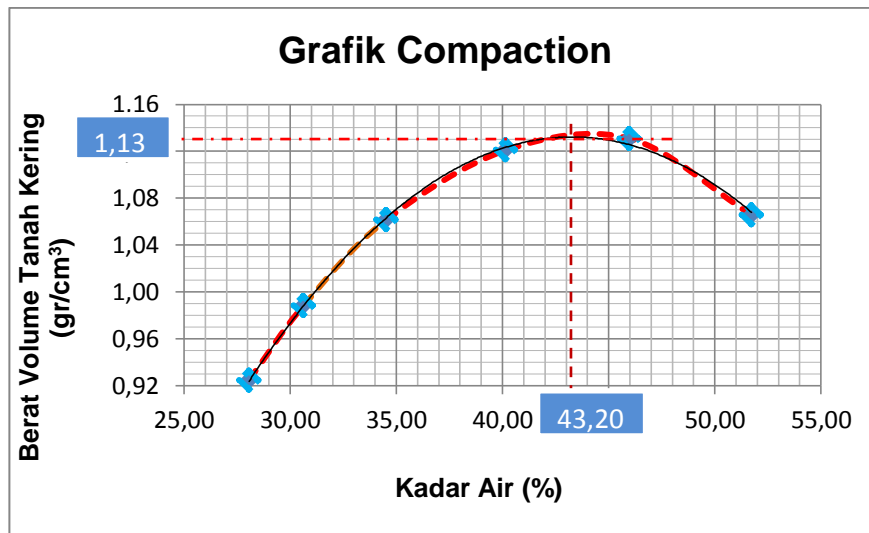


Gambar 4.6 Grafik Uji Kepadatan Pasir Nanganesa

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,582 gr/cm³ dan Kadar air optimum sebesar 13,2 %.

5. Tanah Roworeke

Hasil analisa uji pematatan tanah Roworeke terdapat dalam Gambar 4.7 berikut.

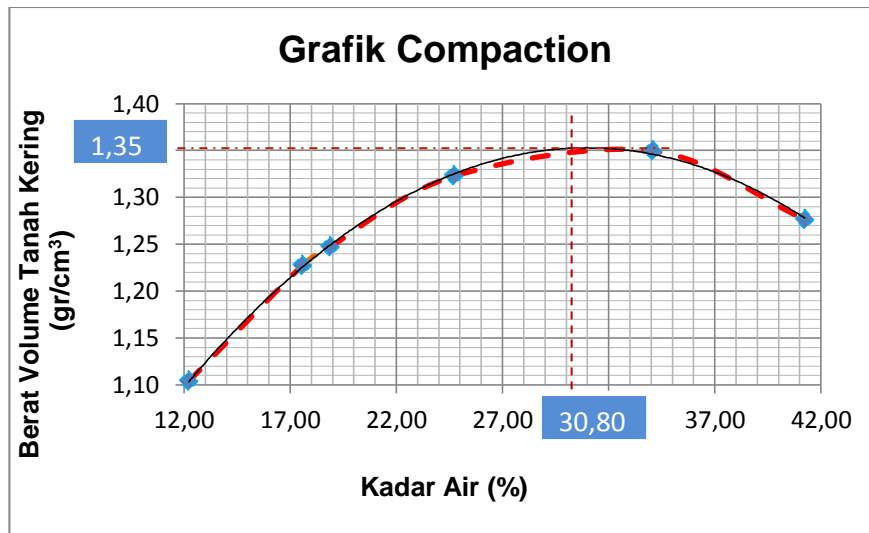


Gambar 4.7 Grafik Uji Kepadatan Tanah Roworeke

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,130 gr/cm³ dan Kadar air optimum sebesar 43,20 %.

6. Tanah Wolofeo Detusoko

Hasil analisa uji pemadatan tanah Wolofeo terdapat dalam Gambar 4.8 berikut.

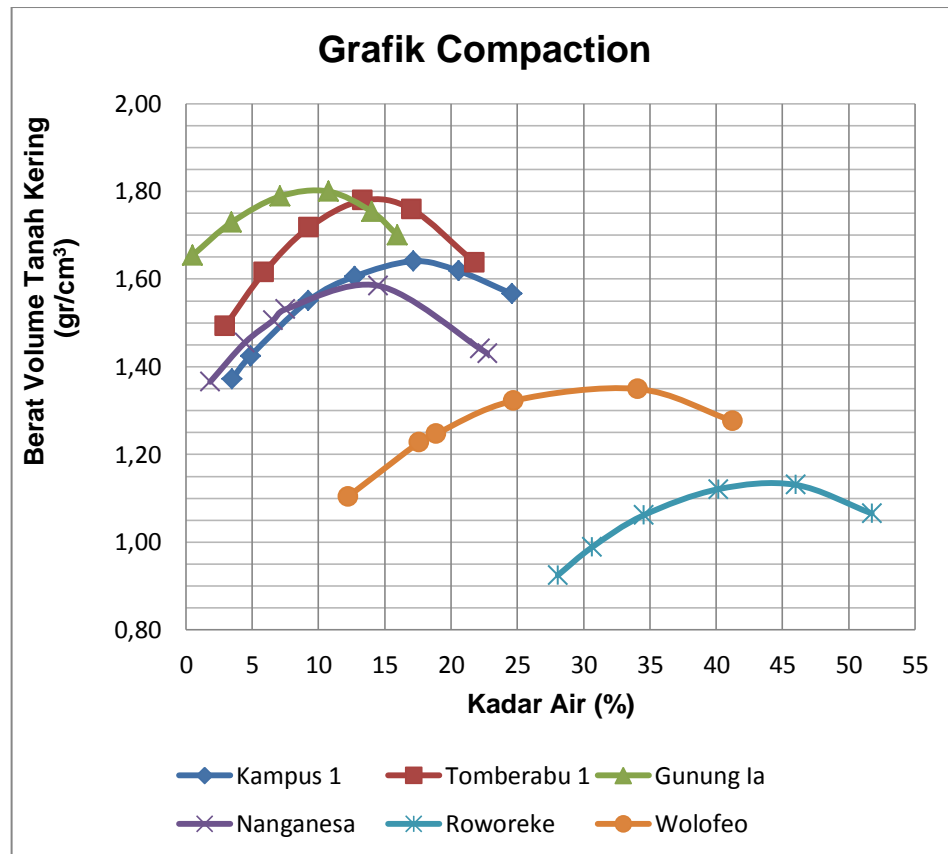


Gambar 4.8 Grafik Uji Kepadatan Tanah Detusoko

Berdasarkan gambar tersebut diperoleh berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,355 gr/cm³ dan Kadar air optimum sebesar 30,80 %.

7. Trendline Uji Pemadatan Tanah

Trenline pengujian pemadatan tanah dapat dilihat dalam gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Grafik Trendline Uji Pemadatan Tanah

Berdasarkan gambar 4.9 menunjukkan bahwa dari enam lokasi tersebut yang mengalami pemadatan paling maksimal adalah pasir gunung Ia dengan berat volume tanah kering 1,80 gr/cm³.

4.1.2.2 Pengujian Permeabilitas Tanah

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah. Dalam pengujian ini dilakukan uji koefisien permeabilitas tanah dalam kondisi asli dan dalam kepadatan tanah maksimal.

1. Permeabilitas Tanah Kondisi Asli

Dalam pengujian permeabilitas ini, sampel tanah yang digunakan adalah tanah tak terganggu (*undisturbed soil*) dimana sampel diambil menggunakan tabung sehingga keadaan asli tanah tetap dipertahankan. Semua sampel tanah dilakukan pengujian menggunakan *constant head*. Dalam tabel 4.7 berikut nilai koefisien permeabilitas diperoleh menggunakan persamaan 2.11

yakni $k = \frac{(Q \times L)}{(h \times A \times t)}$, dimana ;

k = koefisien permeabilitas tanah (cm/jam)

Q = banyaknya air yang terkumpul dalam satuan waktu tertentu (ml)

L = tinggi tanah dalam tabung sampel permeabilitas/panjang lintasan air dalam tabung sampel permeabilitas (cm)

h = tinggi permukaan air dari tabung permeabilitas (cm)

A = luas permukaan tabung sampel permeabilitas (cm²)

t = lama waktu yang diperlukan untuk mengumpulkan air (jam)

Tabel 4.7 Permeabilitas Tanah Kondisi Asli

Lokasi	L (cm)	h (cm)	A (cm²)	t (jam)	Q (ml)	q (ml/jam)	k (cm/jam)	k rata- rata (cm/jam)	Kelas Permeabilitas
Tomberabu 1	9,3	65	30,191	0,167	21	126	0,60	0,6	Agak Lambat
	9,3	65	30,191		20	120	0,57		
	9,3	65	30,191		21	126	0,60		
	9,3	65	30,191		21	126	0,60		
	9,3	65	30,191		20	120	0,57		
Nanganesa	5,5	60	30,191	0,050	38	760	2,31	2,37	Sedang
	5,5	60	30,191		41	820	2,49		
	5,5	60	30,191		39	780	2,37		
	5,5	60	30,191		39	780	2,37		
	5,5	60	30,191		38	760	2,31		
Gunung Ia	5,7	75	30,191	0,050	50	1000	2,52	2,54	Sedang
	5,7	75	30,191		50	1000	2,52		
	5,7	75	30,191		51	1020	2,57		
	5,7	75	30,191		50	1000	2,52		
	5,7	75	30,191		51	1020	2,57		

Kampus 1	6,3	60	30,191	0,083	21	252	0,88	0,87	Agak Lambat
	6,3	60	30,191		22	264	0,92		
	6,3	60	30,191		20	240	0,83		
	6,3	60	30,191		21	252	0,88		
	6,3	60	30,191		20	240	0,83		
Roworeke	7,7	60	30,191	0,167	13	78	0,33	0,30	Lambat
	7,7	60	30,191		11	66	0,28		
	7,7	60	30,191		11	66	0,28		
	7,7	60	30,191		11	66	0,28		
	7,7	60	30,191		12	72	0,31		
Wolofeo	3,4	60	30,191	0,167	12	72	0,14	0,13	Lambat
	3,4	60	30,191		11	66	0,12		
	3,4	60	30,191		12	72	0,14		
	3,4	60	30,191		11	66	0,12		
	3,4	60	30,191		11	66	0,12		

Sumber :Laboratorium Mekanika Tanah, 2020

Perhitungan nilai yang terdapat dalam tabel 4.7 untuk percobaan di lokasi tanah Tomberabu 1 yang diberi warna biru adalah sebagai berikut :

Panjang lintasan air dalam sampel, L	= 9,3 cm.
Diameter tabung, D	= 6,2 cm.
Ketinggian air dari tabung sampel, h	= 65 cm.
Banyak air yang terkumpul, Q	= 21 ml = 21 cm ³

Maka :

$$\begin{aligned} \text{a. } A &= r^2 \\ &= 3,14 \times 3,1^2 = 30,191 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } t &= 10 \text{ menit} \\ &= 10/60 \\ &= 0,167 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. } q &= \frac{Q}{t} \\ &= \frac{21}{0,167} \\ &= 125,7 \\ &= 126 \text{ ml/jam} \end{aligned}$$

$$\text{d. } k = \frac{(Q \times L)}{(h \times A \times t)} \quad (2.11)$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ ml} &= 1 \text{ cm}^3 \\ &= \frac{(21 \text{ cm}^3 \times 9,3 \text{ cm})}{(65 \text{ cm} \times 30,191 \text{ cm}^2 \times 0,167 \text{ jam})} \\ &= \frac{(21 \text{ cm}^3 \times 9,3 \text{ cm})}{(1962,41 \text{ cm}^3 \times 0,167 \text{ jam})} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{195,3 \text{ cm}}{327,72 \text{ jam}} \\ &= 0,59 \text{ cm/jam} \\ &= 0,6 \text{ cm/jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel 4.7 diatas yang memiliki koefisien permeabilitas (k) tercepat adalah pasir gunung la dengan nilai rata-rata 2,54 cm/jam, sedangkan sampel yang memiliki nilai k terlambat adalah tanah lempung anorganik Wolofeo dengan nilai rata-rata 0,13 cm/jam.

2. Permeabilitas Tanah Kepadatan Maksimal

Dalam pengujian permeabilitas ini, sampel tanah yang digunakan adalah tanah terganggu (*disturbed soil*) yang telah dilakukan uji pemadatan terlebih dahulu sehingga diperoleh nilai kepadatan tanah kering maksimum ($\gamma_{d_{max}}$) dan kadar air optimum (ω_{opt}) Semua sampel tanah dilakukan pengujian menggunakan *constant head*. Hasil pengujiannya dapat dilihat dalam tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.8 Permeabilitas Tanah Kepadatan Maksimal

Lokasi	Ws ($\pi d \times V$)	Ws	Ww (Ws $\times \omega_{opt}$)	L (cm)	h (cm)	A (cm ²)	t (jam)	Q (ml)	q (ml/jam)	k (cm/jam)	k rata- rata	Kelas Permeabilitas
Roworeke (Lanau anorganik)	941,55	1000	432,00	10,4	144	80,118	0,083	11	132	0,12	0,12	Lambat
				10,4	144	80,118		10	120	0,11		
				10,4	144	80,118		12	144	0,13		
				10,4	144	80,118		12	144	0,13		
				10,4	144	80,118		11	132	0,12		
Wolofeo (Lanau anorganik)	1129,03	1200	369,6	10,4	144	80,118	0,167	12	72	0,06	0,06	Sangat Lambat
				10,4	144	80,118		11	66	0,06		
				10,4	144	80,118		11	66	0,06		
				10,4	144	80,118		12	72	0,06		
				10,4	144	80,118		12	72	0,06		
Pantai Nanganesa (Pasir berkerikil)	1318,17	1400	184,8	10,4	144	80,118	0,083	30	360	0,32	0,31	Lambat
				10,4	144	80,118		28	336	0,30		
				10,4	144	80,118		28	336	0,30		
				10,4	144	80,118		29	348	0,31		
				10,4	144	80,118		30	360	0,32		
Kampus 1	1476,49	1500	210	10,4	144	80,118	0,083	20	240	0,22	0,22	Lambat

(Pasir halus				10,4	144	80,118		21	252	0,23		
berlanau)				10,4	144	80,118		20	240	0,22		
				10,4	144	80,118		20	240	0,22		
				10,4	144	80,118		19	228	0,21		
Tomberabu 1	1362,33	1400	240,8	10,4	144	80,118	0,100	22	220	0,20	0,19	Sedang
(Pasir halus				10,4	144	80,118		21	210	0,19		
berlanau)				10,4	144	80,118		22	220	0,20		
				10,4	144	80,118		22	220	0,20		
				10,4	144	80,118		20	200	0,18		
Gunung la	1499,82	1500	138	10,4	144	80,118	0,083	42	504	0,45	0,45	Sedang
(Pasir halus				10,4	144	80,118		41	492	0,44		
berlanau)				10,4	144	80,118		42	504	0,45		
				10,4	144	80,118		41	492	0,44		
				10,4	144	80,118		41	492	0,44		

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Perhitungan nilai yang terdapat dalam tabel 4.8 untuk percobaan di lokasi Roworeke yang diberi warna biru adalah sebagai berikut :

Jika,

γ_{dmaks} hasil compaction	= 1,13.gr/cm ³
ω_{opt} hasil compaction	= 43,20 % = 0,432.
Panjang lintasan air dalam sampel, L	= 10,4 cm.
Diameter tabung, D	= 10,1 cm.
Tinggi tabung, t_2	= 11,6 cm.
Tebal 2 batu pori, t_1	= 1,2 cm.
Ketinggian air dari tabung sampel, h	= 144 cm.
Banyak air yang terkumpul, Q	= 11 ml = 11 cm ³

Maka :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Volume tabung} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times (t_2 - t_1) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10,1^2 \times (11,6 - 1,2) \\
 &= 833,23 \text{ cm}^3 \\
 \text{b. Berat tanah yang dibutuhkan, } W_s &= \gamma_{dmaks} \times V \text{ tabung} \\
 &= 1,13 \times 833,23 \\
 &= 941,55 \text{ gr} \\
 &\longrightarrow = 1000 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Berat air yang dibutuhkan, } W_w &= W_s \times \omega_{\text{opt}} \\
 &= 1000 \times 0,43 \\
 &= 430 \text{ gr.} \\
 \\
 \text{d. } A &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10,1^2 \\
 &= 80,118 \text{ cm}^2 \\
 \\
 \text{e. } t &= 5 \text{ menit} \\
 &= \frac{5}{60} \\
 &= 0,083 \text{ jam} \\
 \\
 \text{f. } q &= \frac{Q}{t} \\
 &= \frac{11}{0,083} \\
 &= 132 \text{ ml/jam} \\
 \\
 \text{g. } k &= \frac{(Q \times L)}{(h \times A \times t)} \quad (2.11) \\
 &= \frac{(11 \text{ cm}^3 \times 10,4 \text{ cm})}{(144 \text{ cm} \times 80,118 \text{ cm}^2 \times 0,083 \text{ jam})} \\
 &= \frac{(11 \text{ cm}^3 \times 10,4 \text{ cm})}{(11536,99 \text{ cm}^3 \times 0,083 \text{ jam})} \\
 &= 0,119 \\
 &= 0,12 \text{ cm/jam}
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian permeabilitas tanah kondisi kepadatan maksimal untuk lokasi lainnya dapat dilihat pada tabel 4.8 diatas.

Berdasarkan tabel 4.8 diatas, sampel tanah yang telah memperoleh nilai berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d_{max}}$) mengalami penurunan nilai koefisien permeabilitas dibandingkan nilai koefisien permeabilitas tanah kondisi asli. Sampel yang memperoleh nilai koefisien permeabilitas tercepat adalah pasir gunung la dengan nilai rata-rata 0,45 cm/jam dan mengalami penurunan sebesar 2,09 cm/jam. Dan sampel yang memiliki koefisien permeabilitas terlambat adalah tanah lempung anorganik Wolofeo dengan nilai rata-rata 0,06 cm/jam dan mengalami penurunan sebesar 0,07 cm/jam.

3. Hubungan Nilai Kepadatan Tanah Dan Koefisien Permeabilitas

Hubungan nilai kepadatan tanah dan koefisien permeabilitas tanah dapat dilihat dalam tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Hubungan Kepadatan Tanah dan Koefisien Permeabilitas

Lokasi	Koefisien Permeabilitas Tanah	
	Kondisi Asli	Kepadatan Maksimal
Gunung la	0,6	0,45
Nanganesa	2,37	0,31
Kampus 1	0,87	0,22
Tomberabu1	2,54	0,19
Roworeke	0,30	0,12
Wolofeo	0,13	0,06

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.

Berdasarkan tabel 4.9 diatas pada saat tanah dalam kondisi asli nilai koefisien permeabilitasnya (k) tinggi tapi setelah dilakukan pemadatan berdasarkan nilai ($\gamma_{d_{max}}$) nilai k mengalami penurunan. Jadi semakin padat tanah maka laju aliran air makin kecil dan nilai k pun kecil.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Klasifikasi Tanah

Setelah dilakukan penelitian dan analisa dari tiga jenis tanah yang diambil dari enam lokasi yang berbeda, maka klasifikasi tanah tersebut menurut AASHTO dan USCS

4.2.1.1 Gunung Ia

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa pasir Gunung Ia tergolong pasir berlanau atau berlempung dan termasuk dalam sub kelompok A-2-6 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar 14,41% atau < 35% dengan PI sebesar 21,20% atau $\geq 11\%$ dan tingkatan umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik.

b. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa pasir Gunung Ia termasuk dalam kategori fraksi kasar dengan persentase tertahan pada saringan No.200 sebesar $85,59\% \geq 50\%$ dan termasuk dalam kategori SM pasir halus berlanau karena $>12\%$ lolos saringan No. 200 atau sebesar $14,41\%$.

4.2.1.2 Nanganesa

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa pasir Pantai Nanganesa tergolong pasir berlanau atau berlempung dan termasuk dalam sub kelompok A-2-6 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar $2,36\%$ atau $< 35\%$ dengan PI sebesar $27,50\%$ atau lebih dari ≥ 11 dan tingkatan umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik.

b. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa pasir Pantai Nanganesa termasuk dalam kategori fraksi kasar dengan persentase tertahan pada saringan No.200 sebesar $97,64\% \geq 50\%$ dan termasuk dalam kategori SW pasir berkerikil dengan gradasi baik karena $\leq 5\%$ lolos saringan No.200. atau sebesar $2,36\%$.

4.2.1.3 Kampus 1

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa tanah Kampus 1 tergolong pasir berlanau atau berlempung dan termasuk dalam sub kelompok A-2-6 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar 23,54% atau $< 35\%$ dengan PI sebesar 24,30% atau ≥ 11 dan tingkatan umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik.

b. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa tanah Kampus 1 termasuk dalam kategori fraksi kasar dengan persentase tertahan pada saringan No.200 sebesar 76,46% $\geq 50\%$ dan termasuk dalam kategori SM pasir halus berlanau karena $> 12\%$ lolos saringan No.200. atau sebesar 23,54%.

4.2.1.4 Tomberabu 1

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa pasir Pantai Nangesa tergolong pasir berlanau atau berlempung dan termasuk dalam sub kelompok A-2-4 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar 24,01% atau $< 35\%$ dengan PI sebesar 1,62% atau lebih dari

≤ 10 dan tingkatan umum sebagai tanah dasar sangat baik sampai baik.

c. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa tanah Kampus 1 termasuk dalam kategori fraksi kasar dengan persentase tertahan pada saringan No.200 sebesar $75,99\% \geq 50\%$ dan termasuk dalam kategori SM pasir halus berlanau karena $> 12\%$ lolos saringan No.200. atau sebesar 24,01%.

4.2.1.5 Roworeke

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa tanah Roworeke tergolong tanah berlanau dan termasuk dalam sub kelompok A-4 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar 51,06% atau $> 35\%$ dengan PI sebesar 7,32% atau ≤ 10 dan tingkatan umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.

b. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa tanah Roworeke termasuk dalam kategori fraksi berbutir halus karena $\geq 50\%$ tertahan saringan No.200 sebesar 51,06%

dan termasuk dalam kategori ML lanau anorganik dengan plastisitas rendah dan nilai batas cair 38% atau ≤ 50 .

4.2.1.6 Wolofeo

a. Menurut AASHTO

Berdasarkan tabel 2.3 sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO bahwa tanah Wolofeo tergolong tanah berlempung dan termasuk dalam sub kelompok A-7-6 dengan persentase lolos saringan No.200 sebesar 56,33% atau $> 35\%$ dengan PI sebesar 18,93% atau ≥ 10 serta PL sebesar 27,27% atau < 30 dan tingkatan umum sebagai tanah dasar buruk.

b. Menurut USCS

Berdasarkan tabel 2.2 sistem klasifikasi tanah menurut USCS bahwa tanah Wolofeo termasuk dalam kategori fraksi berbutir halus karena $\geq 50\%$ tertahan saringan No.200 sebesar 56,33% dan termasuk dalam kategori ML pasir halus berlanau atau berlempung dengan batas cair 46,20% ≤ 50 .

Berdasarkan hasil pembahasan klasifikasi tanah diatas, maka rangkuman klasifikasi tanah dari 6 lokasi dapat dilihat dalam tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Klasifikasi Tanah

Lokasi	Klasifikasi	
	AASHTO	USCS
Gunung Ia	Kelompok A-2-6	SM (pasir halus berlanau
Nanganesa	Kelompok A-2-6	SW (pasir berkerikil)
Kampus 1	Kelompok A-2-6	SM (pasir halus berlanau
Tomberabu 1	Kelompok A-2-4	SM (pasir halus berlanau
Roworeke	Kelompok A-4	ML (lanau anorganik)
Wolofeo	Kelompok A-7-6	ML (lanau anorganik)

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

4.2.2 Kepadatan Relatif (Relatif Compaction / R_c)

Setelah dilakukan analisa terhadap berat volume tanah asli dan berat volume kering tanah hasil pemadatan, maka nilai kepadatan relatif suatu tanah pun dapat diketahui. Adapun beberapa dimensi yang perlu diketahui untuk mencari nilai Kepadatan relative adalah sebagai berikut :

$\gamma_d \text{ max}$ = berat volume kering maskimal tanah setelah dilakukan pemadatan.

$\gamma_d \text{ min}$ = berat volume kering minimal tanah setelah dilakukan pemadatan.

γ_d = berat volume kering tanah dalam kondisi asli.

R_c = perbandingan berat volume kering kondisi yang ada dengan berat volume kering maksimal.

Tabel 4.11 Kepadatan Relatif Tanah

Kepadatan Relatif	Lokasi					
	Gunung la	Nang anesa	Kamp us 1	Tomber abu 1	Rowor eke	Wolo feo
Berat Volume Tanah Kering Asli (γ) (gr/cm ³)	1,73	1,49	1,60	1,75	1,11	1,34
Berat Volume Tanah Kering ($\gamma_{d_{max}}$) (gr/cm ³)	1,80	1,58	1,64	1,79	1,13	1,35
Berat Volume Tanah Kering ($\gamma_{d_{min}}$) (gr/cm ³)	1,65	1,37	1,37	1,49	0,92	1,10
Kepadatan Relatif (Rc) (%)	55,49	60,59	87,31	88,65	92,11	96,72

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Contoh perhitungan nilai kepadatan relative tanah tanah Gunung la yang terdapat dalam tabel 4.11 adalah sebagai berikut :

$$\gamma = 1,73 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{d_{max}} = 1,80 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_{d_{min}} = 1,65 \text{ gr/cm}^3$$

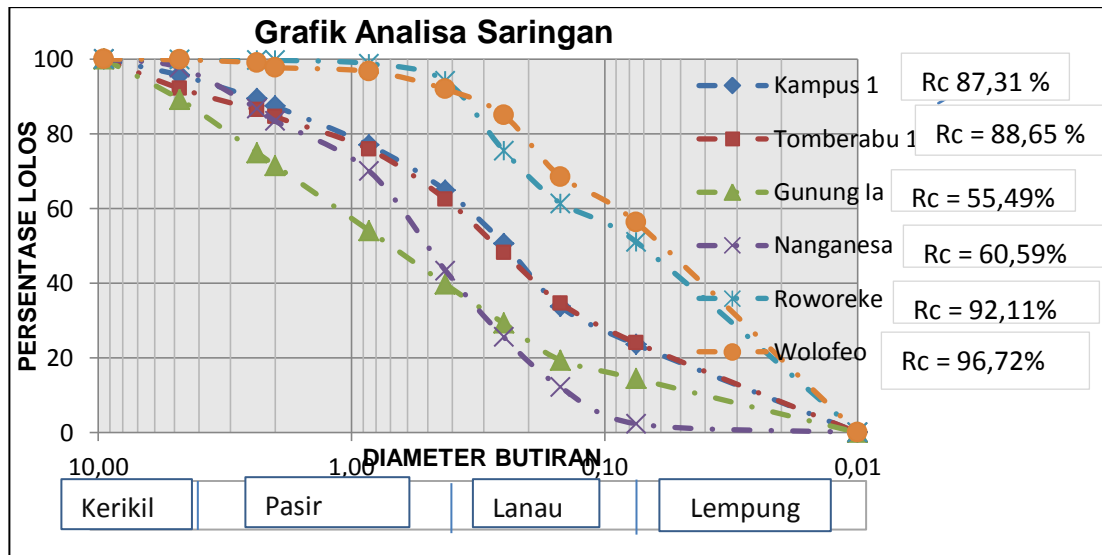
$$Rc = \left[\frac{\gamma_{d_{max}}}{\gamma_d} \right] \times \left[\frac{(\gamma_d - \gamma_{d_{min}})}{(\gamma_{d_{max}} - \gamma_{d_{min}})} \right] \times 100\% \quad (2.6)$$

$$= \left[\frac{1,80}{1,73} \right] \times \left[\frac{(1,73 - 1,65)}{(1,80 - 1,65)} \right]$$

$$= 55 \%$$

4.2.3 Hubungan antara Gradasi dan Kepadatan Relatif

Hubungan antara gradasi dan kepadatan relatif dapat dilihat dalam gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Gradasi dan Kepadatan Relatif

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Berdasarkan gambar diatas, pada saat tanah banyak mengandung fraksi kasar (kerikil dan pasir) seperti yang ditunjukkan grafik gradasi butiran tanah Gunung Ia, nilai kepadatan relatif (R_c) tanah menurun, sedangkan pada saat tanah banyak mengandung fraksi halus (lanau dan lempung) nilai kepadatan relatif tanah meningkat. Hal ini terjadi karena butiran – butiran tanah fraksi halus lebih lebih baik dalam hal menutup pori – pori udara dibandingkan fraksi kasar. Semakin rapatnya pori – pori dalam tanah, maka kepadatan relatifnya pun semakin tinggi.

4.2.4 Hubungan antara Kecepatan Relatif dan Koefisien Permeabilitas

Kecepatan relatif sangat berpengaruh terhadap koefisien permeabilitas suatu tanah. Korelasi tersebut dapat dilihat dalam tabel 4.12

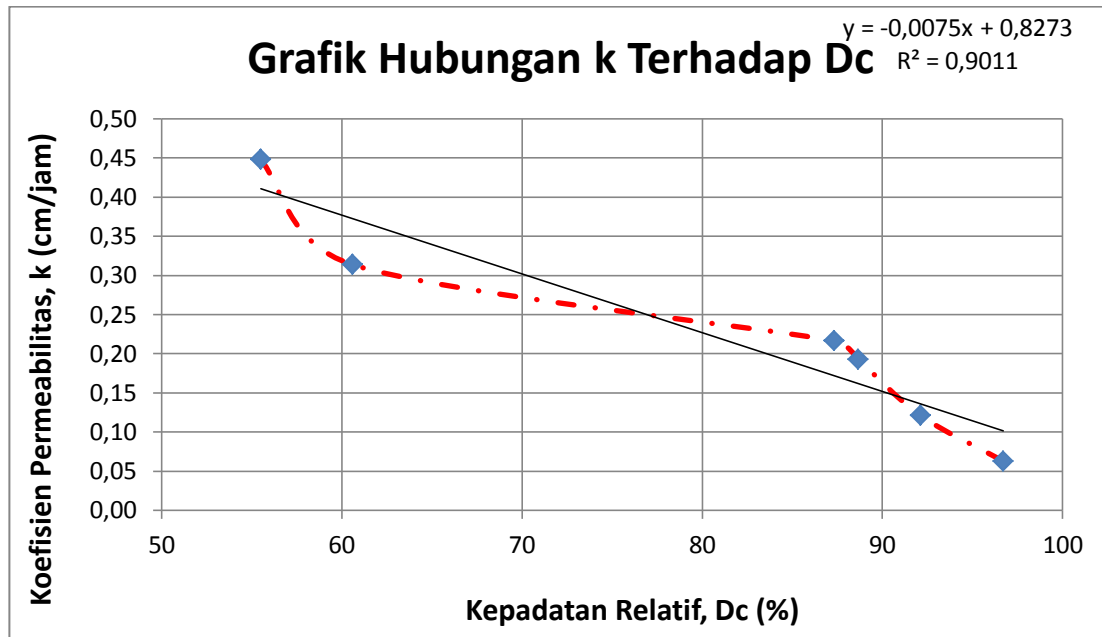
Tabel 4.12 Hubungan Kecepatan Relatif dan Koefisien Permeabilitas

Kecepatan Relatif	Lokasi					
	Gunung la	Nanga nesa	Kamp us 1	Tomber abu 1	Rowor eke	Wolo feo
Berat Volume Tanah Kering Asli (γ) (gr/cm^3)	1,73	1,49	1,60	1,75	1,11	1,34
Berat Volume Tanah Kering Maksimal ($\gamma_{d_{\max}}$) (gr/cm^3)	1,80	1,58	1,64	1,79	1,13	1,35
Berat Volume Tanah Kering Minimal ($\gamma_{d_{\min}}$) (gr/cm^3)	1,65	1,37	1,37	1,49	0,92	1,10
Kecepatan Relatif (Rc) (%)	55,49	60,59	87,31	88,65	92,11	96,72
Koefisien Permeabilitas (cm/jam)	0,45	0,31	0,22	0,19	0,12	0,06

Sumber : *Laboratorium Mekanika Tanah, 2020.*

Dalam tabel 4.12 diatas dapat dilihat bahwa pada saat kecepatan relatif pasir Gunung la sebesar 55, 49%, koefisien permabilitasnya sebesar 0,45 cm/jam dan pada tanah yang berasal dari Wolofeo, saat kecepatan relatifnya sebesar 96,72 % dan koefisien permeabilitasnya sebesar 0,06 cm/jam. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai kecepatan relatif berbanding terbalik dengan nilai koefisien permabilitas. Untuk mengetahui

hubungan koefisien permeabilitas tanah dan kepadatan relatif yang lebih jelas dapat dilihat dalam Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.11 Grafik Hubungan Koefisien Permeabilitas terhadap Kepadatan Relatif

Berdasarkan tabel 4.12 dan gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai koefisien permeabilitas (k) tanah maka makin besar nilai kepadatan relatif (R_c) tanah tersebut. Dari grafik diatas juga dapat diperoleh persamaan regresi linear tunggal yakni : $y = -0,0075x + 0,8273$. Dimana x adalah kepadatan relatif (R_c) dan y adalah koefisien permeabilitas (k).