

## BAB V

### HASIL PENELITIAN

Pada bab ini penulis menjelaskan hasil penelitian yang telah dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

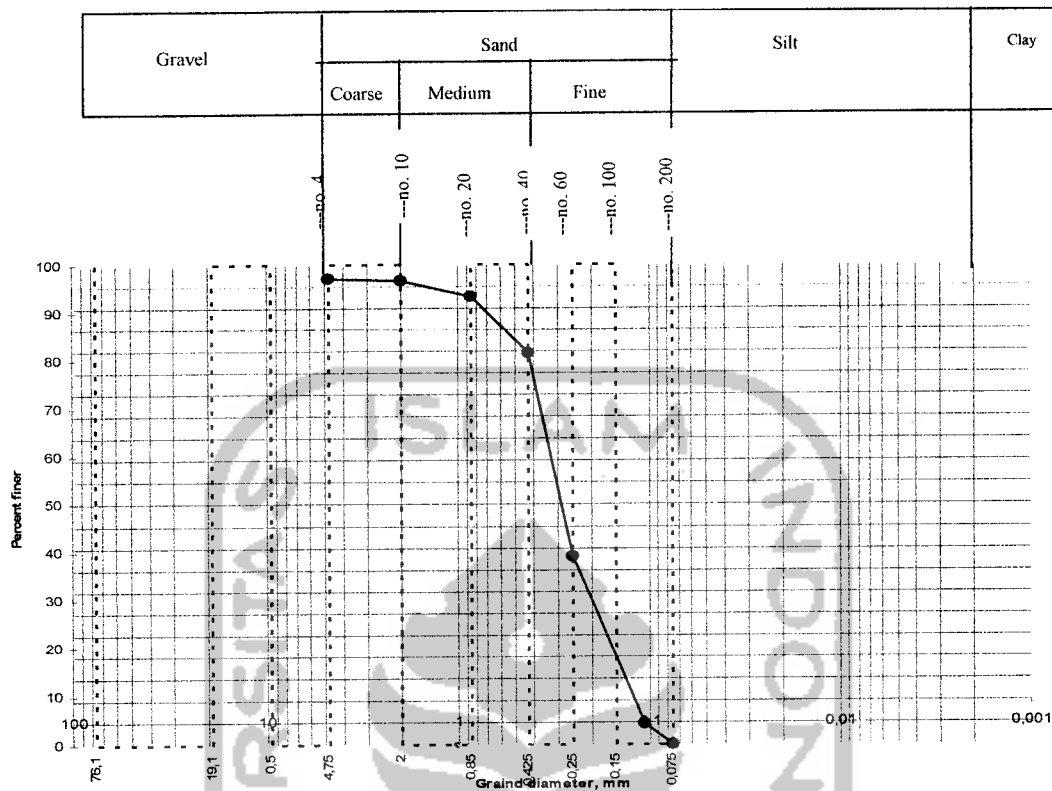
#### 5.1 PENGUJIAN SIFAT FISIK TANAH ASLI

##### 5.1.1 Analisis Saringan Tanah (ASTM D 422-72)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran tanah berdasarkan klasifikasi tanah. Hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat dari Tabel 5.1, 5.3 dan Gambar 5.1, 5.2 di bawah ini.

**Tabel 5.1** Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Pasir Sampel I

<i>Sieve No</i>	<i>Opening (mm)</i>	<i>Mass retained (gr)</i>		<i>Mass passed (gr)</i>		<i>% finer by mass e/W x 100%</i>
1/4	6,7		0	e4 =	1000,00	100,00
4	4,750	d1 =	29,57	e5 =	970,43	97,04
10	2,000	d2 =	4,38	e6 =	966,05	96,60
20	0,850	d3 =	32,05	e7 =	934	93,40
40	0,425	d4 =	121,21	e9 =	812,79	81,28
60	0,250	d5 =	422,23	e10 =	390,58	39,06
140	0,106	d6 =	348,56	e11 =	42	4,2
200	0,075	d7 =	42	e12 =	0,00	0,00
		Sd =	1000,00			



**Gambar 5.1** Grafik Hasil Uji Analisis Saringan Sampel I

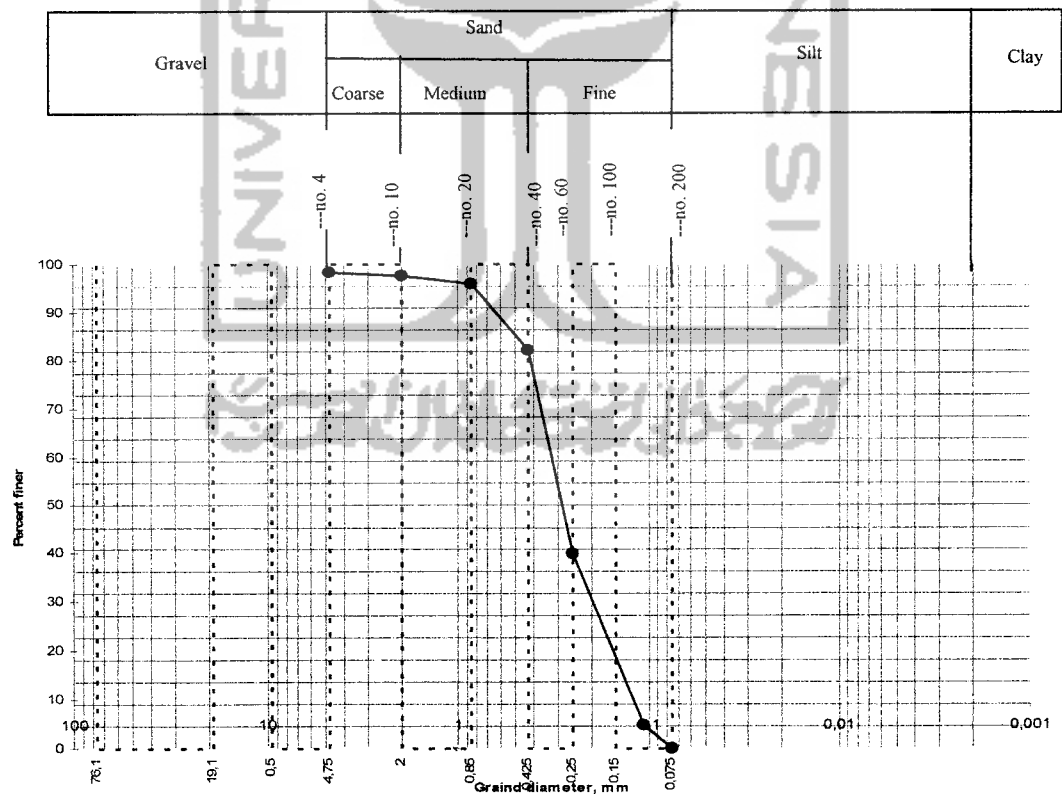
Dari hasil pengujian analisis saringan didapatkan prosentase ukuran butiran tanah seperti Tabel 5.2 di bawah ini.

**Tabel 5.2** Prosentase Analisis Saringan Tanah Pasir Sampel I

<i>Finer # 200</i>	0	%	D10 (mm)	0,1226
			D30 (mm)	0,2000
<i>Gravel</i>	2,96	%	D60 (mm)	0,3207
<i>Sand</i>	97,04	%	$C_u = D_{60}/D_{10}$	2,660
<i>Silt</i>	0	%	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	1,636
<i>Clay</i>	0	%	D50 (mm)	0,287

**Tabel 5.3** Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Pasir Sampel II

Sieve No	Opening (mm)	Mass retained (gr)	Mass passed (gr)	% finer by mass $e/W \times 100\%$
1/4	6,7	0	e4 = 1000,00	100,00
4	4,750	d1 = 16,02	e5 = 983,98	98,40
10	2,000	d2 = 7,70	e6 = 976,28	97,63
20	0,850	d3 = 16,09	e7 = 960,19	96,02
40	0,425	d4 = 139,22	e9 = 820,97	82,10
60	0,250	d5 = 422,25	e10 = 398,72	39,87
140	0,106	d6 = 350,68	e11 = 48,04	4,80
200	0,075	d7 = 48,04	e12 = 0,00	0,00
		Sd = 1000,00		

**Gambar 5.2** Grafik Hasil Uji Analisis Saringan Sampel II

Dari hasil pengujian analisis saringan didapatkan prosentase ukuran butiran tanah seperti Tabel 5.4 di bawah ini.

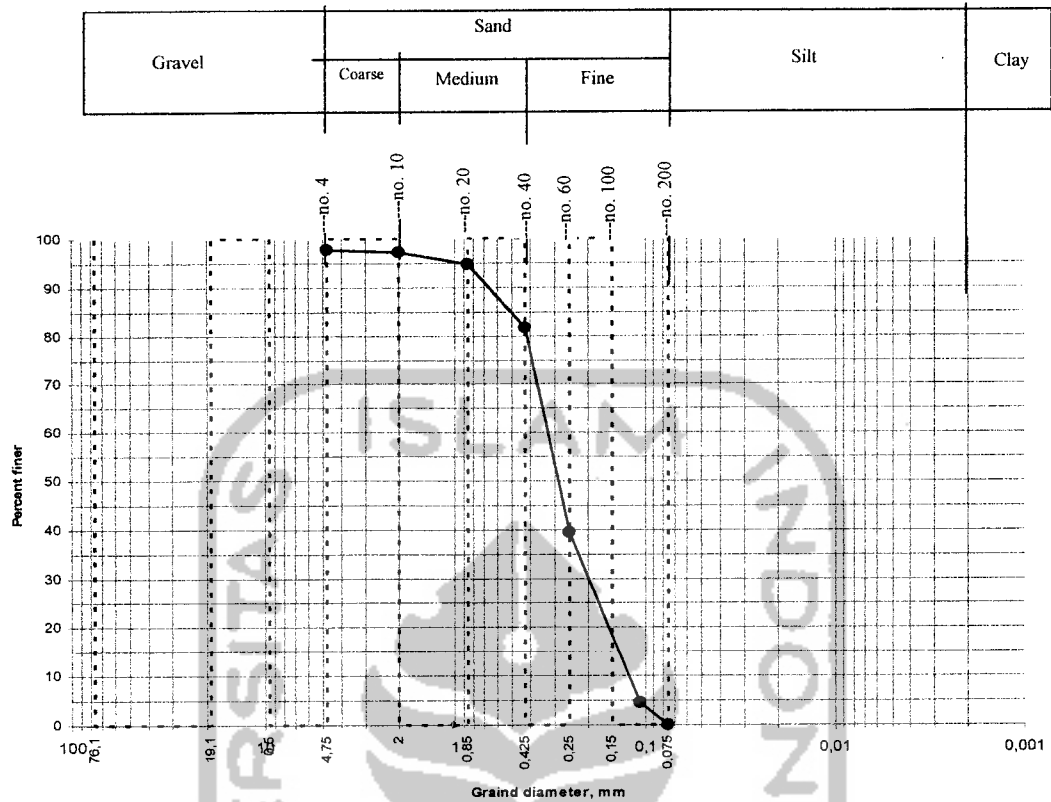
**Tabel 5.4** Prosentase Analisis Saringan Tanah Pasir Sampel II

<i>Finer # 200</i>	0.00 %	D10 (mm)	0,120370
		D30 (mm)	0,19635
<i>Gravel</i>	1,60 %	D60 (mm)	0,32195
<i>Sand</i>	98,40 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	2,675
<i>Silt</i>	0.00 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	1,631
<i>Clay</i>	0.00 %	D50(mm)	0,284

Dari kedua sample tersebut, dirata – ratakan sehingga didapatkan hasil seperti Tabel 5.5 dan Gambar 5.3 dibawah ini.

**Tabel 5.5** Hasil Rata-rata Pengujian Analisis Saringan Tanah Pasir

<i>Sieve No</i>	<i>Opening (mm)</i>	<i>Mass retained (gr)</i>	<i>Mass passed (gr)</i>	<i>% finer by mass e/W x 100%</i>
1/4	6,7	0	e4 = 1000,00	100,00
4	4,750	d1 = 22,80	e5 = 977,21	97,72
10	2,000	d2 = 6,04	e6 = 971,17	97,12
20	0,850	d3 = 24,07	e7 = 947,10	94,71
40	0,425	d4 = 130,22	e9 = 816,88	81,69
60	0,250	d5 = 422,24	e10 = 394,64	39,46
140	0,106	d6 = 349,62	e11 = 45,02	4,50
200	0,075	d7 = 45,02	e12 = 0,00	0,00
		Sd = 1000,00		



**Gambar 5.3** Grafik Hasil Rata-rata Uji Analisis Saringan

Dari hasil pengujian analisis saringan didapatkan prosentase rata-rata ukuran butiran tanah seperti Tabel 5.6 di bawah ini.

**Tabel 5.6** Prosentase Rata-rata Analisis Saringan Tanah Pasir

Finer # 200	0,00 %	D10 (mm)	0,120370
		D30 (mm)	0,19818
Gravel	2,28 %	D60 (mm)	0,32361
Sand	97,72 %	$C_u = D_{60}/D_{10}$	2,688
Silt	0,00 %	$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	1,008
Clay	0,00 %	D50(mm)	0,285

Keterangan :

D10 = bukaan yang lolos 10%

D30 = bukaan yang lolos 30%

D60 = bukaan yang lolos 60%

$$C_u = \text{koefisien keseragaman} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_c = \text{koefisien gradasi} = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Syarat pasir gradasi baik adalah sebagai berikut ini.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \text{ antara 1 dan 3}$$

Batasan-batasan ukuran butiran partikel pasir dari hasil pengujian analisis saringan sampel I berdasarkan berikut ini.

1. AASHTO

$$\text{Ukuran butiran pasir (mm)} = 2 - 0,075$$

$$\text{Prosentase pasir} = 97,12 \%$$

2. *Unified*

$$\text{Ukuran butiran pasir (mm)} = 4,75 - 0,075$$

$$\text{Prosentase pasir} = 97,72 \%$$

### 5.1.2 Pengujian Kadar Air Tanah (ASTM D 2216-71)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air didalam sampel tanah. Kadar air adalah nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah tersebut. Hasil pengujian kadar air tanah dapat dilihat dalam Tabel 5.7 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.7** Hasil Pengujian Kadar Air Tanah

No.	Pengujian	1	2	3	4
1	Berat cawan kosong ( $W_1$ ) gram	8,62	8,89	8,90	8,91
2	Berat cawan + tanah basah ( $W_2$ ) gram	26,88	26,40	32,42	31,18
3	Berat cawan + tanah kering ( $W_3$ ) gram	22,16	21,85	26,25	25,45
4	Berat air ( $W_2 - W_3$ ) gram	4,72	4,55	6,17	5,73
5	Berat tanah kering ( $W_3 - W_1$ ) gram	13,54	12,96	17,35	16,54
6	Kadar air (W) = $\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$	34,86	35,11	35,56	34,64
7	Kadar air rata-rata ( $W_n$ ) %	35,04			

Dari hasil pengujian kadar air tanah pada Tabel 5.7 dapat diketahui bahwa tanah pasir dari Kali Progo, Bantul, Yogyakarta mengandung kadar air sebesar 35,04 %.

### 5.1.3 Pengujian Berat Volume Tanah (SNI 03-3637-1994)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat volume dalam suatu sampel tanah. Berat volume adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Hasil pengujian berat volume tanah dapat dilihat dalam Tabel 5.8 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.8** Hasil Pengujian Berat Volume Tanah

No	Pengujian	1	2
1	Diameter Ring (d) cm	3,6	3,7
2	Tinggi Ring (t) cm	9,4	7,4
3	Volume Ring (V) $\text{cm}^3$	95,63	79,53
4	Berat Ring ( $W_1$ ) gram	209,84	115,02
5	Berat Ring + Tanah basah ( $W_2$ ) gram	389,22	259,88
6	Berat Tanah Basah ( $W_2 - W_1$ ) gram	179,38	144,86
7	Berat Volume Tanah $\frac{(W_2 - W_1)}{V}$ $\text{gram/cm}^3$	1,88	1,82
8	Berat Volume Rata-rata $\text{gram/cm}^3$	1,85	

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat berat volume tanah pasir dari Kali Progo, Yogyakarta sebesar  $1,85 \text{ gr/cm}^3$ .

#### 5.1.4 Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D 854-72)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah. Berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama dengan temperatur tertentu dan diambil pada suhu  $27,5^\circ \text{ C}$ . Hasil pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.9 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.9** Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

No.	Pengujian	1	2	3	4
1	Berat piknometer kosong ( $W_1$ ) gram	28,61	35,65	17,69	31,07
2	Berat piknometer + tanah kering ( $W_2$ ) gram	42,03	48,9	34,55	46,87
3	Berat piknometer + tanah + air ( $W_3$ ) gram	86,8	93,83	78,2	90,28
4	Berat piknometer + air ( $W_4$ ) gram	78,38	85,51	67,6	80,55
5	Temperatur ( $t^\circ$ )	25	25	25	25
6	BJ pada temperatur ( $t^\circ$ )	0,9968	0,9968	0,9968	0,9968
7	BJ pada temperatur ( $27,5^\circ$ )	0,9964	0,9964	0,9964	0,9964
8	Berat jenis tanah $G_s (t^\circ) = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$	2,68	2,69	2,69	2,60
9	Berat jenis tanah pada $27,5^\circ = G_s (t^\circ) \frac{B_j \text{ air } t^\circ}{B_j \text{ air } 27,5^\circ}$	2,69	2,69	2,69	2,60
10	Berat jenis rata-rata $G_s \text{ rt}$	2,67			

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat berat jenis tanah pasir Kali Progo, Yogyakarta sebesar 2,67.

## 5.2 PENGUJIAN MEKANIS TANAH

### 5.2.1 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*) (ASTM D 698-70)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder

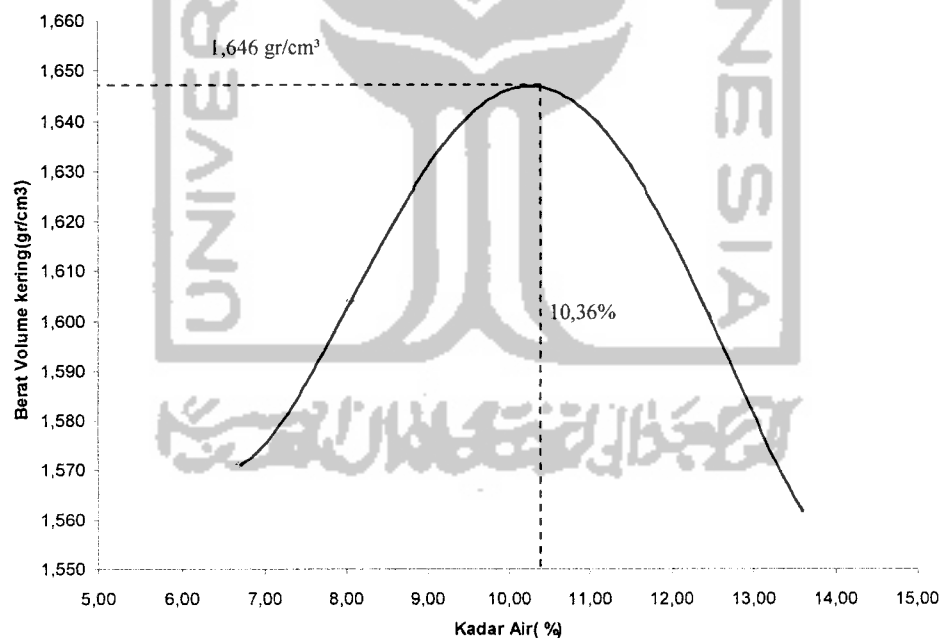


berukuran tertentu menggunakan alat penumbuk tertentu pula. Pengujian ini berguna untuk mencari nilai kepadatan ( $\gamma_d$ ) maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum ( $w$ ) (*Optimum Moisture Content/OMC*) dari suatu sampel tanah.

Hasil pengujian kepadatan *proctor standard* dapat dilihat pada Tabel 5.10, 5.11 dan Gambar 5.4, 5.5 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.10** Hasil Uji *Proctor Standard* Tanah Pasir Sampel I

Pengujian	1	2	3	4	5
Kadar air rata-rata (%)	6.37	8.08	13.59	11.13	12.44
Berat volume tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.574	1.602	1.562	1.639	1.601



**Gambar 5.4** Hasil Uji *Proctor Standard* Tanah Pasir Sampel I

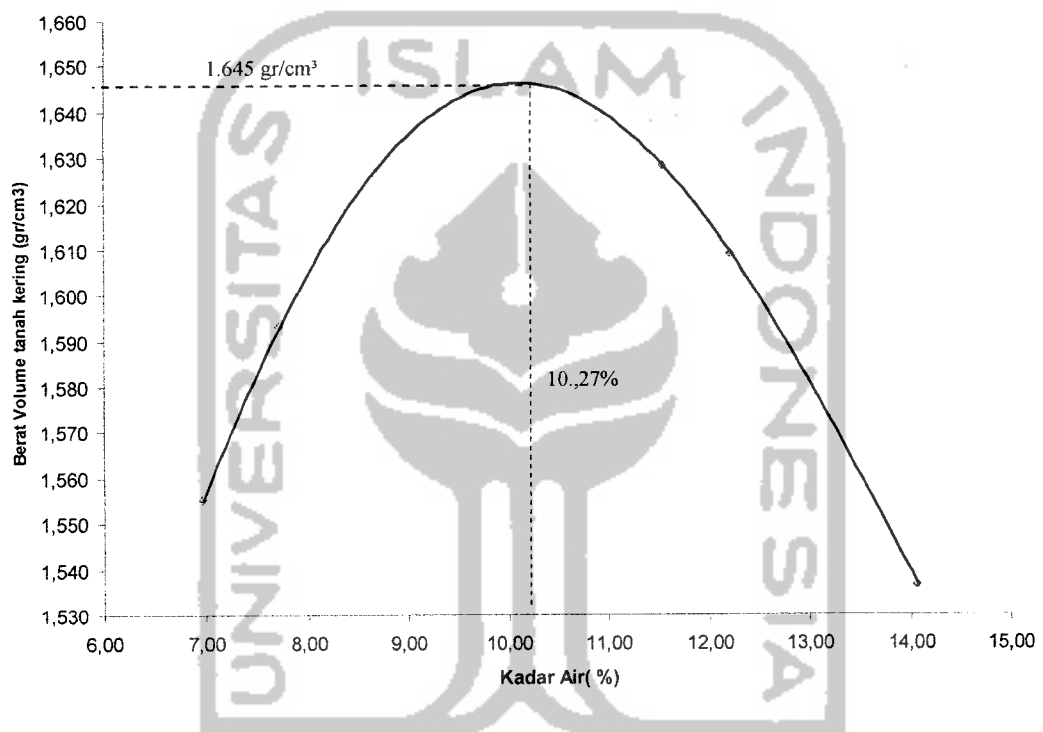
Pada pengujian *proctor* sampel I didapatkan hasil sebagai berikut ini.

Kadar air optimum : 10,36 %

Berat volume tanah kering maksimum : 1,646  $\text{gr}/\text{cm}^3$

**Tabel 5.11** Hasil Uji *Proctor Standard* Tanah Pasir Sampel II

Pengujian	1	2	3	4	5
Kadar air rata-rata (%)	6.96	7.72	14.07	11.55	12.22
Berat volume tanah kering ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	1.555	1.593	1.537	1.628	1.609

**Gambar 5.5** Hasil Uji *Proctor Standard* Tanah Pasir Sampel II

Pada pengujian proctor sampel II di dapatkan hasil sebagai berikut ini.

Kadar air optimum : 10,27 %  
 Berat volume tanah kering maksimum : 1,645  $\text{gr}/\text{cm}^3$

Dari kedua sample tersebut, dirata – ratakan sehingga didapatkan hasil seperti Tabel 5.12 dibawah ini.

**Tabel 5.12** Rata – Rata Hasil Pengujian *Proctor Standard*

Pengujian	I	II	Rata – rata
Kadar Air Optimum	10,36 %	10,27 %	10,32 %
Berat volume tanah kering maksimum	1,646 gr/cm <sup>3</sup>	1,645 gr/cm <sup>3</sup>	1,6455 gr/cm <sup>3</sup>

Nilai kadar air optimum rata-rata sebesar 10,32% yang didapat dari hasil pengujian *proctor* nantinya akan digunakan dalam pengujian CBR.

### 5.2.2 Pengujian CBR (ASTM D 1883-73)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR, yaitu perbandingan antara beban penetrasi tanah asli yaitu tanah pasir yang berasal dari daerah Kali Progo, Bantul, Yogyakarta maupun tanah pasir yang telah dicampur bentonit dan kapur padam dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan tanah asli atau tanah campuran.

Pada pengujian ini, pembebanan dilakukan secara teratur sehingga kecepatan penetrasi mendekati kecepatan 1,27 mm/menit (0,005 inc/menit). Pembacaan pembebanan dilakukan pada interval penetrasi 0,025 inc (0,64 mm), sehingga mencapai penetrasi 0,5 inchi. Dengan menggunakan grafik yang telah dibuat, harga CBR dihitung dengan cara membagi masing-masing beban dengan beban standar CBR pada penetrasi 0,1 dengan beban standar 70,31 kg (1000 psi), penetrasi 0,2 dengan beban standar 105,47 kg (1500 psi) dan kalikan dengan 100%. Umumnya nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1 inchi. Bila data CBR 0,1 inchi lebih kecil dari penetrasi 0,2 inchi maka percobaan harus diulang. Apabila pada pengujian yang kedua ini masih lebih kecil pada penetrasi 0,1 inchi maka nilai CBR yang digunakan adalah yang terbesar.

Pengujian CBR ini dapat dibagi menjadi dua yaitu pengujian CBR langsung (*Unsoaked CBR*) dan pengujian CBR yang direndam dalam air (*Soaked CBR*). Untuk pengujian CBR langsung ini dapat dilakukan setelah sampel tanah

diuji pemadatan terlebih dahulu. Uji pemadatan ini pada dasarnya sama seperti pada pengujian proktor standar, hanya berbeda pada jumlah tumbukannya yaitu 56 tumbukan tiap lapisnya. Untuk pengujian CBR yang direndam dalam air, setelah sampel tanah diuji pemadatan kemudian sampel tanah tersebut direndam dalam air selama 4 hari dengan tujuan untuk mengetahui nilai pengembangan (*swelling*). Pengembangan (*swelling*) adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dan dinyatakan dalam persen. Setelah sampel tanah selesai direndam, sampel tanah tersebut dapat dilakukan pengujian CBR.

Hasil pengujian *Unsoaked CBR* tanah pasir dapat dilihat dalam Tabel 5.13 dan 5.14 serta penjelasan bagaimana cara perhitungan untuk mendapatkan nilai CBR pada penetrasi 0,1 inchi dan 0,2 inchi, baik itu untuk nilai CBR Langsung (*Unsoaked*) maupun nilai CBR Rendaman (*Soaked*).

**Tabel 5.13** Hasil Pengujian CBR Langsung (*Unsoaked*) Tanah Pasir Sampel I

Waktu (menit)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Dial Beban Atas	Nilai CBR
0	0,000	0	
1/4	0,013	2	
1/2	0,025	5	
1	0,050	9	
1 1/2	0,075	12	
<b>2</b>	<b>0,100</b>	<b>16.6</b>	<b>13,83%</b>
3	0,150	20.2	
<b>4</b>	<b>0,200</b>	<b>24.8</b>	<b>13,78%</b>
6	0,300	31.5	
8	0,400	37.2	
10	0,500	42	

Contoh perhitungan :

- Perhitungan pada penetrasi 0,1 inchi :

$$\begin{aligned} \text{Beban (lbs)} &= \text{Pembacaan dial} \times \text{kalibrasi} \\ &= 16,6 \times 25,0002 = 415,003 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan terkoreksi} = \frac{415,003}{3} = 138,334 \text{ lbs}$$

- Perhitungan pada penetrasi 0,2 inchi :

$$\begin{aligned} \text{Beban (lbs)} &= \text{Pembacaan dial} \times \text{kalibrasi} \\ &= 24,8 \times 25,0002 = 620,005 \text{ lbs} \end{aligned}$$

$$\text{Tekanan terkoreksi} = \frac{620,005}{3} = 206,668 \text{ lbs}$$

- Perhitungan nilai CBR :

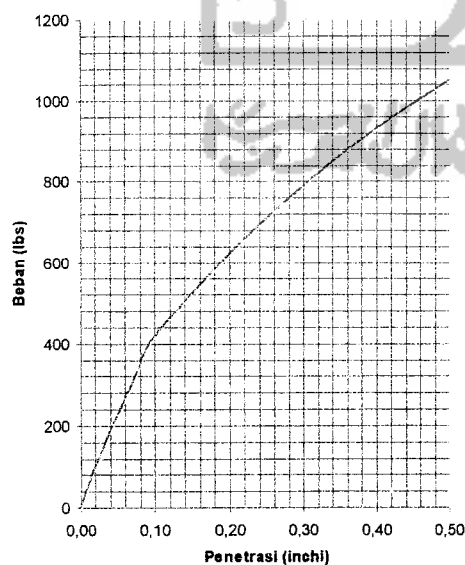
$$\text{Penetrasi 0,1''} = \frac{\text{tek.terkoreksi}}{1000} \times 100\%$$

$$= \frac{138,334}{1000} \times 100\% = 13,83 \%$$

$$\text{Penetrasi 0,2''} = \frac{\text{tek.terkoreksi}}{1500} \times 100\%$$

$$= \frac{206,668}{1500} \times 100\% = 13,78 \%$$

Dari hasil perhitungan diatas, maka nilai CBR diambil pada penetrasi 0,1'' atau nilai CBR yang terbesar yaitu 13,83%.



	Harga C B R	
	0,1"	0,2"
Atas		
	13,83 %	13,78 %
	0,1"	0,2"
Bawah		
	%	%

**Gambar 5.6** Hasil Uji CBR Langsung Tanah Asli Sampel I

**Tabel 5.14** Hasil Pengujian CBR Langsung (*Unsoaked*) Tanah Pasir Sampel II

Waktu (menit)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Dial Beban Atas	Nilai CBR
0	0,000	0	
1/4	0,013	2	
1/2	0,025	5,2	
1	0,050	9,1	
1 1/2	0,075	11,8	
<b>2</b>	<b>0,100</b>	<b>15,8</b>	<b>13,17%</b>
3	0,150	19,5	
<b>4</b>	<b>0,200</b>	<b>23,5</b>	<b>13,06%</b>
6	0,300	29,5	
8	0,400	33	
10	0,500	36	

Dari kedua sample tersebut, dirata – ratakan sehingga didapatkan hasil seperti Tabel 5.15 dibawah ini.

**Tabel 5.15** Rata – Rata Hasil Uji CBR Langsung Tanah Asli

Pengujian	Sampel I	Sampel II	CBR rata-rata
CBR Langsung tanah asli	13,83%	13,17%	13,50%

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat nilai CBR Langsung tanah asli pada kondisi *proctor* sebesar 13,50%. Hasil pengujian *Soaked CBR* tanah pasir dapat dilihat dalam Tabel 5.16 berikut ini.

**Tabel 5.16** Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked CBR*) Tanah Pasir

Tanah Pasir	Nilai Pengembangan Selama 4 Hari				Nilai CBR	Nilai CBR rata-rata
	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4		
Sampel 1	0	0	0	0	9,58 %	10,42%
Sampel 2	0	0	0	0	11,25 %	

Dari hasil pengujian dan perhitungan didapat nilai CBR Rendaman tanah asli sebesar 10,42%.

### 5.2.3 Pengujian CBR Tanah Pasir Dicampur Bentonit dan Kapur Padam

Hasil pengujian CBR Langsung tanah asli yang dicampur dengan bentonit dan kapur padam dapat dilihat pada Tabel 5.17 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.17** Hasil Pengujian CBR Langsung (*Unsoaked CBR*) Tanah Pasir Dicampur Bentonit Dan Kapur Padam

Bentonit (%)	Kapur Padam (%)	Pemeraman (hari)	Sampel I	Sampel II	CBR rata-rata
2 %	1 %	1	18,61 %	19,83 %	18,96 %
		3	20,67 %	20,42 %	20,55 %
		7	21,67 %	21,50 %	21,59 %
4 %	1 %	1	29,17 %	25,67 %	27,42 %
		3	29,58 %	26,39 %	27,99 %
		7	31,25 %	29,17 %	30,21 %
6 %	1 %	1	33,33 %	32,08 %	32,71 %
		3	34,17 %	33,33 %	33,75 %
		7	34,17 %	35,42 %	34,80 %

Nilai CBR rendaman dan *Swelling* hasil uji laboratorium dengan variasi campuran bentonit 2%, 4% ,6%, dan kapur padam 1% waktu pemeraman 1 hr, 3 hr,dan 7 hr dapat dilihat pada Tabel 5.18 dn 5.19 sebagai berikut ini.

**Tabel 5.18** Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked CBR*) Tanah Pasir Dicampur Bentonit Dan Kapur Padam

Bentonit (%)	Kapur Padam (%)	Pemeraman (hari)	Sampel I	Sampel II	CBR rata-rata
2 %	1 %	1	12,08 %	10,83 %	11,46 %
		3	12,33 %	12,33 %	12,33 %
		7	13,33 %	15,42 %	14,38 %
4 %	1 %	1	11,67 %	12,08 %	11,88 %
		3	14,83 %	14,58 %	14,71 %
		7	19,17 %	13,17 %	16,17 %
6 %	1 %	1	16,67 %	16,67 %	16,67 %
		3	19,67 %	17,33 %	18,50 %
		7	19,58 %	19,17 %	19,38 %

**Tabel 5.19** Nilai Rata-Rata Hasil Uji *Swelling* Rendaman

Bentonit (%)	Kapur Padam (%)	Pemeraman (Hr)	Sampel	Pengembangan (%)	Rata - rata (%)
2%	1%	1	1	0,00	0,00
			2	0,00	
		3	1	0,00	0,00
			2	0,00	
		7	1	0,00	0,00
			2	0,00	
4%	1%	1	1	0,012	0,009
			2	0,005	
		3	1	0,075	0,041
			2	0,007	
		7	1	0,105	0,105
			2	0,104	
6%	1%	1	1	0,012	0,011
			2	0,009	
		3	1	0,108	0,062
			2	0,016	
		7	1	0,227	0,228
			2	0,229	