

BAB V

DATA, ANALISIS, DAN PEMBAHASAN

5.1 DASAR PENELITIAN

Penelitian ini didasarkan pada masalah yang terjadi pada Candi Perwara Deret II No. 35 Prambanan, yaitu terjadinya penurunan tanah (*settlement*) pada beberapa titik. Terlihat pada Gambar 5.1 bahwa penurunan tanah yang terjadi pada Candi Perwara bukan hanya terjadi pada bagian tengah Candi saja, namun pada bagian tepi Candi juga mengalami penurunan. Padahal beban terbesar yang diterima oleh tanah adalah pada bagian tengah Candi. Maka dari itu, terdapat masalah yang terjadi pada tanah yang menopang Candi tersebut. Pada penelitian ini, akan di lakukan perbaikan tanah secara mekanik di tinjau dari segi parameter kuat geser tanah dan penurunannya dengan uji Triaksial dan uji Konsolidasi di Laboratorium Mekanika Tanah dan Penyelidikan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.



Gambar 5.1 Penurunan Tanah pada Candi Perwara

5.2 DATA DAN ANALISIS HASIL PENELITIAN

Penelitian yang telah dilakukan dengan beberapa pengujian terhadap sifat fisik tanah dan bahan tambah di laboratorium, di peroleh data dan analisis hasil sebagai berikut.

5.2.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air ini bertujuan untuk menentukan kadar air sampel tanah. Kadar air tanah adalah nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah tersebut. Hasil pengujian kadar air tanah asli dari Candi Perwara dan pasir perapi dapat di lihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Pengujian Kadar Air Tanah Asli

| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 | 3 |
|---|--|----|---------|--------|-------|
| 2 | Berat container (W1) | gr | 5,58 | 5,57 | 5,67 |
| 3 | Berat container + tanah basah (W2) | gr | 25,87 | 29,16 | 24,46 |
| 4 | Berat container + tanah kering (W3) | gr | 22,43 | 25,16 | 21,31 |
| 5 | Berat air ($W_w = W_2 - W_3$) | gr | 3,44 | 4,00 | 3,15 |
| 6 | Berat tanah kering ($W_s = W_3 - W_1$) | gr | 16,85 | 19,59 | 15,64 |
| 7 | Kadar air ($(W_w/W_s) \times 100\%$) | % | 20,415 | 20,418 | 20,14 |
| 8 | Kadar air rata-rata | % | 20,324% | | |

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Pengujian Kadar Air Pasir Merapi

| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 | 3 |
|---|--|----|---------|--------|-------|
| 2 | Berat container (W1) | gr | 8,67 | 8,91 | 8,73 |
| 3 | Berat container + tanah basah (W2) | gr | 34,43 | 45,12 | 41,38 |
| 4 | Berat container + tanah kering (W3) | gr | 31,86 | 41,87 | 38,73 |
| 5 | Berat air ($W_w = W_2 - W_3$) | gr | 2,57 | 3,25 | 2,65 |
| 6 | Berat tanah kering ($W_s = W_3 - W_1$) | gr | 23,19 | 32,96 | 30 |
| 7 | Kadar air ($(W_w/W_s) \times 100\%$) | % | 11,082 | 9,8604 | 8,833 |
| 8 | Kadar air rata-rata | % | 9,9254% | | |

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa tanah asli dari Candi Perwara Deret II No.35, Prambanan, Yogyakarta memiliki kadar air rata-rata sebesar 20,324% dan bahan tambah pasir merapi memiliki kadar air rata-rata sebesar 9,9254%.

5.2.2 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume ini bertujuan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah. Berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Hasil

pengujian berat volume menggunakan tanah asli dari Candi Perwara dapat di lihat pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Volume Tanah Asli

| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 |
|---|--|--------------------|--------|--------|
| 2 | Diameter ring (d) | cm | 5 | 5 |
| 3 | Tinggi ring (t) | cm | 2 | 2 |
| 4 | Volume (V) | cm ³ | 39,26 | 39,25 |
| 5 | Berat ring (W ₁) | gr | 34,88 | 34,9 |
| 6 | Berat ring + tanah basah (W ₂) | gr | 102,67 | 103,76 |
| 7 | Berat tanah basah (W ₃ = W ₂ -W ₁) (W _w) | gr | 67,79 | 68,86 |
| 8 | Berat volume tanah ($\gamma_b = W_3/V$) | gr/cm ³ | 1,726 | 1,754 |
| 9 | Berat Volume Tanah Rata-Rata | gr/cm ³ | 1,741 | |

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Volume Pasir Merapi

| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 |
|---|--|--------------------|--------|-------|
| 2 | Diameter ring (d) | cm | 5 | 5 |
| 3 | Tinggi ring (t) | cm | 2 | 2 |
| 4 | Volume (V) | cm ³ | 39,270 | 39,25 |
| 5 | Berat ring (W ₁) | gr | 41,250 | 35,1 |
| 6 | Berat ring + tanah basah (W ₂) | gr | 103,20 | 98,76 |
| 7 | Berat tanah basah (W ₃ = W ₂ -W ₁) (W _w) | gr | 61,956 | 63,66 |
| 8 | Berat volume tanah ($\gamma_b = W_3/V$) | gr/cm ³ | 1,578 | 1,622 |
| 9 | Berat Volume Tanah Rata-Rata | gr/cm ³ | 1,632 | |

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa tanah asli dari Candi Perwara Deret II No.35, Prambanan, Yogyakarta memiliki berat volume sebesar 1,741 gr/cm³ dan bahan tambah pasir merapi memiliki berat volume sebesar 1,632 gr/cm³.

5.2.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah. Berat jenis tanah adalah perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Hasil pengujian berat jenis menggunakan tanah asli dari Candi Perwara dapat di lihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

| | | | | |
|---|--|----|--------|--------|
| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 |
| 2 | Berat piknometer (W_1) | gr | 25,96 | 39,77 |
| 3 | Berat piknometer + tanah kering (W_2) | gr | 48,04 | 79,52 |
| 4 | Berat piknometer + tanah + air (penuh) (W_3) | gr | 90,31 | 164,52 |
| 5 | Berat piknometer + air (penuh) (W_4) | gr | 76,82 | 139,42 |
| 6 | Berat jenis | | 2,57 | 2,71 |
| 7 | Berat jenis rata-rata | | 2,6419 | |

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan Pengujian Berat Jenis Pasir Merapi

| | | | | |
|---|--|----|--------|--------|
| 1 | No. Pengujian | | 1 | 2 |
| 2 | Berat piknometer (W_1) | gr | 27,53 | 39,77 |
| 3 | Berat piknometer + tanah kering (W_2) | gr | 41,5 | 58,92 |
| 4 | Berat piknometer + tanah + air (penuh) (W_3) | gr | 88,16 | 153,11 |
| 5 | Berat piknometer + air (penuh) (W_4) | gr | 81,39 | 139,46 |
| 6 | Berat jenis | | 1,9403 | 3,4818 |
| 7 | Berat jenis rata-rata | | 2,7110 | |

Dari hasil pengujian, terlihat bahwa tanah asli dari Candi Perwara Deret II No.35, Prambanan, Yogyakarta memiliki berat jenis rata-rata sebesar 2,6419 gr/cm^3 dan bahan tambah pasir merapi memiliki berat jenis rata-rata sebesar 2,7110 gr/cm^3 .

5.2.4 Pengujian Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer

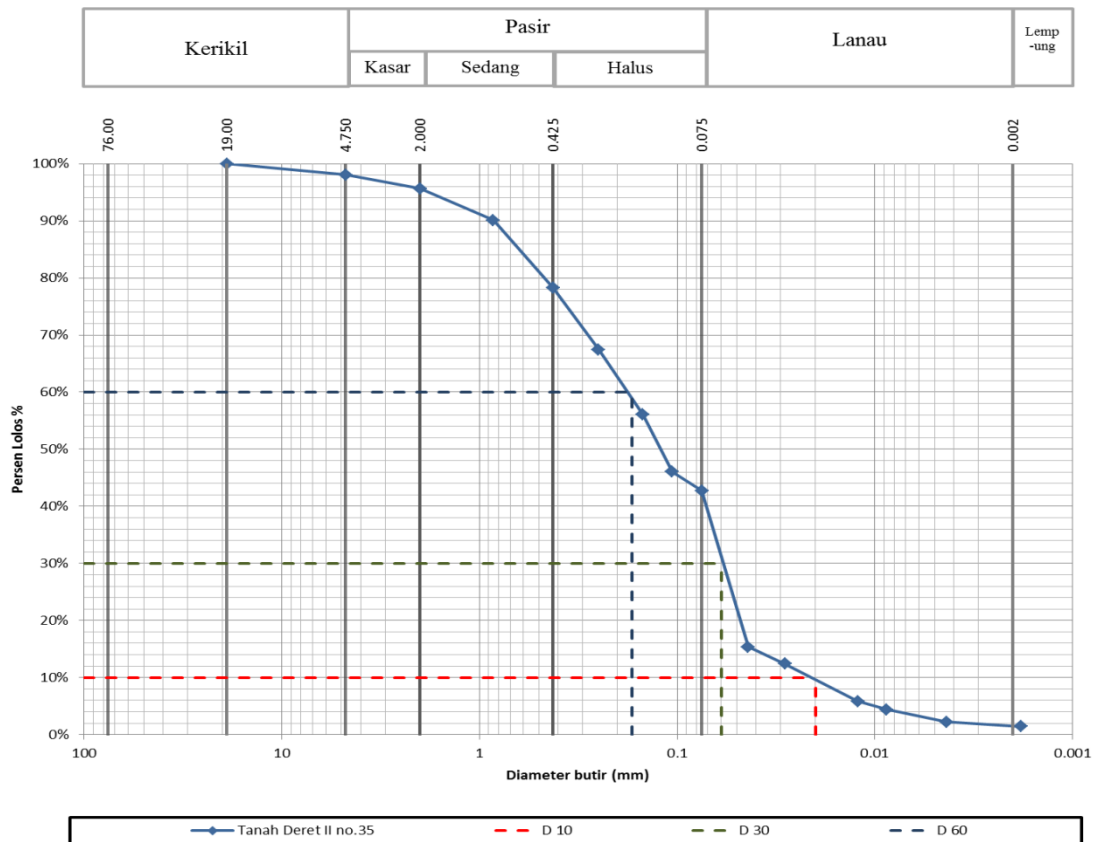
Secara fisik tanah dari lokasi Candi Perwara Baris 2 No.35 memiliki tekstur halus dan berlanau. Pengujian untuk mengetahui jenis tanah tersebut adalah uji Analisis Granuler (uji Analisis Hidrometer dan uji Analisis Saringan). Untuk mengetahui gradasi tanah asli pada Candi Perwara dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, dan Gambar 5.2 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli

| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 0,75 | 19 | 0 | 408,35 | 0 | 100 |
| 4 | 4,75 | 0 | 408,35 | 0 | 100 |
| 10 | 2 | 8,9 | 399,45 | 2,180 | 97,8 |
| 20 | 0,85 | 11,6 | 387,85 | 2,841 | 95,0 |
| 40 | 0,425 | 25,6 | 362,25 | 6,269 | 88,7 |
| 60 | 0,25 | 27 | 335,25 | 6,612 | 82,1 |
| 100 | 0,149 | 28,7 | 306,55 | 7,028 | 75,1 |
| 140 | 0,106 | 51,1 | 255,45 | 12,514 | 62,6 |
| 200 | 0,075 | 33,1 | 222,35 | 8,106 | 54,5 |

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli

| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoresi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoresi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 2 | 19 | -2 | 26 | 18 | 13,3 | 0,0170 | 0,04384 | 21 | 15,33 |
| 5 | 15 | -2 | 26 | 14 | 14 | 0,0170 | 0,02845 | 17 | 12,41 |
| 30 | 6 | -2 | 26 | 5 | 15,4 | 0,0170 | 0,01218 | 8 | 5,84 |
| 60 | 4 | -2 | 26 | 3 | 15,8 | 0,0170 | 0,00872 | 6 | 4,38 |
| 250 | 1 | -2 | 26 | 0 | 16,3 | 0,0170 | 0,00434 | 3 | 2,19 |
| 1440 | 0 | -2 | 26 | -1 | 16,4 | 0,0170 | 0,00181 | 2 | 1,46 |



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli

Tabel 5.9 Prosentase Analisis Butiran, Koefisien Keseragaman (C_u), dan Koefisien Gradasi (C_c) Tanah Asli

| | | | | |
|-------------|-------|---|---|-------|
| Lolos # 200 | 41,24 | % | D10 (mm) | 0,020 |
| Kerikil | 1,94 | % | D30 (mm) | 0,060 |
| Pasir | 55,35 | % | D60 (mm) | 0,170 |
| Lanau | 40,51 | % | $C_u = D_{60}/D_{10}$ | 8,500 |
| Lempung | 0,73 | % | $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$ | 1,059 |

Untuk mengetahui gradasi bahan tambah pasir Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.10, Tabel 5.11, Tabel 5.12, Tabel 5.13, Tabel 5.14, Tabel 5.15, Tabel 5.16 dan Gambar 5.3 berikut ini.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir Merapi Sampel 1

| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 0,75 | 19 | 82 | 697 | 10,526 | 89,5 |
| 4 | 4,75 | 34 | 663 | 4,365 | 85,1 |
| 10 | 2 | 76 | 587 | 9,756 | 75,4 |
| 20 | 0,85 | 122 | 465 | 15,661 | 59,7 |
| 40 | 0,425 | 183 | 282 | 23,492 | 36,2 |
| 60 | 0,25 | 109 | 173 | 13,992 | 22,2 |
| 100 | 0,149 | 77 | 96 | 9,884 | 12,3 |
| 140 | 0,106 | 39 | 57 | 5,006 | 7,3 |
| 200 | 0,075 | 15 | 42 | 1,926 | 5,4 |

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Pasir Merapi Sampel 1

| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoreksi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|-------------------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 2 | 16 | -2 | 27 | 17 | 13,5 | 0,01218 | 0,03164 | 18 | 2,24 |
| 5 | 13 | -2 | 26 | 14 | 14 | 0,01204 | 0,02015 | 15 | 1,87 |
| 30 | 6 | -2 | 27 | 7 | 15,2 | 0,01204 | 0,00857 | 8 | 1,00 |
| 60 | 4 | -2 | 27 | 5 | 15,5 | 0,01204 | 0,00612 | 6 | 0,75 |
| 250 | 0 | -2 | 27 | 1 | 16,1 | 0,01204 | 0,00306 | 2 | 0,25 |
| 1440 | 0 | -2 | 27 | 1 | 16,1 | 0,01204 | 0,00127 | 2 | 0,25 |

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir Merapi Sampel 2

| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 0,75 | 19 | 111 | 879,60 | 11,205 | 88,8 |
| 4 | 4,75 | 37 | 842,60 | 3,735 | 85,1 |
| 10 | 2 | 209 | 633,60 | 21,098 | 64,0 |
| 20 | 0,85 | 169 | 464,60 | 17,060 | 46,9 |
| 40 | 0,425 | 180,5 | 284,10 | 18,221 | 28,7 |

Lanjutan Tabel 5.12 Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir Merapi Sampel 2

| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 60 | 0,25 | 120,5 | 163,60 | 12,164 | 16,5 |
| 100 | 0,149 | 73 | 90,60 | 7,369 | 9,1 |
| 140 | 0,106 | 41,1 | 49,50 | 4,149 | 5,0 |
| 200 | 0,075 | 12,5 | 37,00 | 1,262 | 3,7 |

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Pasir Merapi Sampel 2

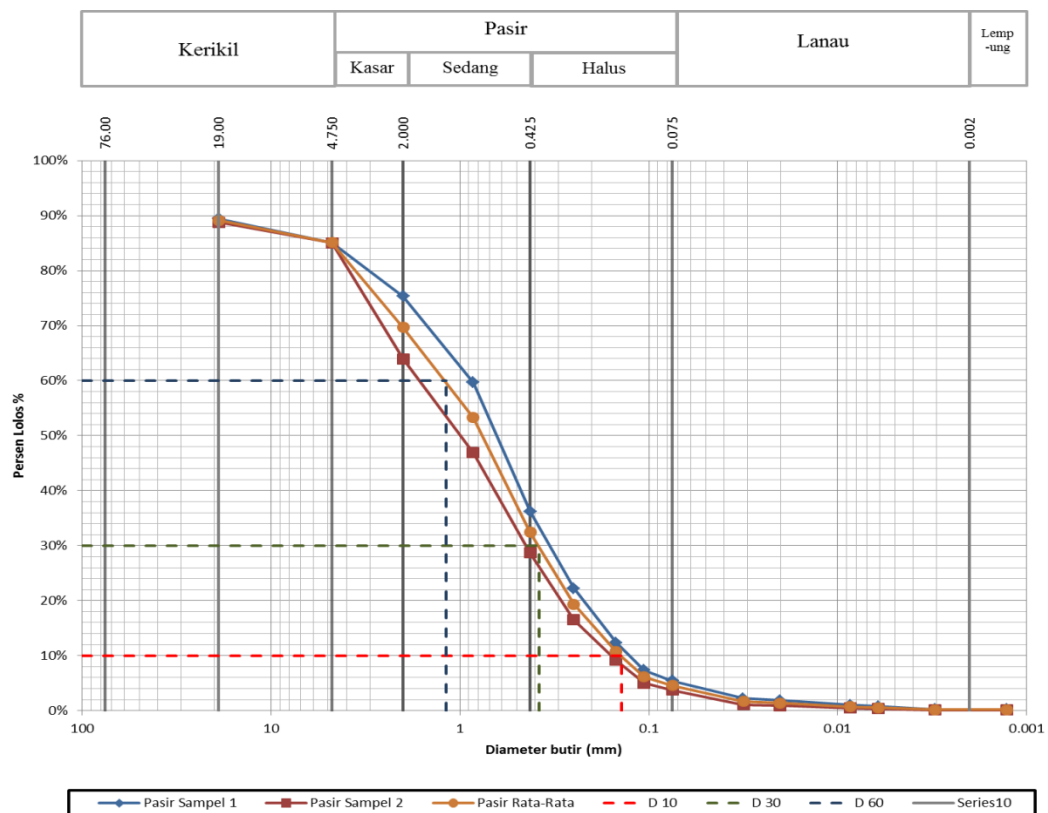
| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoreksi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|-------------------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 2 | 16 | -2 | 27 | 17 | 13,5 | 0,01215 | 0,03157 | 18 | 1,09 |
| 5 | 13 | -2 | 26 | 14 | 14 | 0,01204 | 0,02015 | 15 | 0,91 |
| 30 | 6 | -2 | 27 | 7 | 15,2 | 0,01204 | 0,00857 | 8 | 0,48 |
| 60 | 4 | -2 | 27 | 5 | 15,5 | 0,01204 | 0,00612 | 6 | 0,36 |
| 250 | 0 | -2 | 27 | 1 | 16,1 | 0,01204 | 0,00306 | 2 | 0,12 |
| 1440 | 0 | -2 | 27 | 1 | 16,1 | 0,01204 | 0,00127 | 2 | 0,12 |

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir Merapi Rata-Rata

| Diameter Saringan | %Lolos Sampel 1 | %Lolos Sampel 2 | %Lolos Rata-rata |
|-------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| mm | % | % | % |
| 19 | 89,5 | 88,8 | 89,13 |
| 4,75 | 85,1 | 85,1 | 85,08 |
| 2 | 75,4 | 64,0 | 69,66 |
| 0,85 | 59,7 | 46,9 | 53,30 |
| 0,425 | 36,2 | 28,7 | 32,44 |
| 0,25 | 22,2 | 16,5 | 19,36 |
| 0,149 | 12,3 | 9,1 | 10,73 |
| 0,106 | 7,3 | 5,0 | 6,16 |
| 0,075 | 5,4 | 3,7 | 4,56 |

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Pasir Merapi Rata-Rata

| Diameter butiran (D) Tanah Asli Sampel 1 | Persen berat lebih Tanah Asli Sampel 1 | Diameter butiran (D) Tanah Asli Sampel 2 | Persen berat lebih Tanah Asli Sampel 2 | Diameter butiran (D) Tanah Asli Rata-rata | Persen berat lebih Tanah Asli Rata-rata |
|--|--|--|--|---|---|
| mm | % | mm | % | mm | % |
| 0,03164 | 2,24 | 0,03157 | 1,09 | 0,03160 | 1,66 |
| 0,02015 | 1,87 | 0,02015 | 0,91 | 0,02014 | 1,39 |
| 0,00857 | 1,00 | 0,00857 | 0,48 | 0,00857 | 0,74 |
| 0,00612 | 0,75 | 0,00612 | 0,36 | 0,00611 | 0,55 |
| 0,00306 | 0,25 | 0,00306 | 0,12 | 0,00305 | 0,18 |
| 0,00127 | 0,25 | 0,00127 | 0,12 | 0,00127 | 0,18 |



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Pasir Merapi Rata-Rata

Tabel 5.16 Prosentase Analisis Butiran, Koefisien Keseragaman (Cu), Dan Koefisien Gradasi (Cc) Pasir Merapi

| | | | | |
|-------------|-------|---|---------------------------------|-------|
| Lolos # 200 | 4,38 | % | D10 (mm) | 0,140 |
| Kerikil | 4,05 | % | D30 (mm) | 0,380 |
| Pasir | 80,52 | % | D60 (mm) | 1,180 |
| Lanau | 4,38 | % | $Cu = D60/D10$ | 8,429 |
| Lempung | 0,00 | % | $Cc = D30^2 / (D10 \times D60)$ | 0,874 |

Untuk mengetahui gradasi tanah campuran pada tanah asli + pasir merapi 20%, dan tanah asli + pasir merapi 30% dapat dilihat pada Tabel 5.17, Tabel 5.18, Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21, Tabel 5.22, Gambar 5.4, dan Gambar 5.5 berikut ini.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli + Pasir Merapi 20%

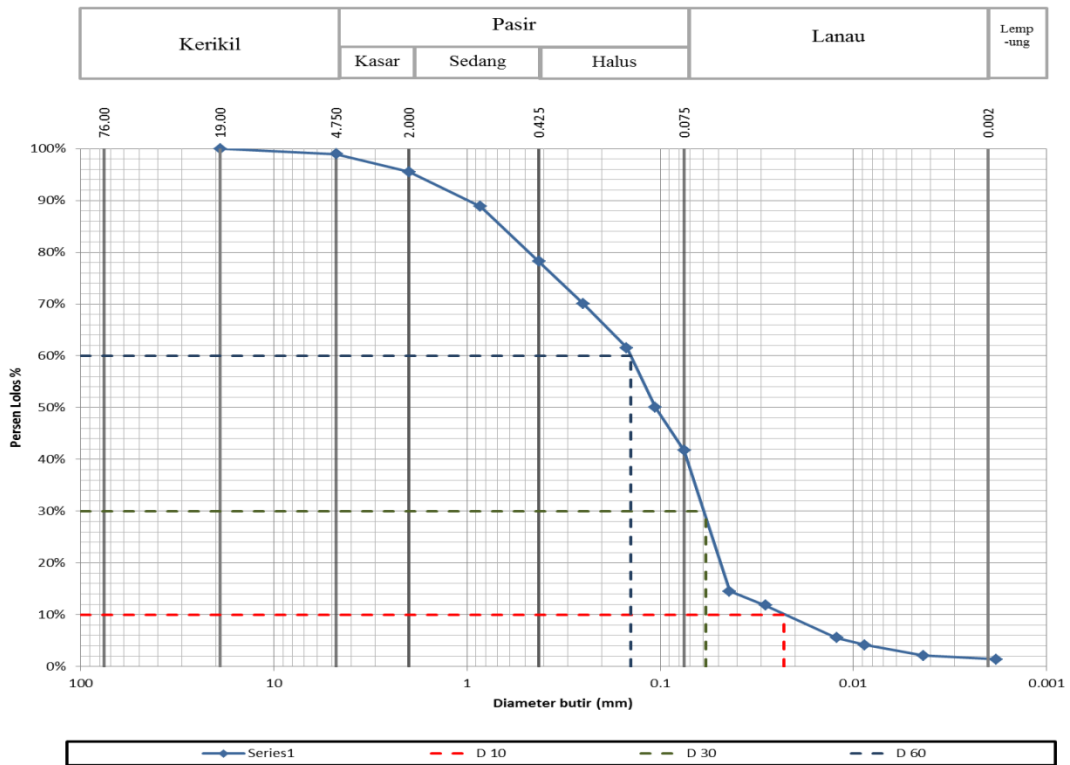
| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 0,75 | 19 | 0 | 893,83 | 0,000 | 100 |
| 4 | 4,75 | 9,09 | 884,74 | 1,017 | 99 |
| 10 | 2 | 30,61 | 854,13 | 3,425 | 95,6 |
| 20 | 0,85 | 60,21 | 793,92 | 6,736 | 88,8 |
| 40 | 0,425 | 94,45 | 699,47 | 10,567 | 78,3 |
| 60 | 0,25 | 73,53 | 625,94 | 8,226 | 70,0 |
| 100 | 0,149 | 75,71 | 550,23 | 8,470 | 61,6 |
| 140 | 0,106 | 103,04 | 447,19 | 11,528 | 50,0 |
| 200 | 0,075 | 74,68 | 372,51 | 8,355 | 41,7 |

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli + Pasir Merapi 20%

| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoresi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoresi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 2 | 19 | -2 | 26 | 18 | 13,3 | 0,017 | 0,04384 | 21 | 17,12 |

Lanjutan Tabel 5.18 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli + Pasir Merapi 20%

| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoreksi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoreksi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|-------------------------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 5 | 15 | -2 | 26 | 14 | 14 | 0,017 | 0,02845 | 17 | 13,86 |
| 30 | 6 | -2 | 26 | 5 | 15,4 | 0,017 | 0,01218 | 8 | 6,2 |
| 60 | 4 | -2 | 26 | 3 | 15,8 | 0,017 | 0,00872 | 6 | 4,89 |
| 250 | 1 | -2 | 26 | 0 | 16,3 | 0,017 | 0,00434 | 3 | 2,45 |
| 1440 | 0 | -2 | 26 | -1 | 16,4 | 0,017 | 0,00181 | 2 | 1,63 |



Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli + Pasir Merapi 20%

Tabel 5.19 Prosentase Analisis Butiran, Koefisien Keseragaman (Cu), Dan Koefisien Gradasi (Cc) Tanah Asli + Pasir Merapi 20%

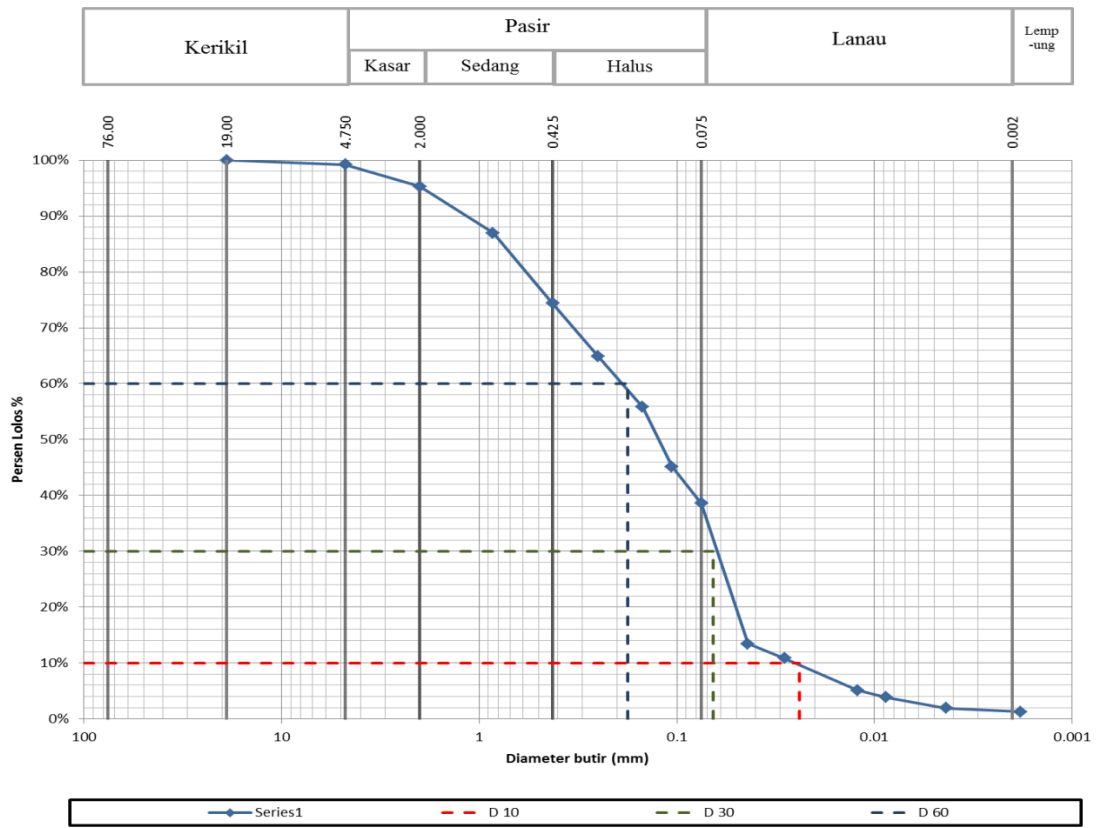
| | | | | |
|-------------|-------|---|---------------------------------|-------|
| Lolos # 200 | 40,29 | % | D10 (mm) | 0,023 |
| Kerikil | 1,02 | % | D30 (mm) | 0,058 |
| Pasir | 57,3 | % | D60 (mm) | 0,142 |
| Lanau | 39,60 | % | $Cu = D60/D10$ | 6,174 |
| Lempung | 0,69 | % | $Cc = D30^2 / (D10 \times D60)$ | 1,030 |

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli + Pasir Merapi 30%

| No. Saringan | Diameter Saringan | Berat Tanah Tertahan | Berat Tanah Lolos | % Tertahan | % Lolos |
|--------------|-------------------|----------------------|-------------------|------------|---------|
| | mm | (gr) | (gr) | % | % |
| 0,75 | 19 | 0 | 926,45 | 0 | 100 |
| 4 | 4,75 | 7,51 | 918,94 | 0,811 | 99,2 |
| 10 | 2 | 36,31 | 882,63 | 3,919 | 95,3 |
| 20 | 0,85 | 77,03 | 805,60 | 8,315 | 87,0 |
| 40 | 0,425 | 116,66 | 688,94 | 12,592 | 74,4 |
| 60 | 0,25 | 87,9 | 601,04 | 9,488 | 64,9 |
| 100 | 0,149 | 83,72 | 517,32 | 9,037 | 55,8 |
| 140 | 0,106 | 99,21 | 418,11 | 10,709 | 45,1 |
| 200 | 0,075 | 60,71 | 357,40 | 6,553 | 38,6 |

Tabel 5.21 Hasil Pengujian Analisis Hidrometer Tanah Asli + Pasir Merapi 30%

| waktu | Pemb. Hdr dalam suspensi | Pemb. Hdr dalam cairan | Temperatur | Pemb. Hdr terkoresi oleh (m) | Kedalaman (L) | Konstanta (K) | Diameter butiran (D) | Pemb. Hdr dalam terkoresi | Persen berat lebih |
|-------|--------------------------|------------------------|------------|------------------------------|---------------|---------------|----------------------|---------------------------|--------------------|
| menit | R1 | R2 | 0 | R' | cm | | mm | Rc | % |
| 2 | 19 | -2 | 26 | 18 | 1,3 | 0,017 | 0,04384 | 21 | 17,12 |
| 5 | 15 | -2 | 26 | 14 | 14 | 0,017 | 0,02845 | 17 | 13,86 |
| 30 | 6 | -2 | 26 | 5 | 15,4 | 0,017 | 0,01218 | 8 | 6,52 |
| 60 | 4 | -2 | 26 | 3 | 15,8 | 0,017 | 0,00872 | 6 | 4,89 |
| 250 | 1 | -2 | 26 | 0 | 16,3 | 0,017 | 0,00434 | 3 | 2,45 |
| 1440 | 0 | -2 | 26 | -1 | 16,4 | 0,017 | 0,00181 | 2 | 1,63 |



Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli + Pasir Merapi 30%

Tabel 5.22 Prosentase Analisis Butiran, Koefisien Keseragaman (C_u), Dan Koefisien Gradasi (C_c) Tanah Asli + Pasir Merapi 30%

| | | | | |
|-------------|-------|---|---|-------|
| Lolos # 200 | 37,30 | % | D10 (mm) | 0,024 |
| Kerikil | 0,81 | % | D30 (mm) | 0,066 |
| Pasir | 60,61 | % | D60 (mm) | 0,178 |
| Lanau | 36,66 | % | $C_u = D_{60}/D_{10}$ | 7,417 |
| Lempung | 0,73 | % | $C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$ | 1,007 |

5.2.5 Pengujian Proktor Standar

Tingkat pemadatan tanah di ukur dari berat volume kering tanah yang di padatkan. Air berfungsi sebagai unsur pelumas pada partikel tanah, sehingga partikel-partikel tanah akan lebih mudah bergerak dan bergeser satu sama lainnya dan membentuk kedudukan yang lebih rapat.

Pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah di keluarkan secara mekanis. Mudah atau tidaknya pemadatan dilaksanakan pada tanah yang di tentukan oleh kadar air yang dikandung tanah tersebut, yaitu:

1. bila kadar air tanah tersebut rendah, maka tanah akan kaku dan sulit dipadatkan, dan
2. bila kadar air tanah itu ditambahkan, maka tanah menjadi lebih lunak dan akan mempermudah pelaksanaan pemadatan yang akan dilakukan.

Pada pengujian proktor standar, sampel tanah di padatkan pada cetakan silinder dan di lakukan penambahan air sebanyak 0 ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml dan 200 ml. Kegunaan pengujian ini adalah untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/ MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/ OMC*) dari suatu sampel tanah. Data pengujian proktor menggunakan tanah asli dari Candi Perwara dapat di lihat pada Tabel 5.9, Tabel 5.9 Tabel 5.9 Tabel 5.9 Tabel 5.9

Tabel 5.23 Ukuran Mold

| MOLD | | |
|------|---------------------------|---------|
| 1 | Diameter (cm) | 10,14 |
| 2 | Tinggi (cm) | 11,42 |
| 3 | Volume (cm ³) | 922,214 |
| 4 | Berat (gram) | 1745 |

Tabel 5.24 Data Penambahan Air

| Penambahan Air | | | | | | |
|----------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | Berat sampel tanah (gr) | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 |
| 2 | Kadar air mula-mula (%) | 20,324 | 20,324 | 20,324 | 20,324 | 20,324 |
| 3 | Penambahan air (%) | - | - | - | - | - |
| 4 | Penambahan air (ml) | 0 | 50 | 100 | 150 | 200 |

Tabel 5.25 Data Berat Volume Tanah Asli (Sampel 1)

| Berat Volume Tanah, γ | | | | | | |
|------------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|
| 1 | No. Sampel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Berat cetakan + tanah basah (gr) | 3316 | 3425 | 3455 | 3520 | 3543 |

Lanjutan Tabel 5.25 Data Berat Volume Tanah Asli (Sampel 1)

| | | | | | | |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 3 | Berat tanah basah (gr) | 1571 | 1680 | 1710 | 1775 | 1798 |
| 4 | Berat volume tanah basah, γ (gr/cm ³) | 1,703 | 1,821 | 1,854 | 1,924 | 1,949 |

Tabel 5.26 Data Berat Volume Tanah Basah Tanah Asli (Sampel 2)

| Berat Volume Tanah, γ | | | | | | |
|------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | No. Sampel | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | Berat cetakan + tanah basah (gr) | 3242 | 3335 | 3394 | 3446 | 3498 |
| 3 | Berat tanah basah (gr) | 1517 | 1610 | 1669 | 1721 | 1773 |
| 4 | Berat volume tanah basah, γ (gr/cm ³) | 1,629 | 1,728 | 1,792 | 1,848 | 1,903 |

Dalam menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. (Proctor, 1933). Berikut ini adalah analisis data pengujian:

1. Kadar air dari sampel tanah yang di gunakan.
2. Berat volume tanah kering dengan rumus pada Persamaan (5.1) berikut.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (5.1)$$

Keterangan:

γ_d = berat volume tanah kering (gr/cm³),

γ = berat volume tanah basah (gr/cm³), dan

w = kadar air tanah (dalam decimal).

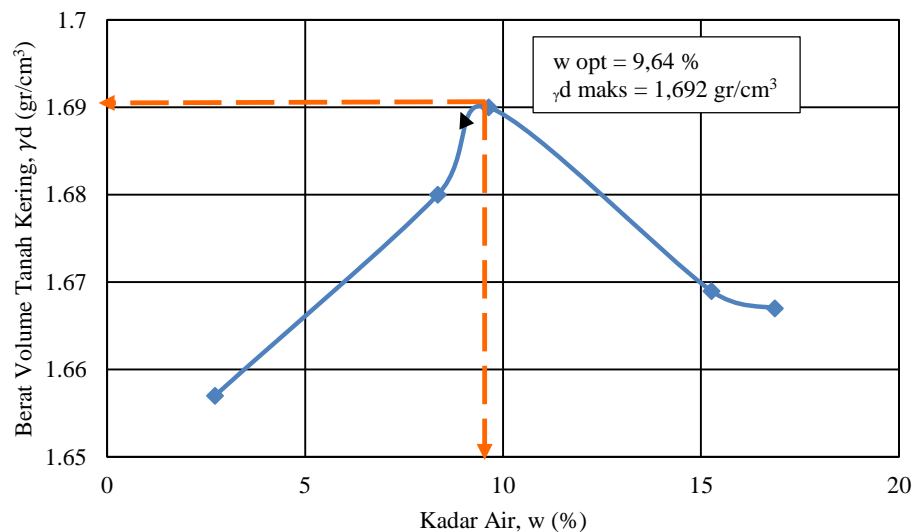
Tabel 5.27 Data Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering Pengujian Proktor Standar (Sampel 1)

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Kadar air rata-rata (%) | 2,721 | 8,35 | 9,64 | 15,26 | 16,865 |
| Berat volume tanah kering, γ_d | 1,657 | 1,680 | 1,690 | 1,669 | 1,667 |

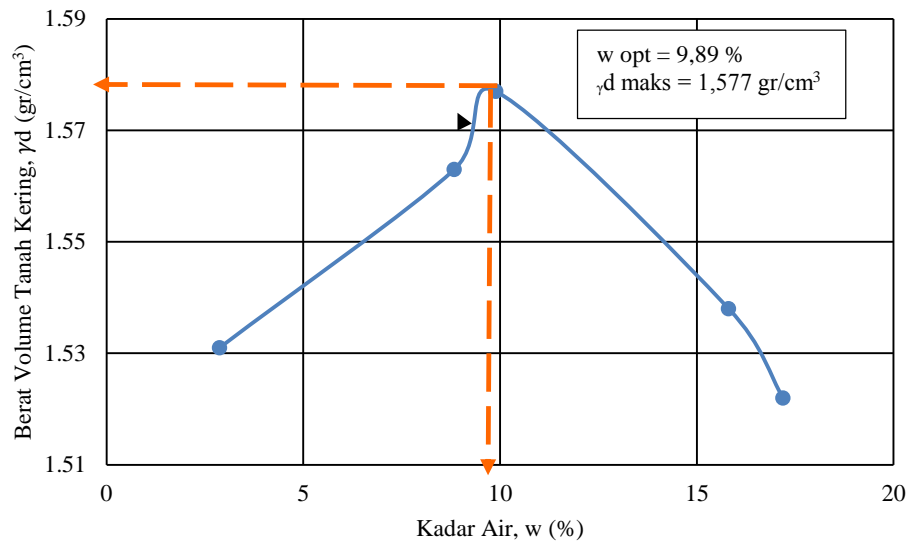
Tabel 5.28 Data Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering Pengujian Proktor Standar (Sampel 2)

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Kadar air rata-rata (%) | 2,873 | 8,84 | 9,89 | 15,81 | 17,19 |
| Berat volume tanah kering, γ_d | 1,531 | 1,563 | 1,577 | 1,538 | 1,522 |

Dari nilai hasil pengujian proktor standar, dibuat titik-titik hubungan antara kadar air (w) sebagai absis dan berat volume tanah kering (γ_d) sebagai ordinat, kemudian di gambarkan sebuah kurva yang halus yang menghubungkan titik-titik tersebut. Dari kurva yang telah di gambarkan pada Gambar 5.2, tentukan γ_d maksimum dan w optimum pada puncak kurva. Puncak kurva merupakan nilai γ_d maksimum, kemudian dari titik kurva di tarik garis vertikal memotong absis, pada titik ini adalah merupakan w optimum.



Gambar 5.6 Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Uji Proktor Standar (Sampel 1)



Gambar 5.7 Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Uji Proktor Standar (Sampel 2)

Dari Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 di dapatkan nilai kadar air optimum (w) rata-rata dan berat volume tanah kering rata-rata yang dapat di lihat pada Tabel 5.29 berikut.

Tabel 5.29 Data Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering Rata-Rata Pengujian Proktor Standar

| | | | | | |
|---------------------------------------|-------|--------|--------|--------|---------|
| Kadar air rata-rata (%) | 2,797 | 8,595 | 9,765 | 15,535 | 17,0275 |
| Berat volume tanah kering, γ_d | 1,594 | 1,6215 | 1,6335 | 1,6035 | 1,5945 |

Dari kurva hubungan kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) sampel 1 di dapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) yaitu 9,64 % dan berat volume maksimum ($\gamma_{d maks}$) yaitu 1,692 gr/cm³. Kemudian pada sampel 2, di dapatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) yaitu 9,89 % dan berat volume maksimum ($\gamma_{d maks}$) yaitu 1,577 gr/cm³. Dari Gambar 5.8 di dapatkan nilai kurva hubungan kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) rata-rata yaitu 9,675 % dan 1,6335 gr/cm³. Pada tanah pasir, γ_d cenderung berkurang pada saat kadar air (w) bertambah. Pengurangan γ_d ini adalah akibat dari pengaruh hilangnya tekanan kapiler saat

kadar air bertambah. Pada kadar air rendah, tekanan kapiler dalam tanah yang berada di dalam rongga pori menghalangi kecenderungan partikel tanah untuk bergerak, sehingga butiran cenderung merapat (padat), (Hardiyatmo, 2010).

5.2.6 Pengujian Triaksial

Pada pengujian triaksial, benda uji mula-mula di bebani dengan penerapan tekanan sel (tegangan keliling), kemudian dibebani beban normal melalui tekanan deviator sampai mengalami keruntuhan. Untuk data pengujian triaksial dapat di lihat sebagai berikut.

Data pengujian triaksial Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi dapat dilihat pada Tabel 5.30, Tabel 5.31, Tabel 5.32 berikut ini dan data pengujian triaksial Campuran Tanah Asli + 20 % Pasir dan Campuran Tanah Asli + 30 % Pasir dapat dilihat pada Lampiran 12 – Lampiran 17.

Tabel 5.30 Nilai Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial dengan Tegangan Keliling 0,5 kg/cm² Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi

| Waktu | <i>Vertical Dial x 0,01</i> | <i>Load Dial Reading</i> | DL | e (%) | <i>Area, CF</i> | <i>Corection Area, A'</i> | <i>Deviator Stress</i> |
|-------|-----------------------------|--------------------------|------|---------|-----------------|---------------------------|------------------------|
| menit | mm | div | cm | | | cm ² | kg/cm ² |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 40 | 135 | 0,04 | 0,00548 | 0,99452 | 11,3979 | 1,5860 |
| | 80 | 183 | 0,08 | 0,01096 | 0,98904 | 11,4610 | 2,1380 |
| | 120 | 192 | 0,12 | 0,01644 | 0,98356 | 11,5248 | 2,2307 |
| | 160 | 201 | 0,16 | 0,02192 | 0,97808 | 11,5894 | 2,3223 |
| | 200 | 214 | 0,2 | 0,02740 | 0,97260 | 11,6547 | 2,4586 |
| | 240 | 217 | 0,24 | 0,03288 | 0,96712 | 11,7207 | 2,4791 |
| | 280 | 223 | 0,28 | 0,03836 | 0,96164 | 11,7875 | 2,5332 |
| | 320 | 225 | 0,32 | 0,04384 | 0,95616 | 11,8551 | 2,5413 |
| | 360 | 229 | 0,36 | 0,04932 | 0,95068 | 11,9234 | 2,5717 |
| | 400 | 232 | 0,4 | 0,05479 | 0,94521 | 11,9925 | 2,5903 |
| | 440 | 231 | 0,44 | 0,06027 | 0,93973 | 12,0625 | 2,5642 |
| | 480 | 227 | 0,48 | 0,06575 | 0,93425 | 12,1332 | 2,5051 |
| | 520 | 225 | 0,52 | 0,07123 | 0,92877 | 12,2048 | 2,4685 |
| | 560 | 225 | 0,56 | 0,07671 | 0,92329 | 12,2772 | 2,4539 |
| | 600 | 221 | 0,6 | 0,08219 | 0,91781 | 12,3505 | 2,3960 |
| | 640 | 217 | 0,64 | 0,08767 | 0,91233 | 12,4247 | 2,3386 |
| | 680 | 217 | 0,68 | 0,09315 | 0,90685 | 12,4998 | 2,3245 |

Lanjutan Tabel 5.30 Nilai Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial dengan Tegangan Keliling $0,5 \text{ kg/cm}^2$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi

| Waktu | Vertical Dial x 0,01 | Load Dial Reading | DL | e (%) | Area, CF | Corection Area, A' | Deviator Stress |
|-------|----------------------|-------------------|------|---------|----------|--------------------|--------------------|
| menit | mm | div | cm | | | cm ² | kg/cm ² |
| | 720 | 219 | 0,72 | 0,09863 | 0,90137 | 12,5757 | 2,3318 |
| | 760 | 135 | 0,04 | 0,00548 | 0,99452 | 11,3979 | 1,5860 |
| | 800 | 183 | 0,08 | 0,01096 | 0,98904 | 11,4610 | 2,1380 |

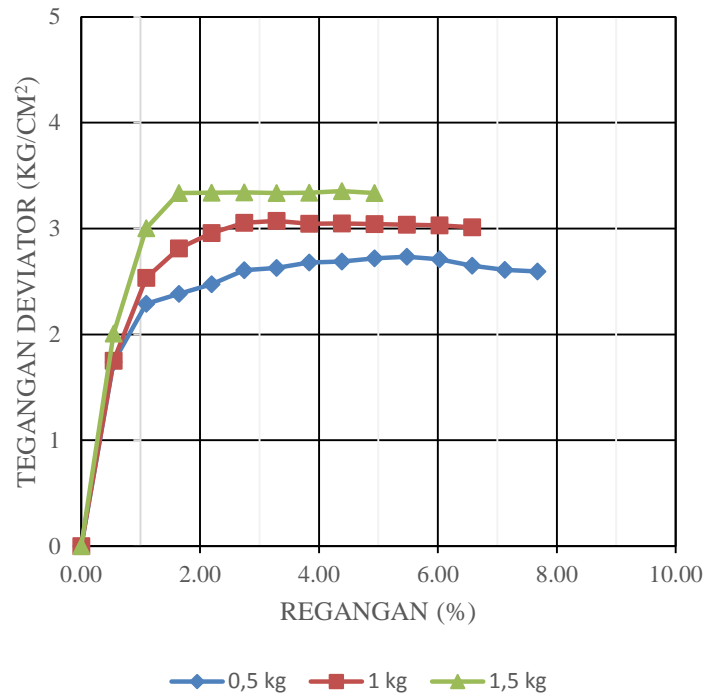
Tabel 5.31 Nilai Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial dengan Tegangan Keliling 1 kg/cm^2 Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi

| Waktu | Vertical Dial x 0,01 | Load Dial Reading | DL | e (%) | Area, CF | Corection Area, A' | Deviator Stress |
|-------|----------------------|-------------------|------|---------|----------|--------------------|--------------------|
| menit | mm | div | cm | | | cm ² | kg/cm ² |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| | 40 | 137 | 0,04 | 0,00548 | 0,99452 | 11,3979 | 1,6095 |
| | 80 | 205 | 0,08 | 0,01096 | 0,98356 | 11,4610 | 2,3950 |
| | 120 | 230 | 0,12 | 0,01644 | 0,97808 | 11,5248 | 2,6722 |
| | 160 | 244 | 0,16 | 0,02192 | 0,97260 | 11,5894 | 2,8191 |
| | 200 | 254 | 0,2 | 0,02740 | 0,96712 | 11,6547 | 2,9182 |
| | 240 | 257 | 0,24 | 0,03288 | 0,96164 | 11,7207 | 2,9360 |
| | 280 | 256 | 0,28 | 0,03836 | 0,95616 | 11,7875 | 2,9080 |
| | 320 | 258 | 0,32 | 0,04384 | 0,95068 | 11,8551 | 2,9140 |
| | 360 | 259 | 0,36 | 0,04932 | 0,94521 | 11,9234 | 2,9086 |
| | 400 | 260 | 0,4 | 0,05479 | 0,93973 | 11,9925 | 2,9030 |
| | 440 | 261 | 0,44 | 0,06027 | 0,93425 | 12,0625 | 2,8972 |
| | 480 | 261 | 0,48 | 0,06575 | 0,92877 | 12,1332 | 2,8804 |
| | 520 | 260 | 0,52 | 0,07123 | 0,92329 | 12,2048 | 2,8525 |
| | 560 | 259 | 0,56 | 0,07671 | 0,91781 | 12,2772 | 2,8248 |
| | 600 | 257 | 0,6 | 0,08219 | 0,91233 | 12,3505 | 2,7863 |
| | 640 | 256 | 0,64 | 0,08767 | 0,90685 | 12,4247 | 2,7589 |
| | 680 | 255 | 0,68 | 0,09315 | 0,90137 | 12,4998 | 2,7316 |
| | 720 | 255 | 0,72 | 0,09863 | 0,89589 | 12,5757 | 2,7151 |

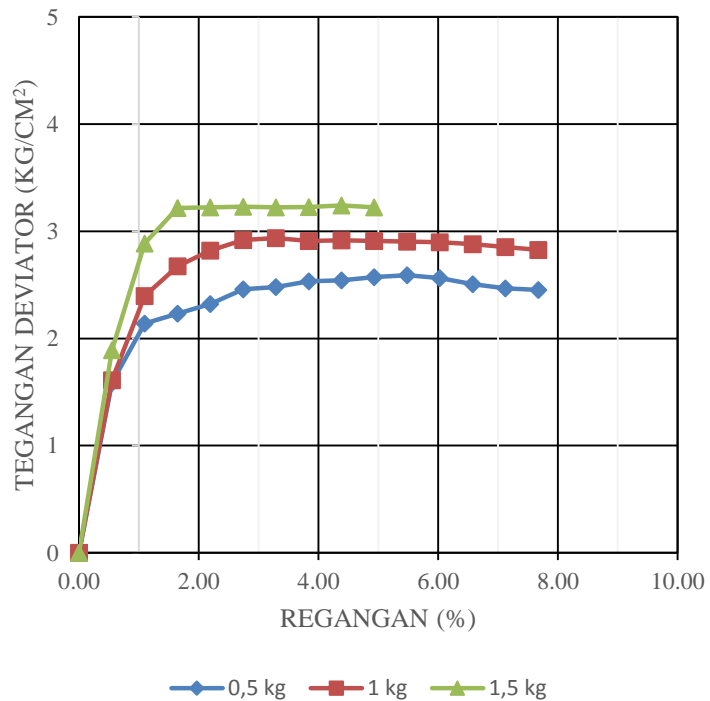
Tabel 5.32 Nilai Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial dengan Tegangan Keliling $1,5 \text{ kg/cm}^2$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi

| Waktu | Vertical Dial x 0,01 | Load Dial Reading | DL | e (%) | Area, CF | Corection Area, A' | Deviator Stress |
|-------|----------------------|-------------------|---------|---------|----------|--------------------|--------------------|
| menit | mm | div | cm | | | cm ² | kg/cm ² |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 40 | 161 | 0,04 | 0,00548 | 0,99452 | 11,3979 | 1,8914 | |
| 80 | 247 | 0,08 | 0,01096 | 0,98356 | 11,4610 | 2,8857 | |
| 120 | 277 | 0,12 | 0,01644 | 0,97808 | 11,5248 | 3,2183 | |
| 160 | 279 | 0,16 | 0,02192 | 0,97260 | 11,5894 | 3,2235 | |
| 200 | 281 | 0,2 | 0,02740 | 0,96712 | 11,6547 | 3,2284 | |
| 240 | 282 | 0,24 | 0,03288 | 0,96164 | 11,7207 | 3,2216 | |
| 280 | 284 | 0,28 | 0,03836 | 0,95616 | 11,7875 | 3,2261 | |
| 320 | 287 | 0,32 | 0,04384 | 0,95068 | 11,8551 | 3,2416 | |
| 360 | 287 | 0,36 | 0,04932 | 0,94521 | 11,9234 | 3,2230 | |
| 400 | 253 | 0,4 | 0,05479 | 0,93973 | 11,9925 | 2,8248 | |
| 440 | 252 | 0,44 | 0,06027 | 0,93425 | 12,0625 | 2,7973 | |
| 480 | 250 | 0,48 | 0,06575 | 0,92877 | 12,1332 | 2,7590 | |
| 520 | 249 | 0,52 | 0,07123 | 0,92329 | 12,2048 | 2,7318 | |
| 560 | 248 | 0,56 | 0,07671 | 0,91781 | 12,2772 | 2,7048 | |
| 600 | 248 | 0,6 | 0,08219 | 0,91233 | 12,3505 | 2,6887 | |
| 640 | 247 | 0,64 | 0,08767 | 0,90685 | 12,4247 | 2,6619 | |
| 680 | 248 | 0,68 | 0,09315 | 0,90137 | 12,4998 | 2,6566 | |
| 720 | 248 | 0,72 | 0,09863 | 0,89589 | 12,5757 | 2,6406 | |

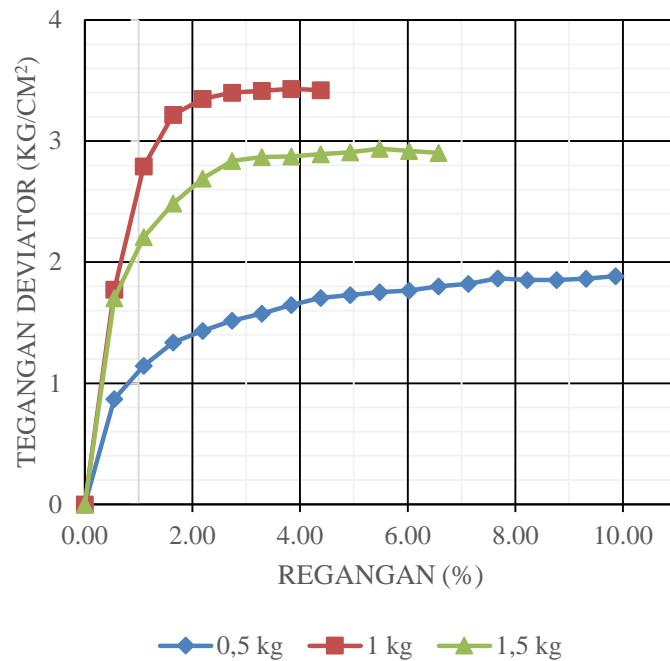
Hasil dari pengujian triaksial, di dapatkan grafik hubungan tegangan dan regangan tanah asli serta campuran tanah asli dan bahan tambah pasir Merapi dengan variasi campuran 10 %, 20 % dan 30 % yang dapat di lihat pada Gambar 5.8, Gambar 5.9, Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 berikut.



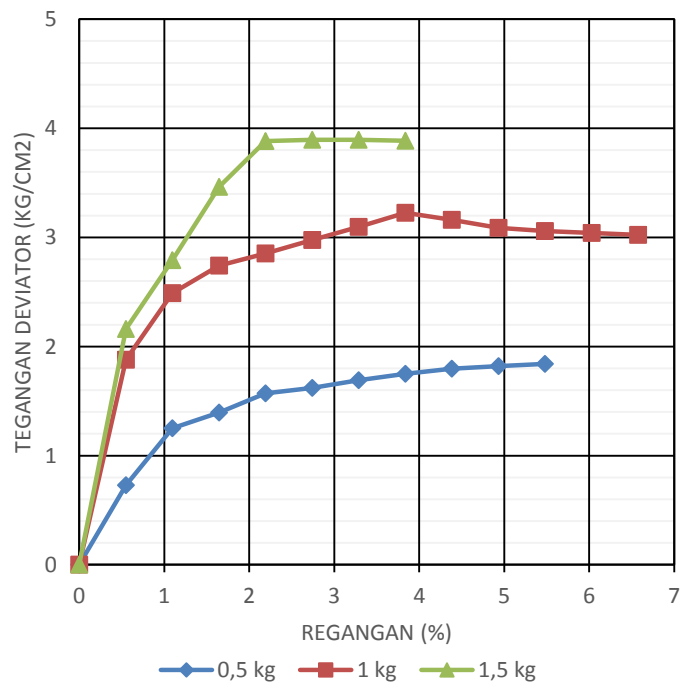
Gambar 5.8 Grafik Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial Tanah Asli



Gambar 5.9 Grafik Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial Campuran Tanah Asli + 10% Pasir (Sampel 1)



Gambar 5.10 Grafik Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial Campuran Tanah Asli + 20% Pasir (Sampel 1)



Gambar 5.11 Grafik Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial Campuran Tanah Asli + 30% Pasir (Sampel 1)

Dari grafik tegangan-regangan yang ditunjukkan pada Gambar 5.8, Gambar 5.9, Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 terlihat bahwa nilai tegangan runtuh (*peak stress*) dan regangan campuran tanah asli dengan bahan tambah pasir Merapi cenderung meningkat setiap penambahan presentase pasir Merapi dari kondisi awal tanah asli tanpa campuran pasir. Peningkatan mulai terjadi saat beban 1 kg dan 1,5 kg. Lain halnya pada saat beban 0,5 kg yang mengalami penurunan. Pada beban 1 kg terlihat peningkatan dari tegangan sebesar 2,824 kg/cm² sampai 3,0238 kg/cm². Kemudian pada beban 1,5 kg, peningkatan terjadi dari tegangan sebesar 3,223 kg/cm² sampai 3,884 kg/cm². Dalam hal ini, adanya pasir Merapi akan memberikan kontribusi perlawanan geser melalui gesekan dan lekatan antara tanah asli dengan pasir Merapi terhadap keruntuhan. Oleh karena itu untuk membuat keruntuhan pada tanah tersebut diperlukan beban yang lebih besar.

Salah satu cara menentukan parameter kuat geser tanah (kohesi c dan sudut geser dalam ϕ) adalah dengan pengujian triaksial. Pengujian ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi yang sebenarnya di lapangan, yaitu bahwa suatu elemen tanah menerima beban tekan dari atas (vertikal) yang terdiri dari beban tanah di atasnya atau *overburden pressure* dan beban lainnya (σ_1), serta tekanan tanah yang mengekang elemen tanah tersebut (σ_2 dan σ_3). Hasil perhitungan untuk menentukan parameter kuat geser tanah dapat di lihat pada Tabel 5.33, Tabel 5.34, Tabel 5.35, Tabel 5.36 berikut.

Tabel 5.33 Sampel Tanah Asli Pada Uji Triaksial Untuk Mencari Parameter Kuat Geser

| No | Parameter | Tekanan Keliling | | |
|----|-------------------------------------|------------------|--------|--------|
| | | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 1 | Tekanan Utama Minor (σ_3) | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 2 | Tekanan Deviator ($\Delta\sigma$) | 2,6111 | 3,0128 | 3,3353 |
| 3 | Tekanan Utama Mayor (σ_1) | 3,1111 | 4,0128 | 4,8353 |
| 4 | Absis (Pusat Lingkaran), (x) | 1,8055 | 2,5063 | 3,1676 |
| 5 | Jari-Jari Lingkaran (r) | 1,3055 | 1,5063 | 1,6676 |

Tabel 5.34 Sampel Tanah Asli + 10% Pasir Merapi Pada Uji Triaksial Untuk Mencari Parameter Kuat Geser

| No | Parameter | Tekanan Keliling | | |
|----|-------------------------------------|------------------|--------|--------|
| | | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 1 | Tekanan Utama Minor (σ_3) | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 2 | Tekanan Deviator ($\Delta\sigma$) | 2,4539 | 2,8248 | 3,2230 |
| 3 | Tekanan Utama Mayor (σ_1) | 2,9539 | 3,8248 | 4,7230 |
| 4 | Absis (Pusat Lingkaran), (x) | 1,7269 | 2,4123 | 3,1115 |
| 5 | Jari-Jari Lingkaran (r) | 1,2269 | 1,4123 | 1,6115 |

Tabel 5.35 Sampel Tanah Asli + 20% Pasir Merapi Pada Uji Triaksial Untuk Mencari Parameter Kuat Geser

| No | Parameter | Tekanan Keliling | | |
|----|-------------------------------------|------------------|--------|--------|
| | | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 1 | Tekanan Utama Minor (σ_3) | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 2 | Tekanan Deviator ($\Delta\sigma$) | 1,8846 | 2,9024 | 3,2694 |
| 3 | Tekanan Utama Mayor (σ_1) | 2,3846 | 4,4024 | 4,2694 |
| 4 | Absis (Pusat Lingkaran), (X) | 1,4423 | 2,9512 | 2,6346 |
| 5 | Jari-Jari Lingkaran (R) | 0,9423 | 1,4512 | 1,6346 |

Tabel 5.36 Sampel Tanah Asli + 30% Pasir Merapi Pada Uji Triaksial Untuk Mencari Parameter Kuat Geser

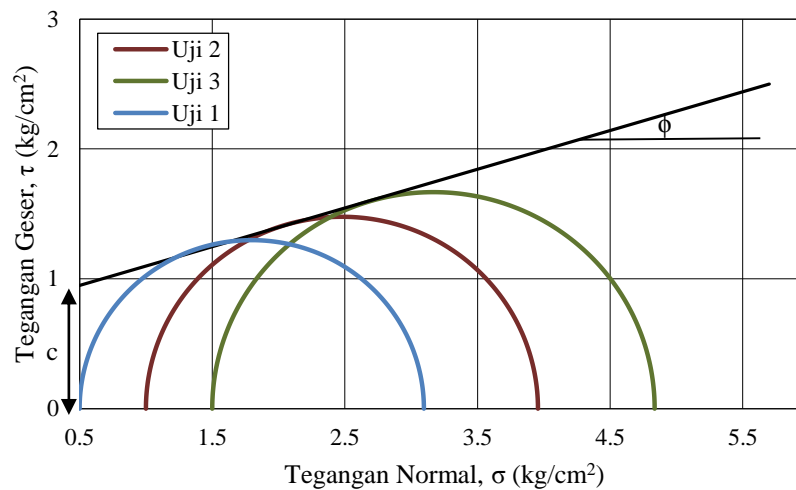
| No | Parameter | Tekanan Keliling | | |
|----|-------------------------------------|------------------|--------|--------|
| | | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 1 | Tekanan Utama Minor (σ_3) | 0,5 | 1 | 1,5 |
| 2 | Tekanan Deviator ($\Delta\sigma$) | 2,3318 | 3,2261 | 3,8070 |
| 3 | Tekanan Utama Mayor (σ_1) | 2,8318 | 4,2261 | 5,3070 |
| 4 | Absis (Pusat Lingkaran), (X) | 1,6659 | 2,6130 | 3,4034 |
| 5 | Jai-Jari Lingkaran (R) | 1,1659 | 1,6130 | 1,9034 |

Dari hasil pengujian triaksial pada Tabel 5.32, Tabel 5.33, Tabel 5.34, dan Tabel 5.35 maka untuk mencari nilai parameter kuat geser tanah dapat di cari menggunakan rumus.

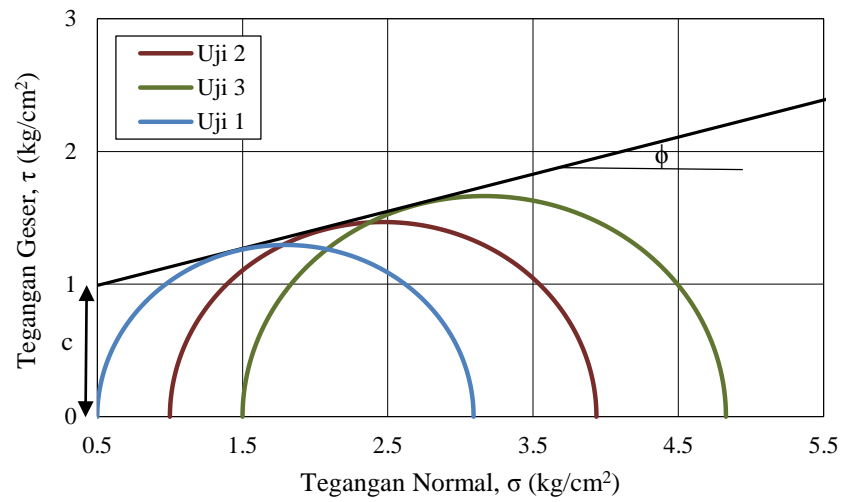
$$\sigma_1 = \sigma_3 m^2 + 2mc$$

$$m = \text{tg} \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

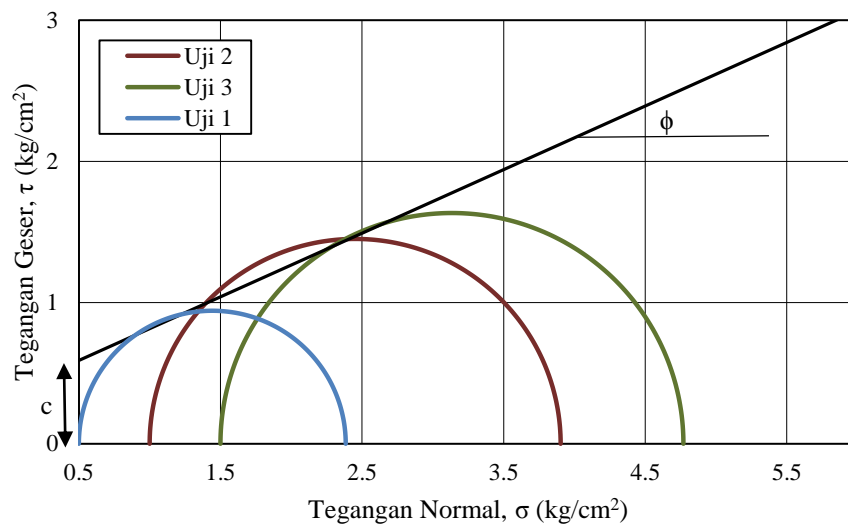
Kuat geser tanah juga bisa dinyatakan dalam bentuk tegangan-tegangan efektif σ_1 dan σ_3 pada saat keruntuhan terjadi. σ_1 adalah tegangan utama mayor efektif dan σ_3 adalah tegangan utama minor efektif. Dari hasil pengujian triaksial, maka mencari nilai kohesi dan sudut geser dalam dapat ditentukan. Dalam mencari nilai nilai parameter kuat geser tanah, terlebih dahulu harus menggambar *Lingkaran Mohr*, sehingga dari gambar tersebut nilai kohesi dan sudut geser dalam dapat diketahui. *Lingkaran Mohr* tanah asli dan campuran tanah asli dengan bahan tambah pasir Merapi dengan variasi presentase 10%, 20%, dan 30% dapat di lihat pada Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15 berikut ini.



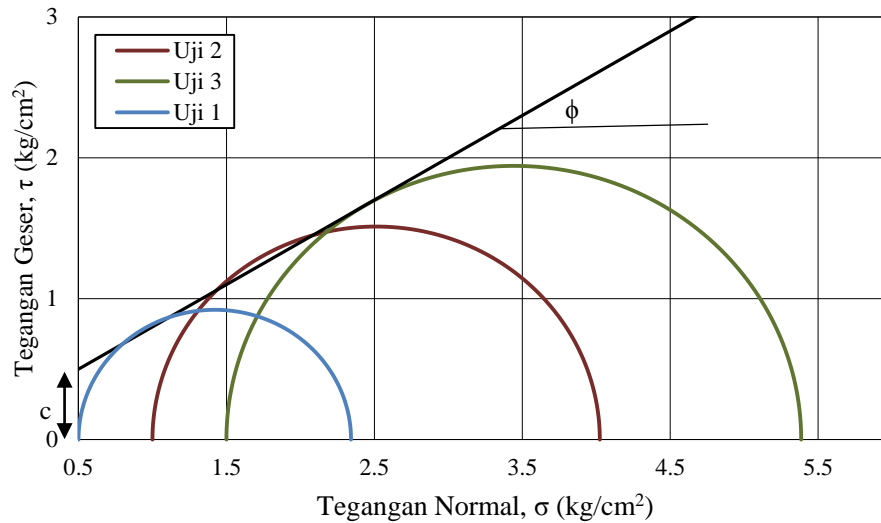
Gambar 5.12 Grafik Ellips Mohr Campuran Tanah Asli (Sampel 1)



Gambar 5.13 Grafik Ellips Mohr Campuran Tanah Asli + 10% Pasir (Sampel 1)



Gambar 5.14 Grafik Ellips Mohr Campuran Tanah Asli + 20% Pasir (Sampel 1)



Gambar 5.15 Grafik Ellipsis Mohr Campuran Tanah Asli + 30% Pasir (Sampel 1)

Dari Gambar 5.12, Gambar 5.13, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15 di dapatkan nilai parameter kuat geser tanah yaitu nilai sudut geser dalam dan kohesi yang dapat di lihat pada Tabel 5.37 dan nilai parameter kuat geser rata-rata pada Tabel 5.38.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Nilai Parameter Kuat Geser Tanah pada Pengujian Triaksial Sampel 1 dan Sampel 2

| Sampel Tanah | Sampel 1 | | Sampel 2 | |
|-------------------------|------------------------------|------------|------------------------------|------------|
| | Sudut Geser Dalam (ϕ) | Kohesi (c) | Sudut Geser Dalam (ϕ) | Kohesi (c) |
| Tanah Asli | 52,83 ° | 0,842 | 53,38 ° | 0,705 |
| Tanah Asli + 10 % Pasir | 53,09 ° | 0,784 | 54,22 ° | 0,685 |
| Tanah Asli + 20 % Pasir | 57,39 ° | 0,397 | 54,10 ° | 0,561 |
| Tanah Asli + 30 % Pasir | 60,22 ° | 0,246 | 60,58 ° | 0,166 |

Tabel 5.38 Nilai Parameter Kuat Geser Tanah Rata-Rata pada Pengujian Triaksial

| Sampel | Sudut Geser Dalam, ϕ | Kohesi, c |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Tanah Asli | 53,105 ° | 0,774 kg/cm ² |
| Tanah Asli + 10 % Pasir | 53,652 ° | 0,735 kg/cm ² |

Lanjutan Tabel 5.38 Nilai Parameter Kuat Geser Tanah Rata-Rata pada Pengujian Triaksial

| Sampel | Sudut Geser Dalam, ϕ | Kohesi, c |
|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Tanah Asli + 20 % Pasir | 55,747 ° | 0,478 kg/cm ² |
| Tanah Asli + 30 % Pasir | 60,400 ° | 0,207 kg/cm ² |

5.2.7 Pengujian Konsolidasi

Saat proses konsolidasi berlangsung, tinggi tekanan air pori berangsur-angsur turun akibat air keluar secara bertahap dari dalam benda uji. Bila tanahnya berjenis lempung, maka penurunan agak besar, sedangkan jika tanah terdiri dari pasir, maka penurunannya akan kecil. Karena itu lempung dikatakan mempunyai *High Compresibility* dan pasir mempunyai *Low Compresibility*. Penurunan pada lempung biasanya memakan waktu yang lama, karena daya rembesan air sangat lemah. Sebaliknya, pada pasir, penurunan berlangsung cepat (segera) dan menyeluruh.

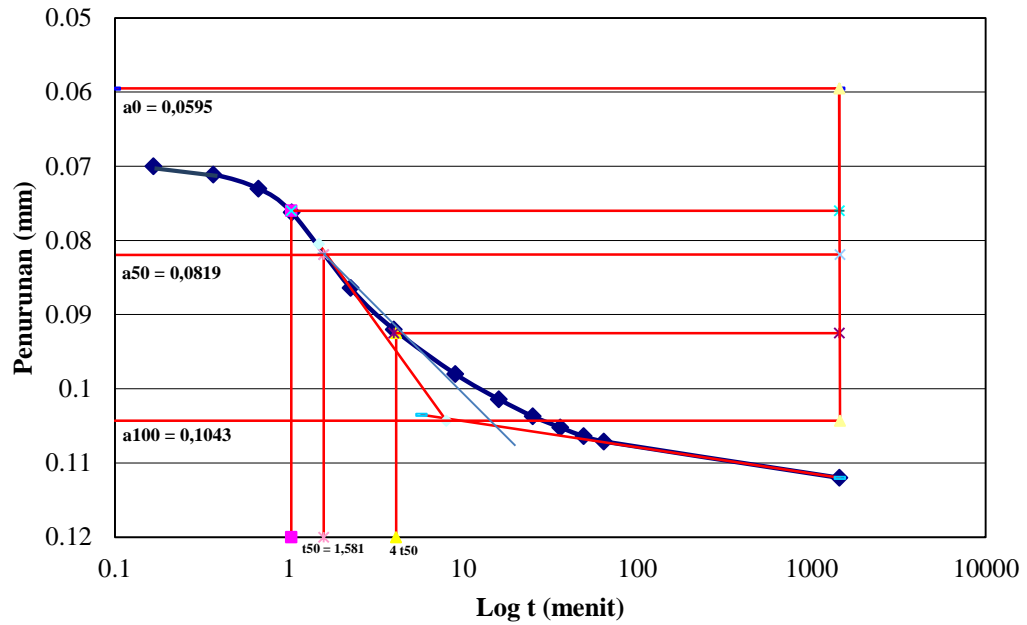
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi pada tanah asli di bawah Candi Perwara yang memiliki tekstur halus dan berlanau dengan bahan tambah pasir Merapi. Variasi campuran bahan tambah yang akan di gunakan yaitu 10%, 20%, dan 30%. Setiap presentase campuran, di buat 2 (dua) sampel benda uji untuk perbandingan rata-rata. Dari penurunan yang terjadi, kita dapat mengetahui kecepatan penurunannya pada kondisi konsolidasi 50 % (t50) dan kondisi konsolidasi 90% (t90). Metode yang di gunakan untuk mencari kecepatan penurunan tersebut yaitu Metode Kecocokan Log-Waktu (*Log Fitting Method*) untuk t50 dan Metode Akar Waktu (*Square Root Fitting Method*) untuk t90. Pembacaan akhir dial dalam satuan mm adalah absis dari kedua kurva tersebut, sedangkan untuk ordinat, pada *Log Fitting Method* yaitu waktu pembacaan (t) dalam satuan menit, dan pada *Square Root Fitting Method* yaitu akar t dalam satuan menit. Untuk data pembacaan pengujian konsolidasi sampel 1 dapat di lihat pada Tabel 5.38 berikut.

Tabel 5.39 Pembacaan Dial Uji Konsolidasi Tanah Asli + 10% Pasir Merapi (Sampel 1)

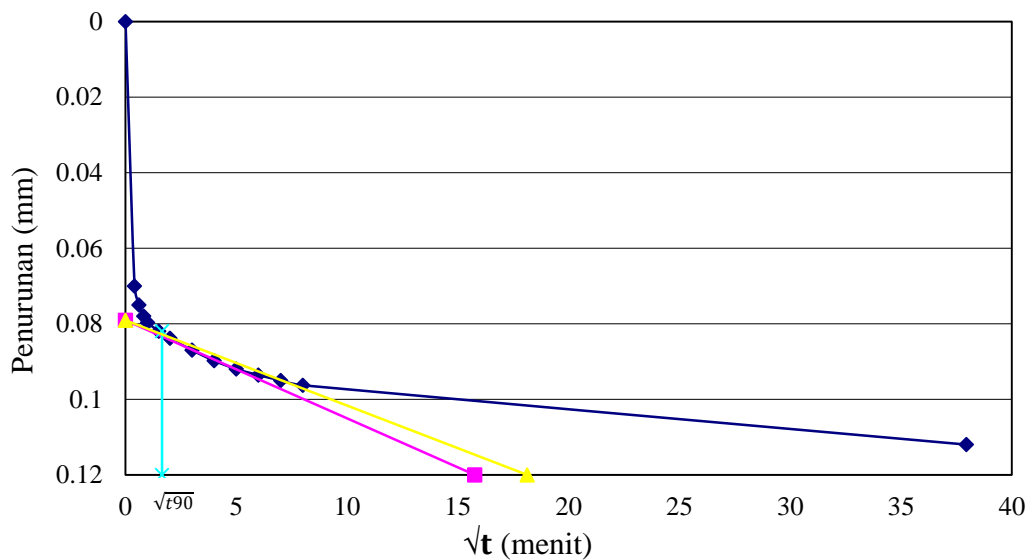
| Penurunan | | | | BEBAN/ TEGANGAN | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----------|----------|------------|-----------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Waktu pembacaan | | | | 1 kg | | 2 kg | | 4 kg | | 8 kg | | 16 kg | | 32 kg | | 64 kg | |
| t | | | \sqrt{t} | | | | | | | | | | | | | | |
| detik | menit | jam | menit | div | mm | div | mm | div | mm | div | mm | div | mm | div | mm | div | mm |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 | 0,112 | 186 | 0,186 | 374 | 0,374 | 619 | 0,619 | 1118 | 1,118 | 1686 | 1,686 |
| 10 | 0,166667 | 0,002778 | 0,408248 | 70 | 0,07 | 142 | 0,142 | 272 | 0,272 | 510 | 0,510 | 942 | 0,942 | 1256 | 1,256 | 2080 | 2,080 |
| 22 | 0,366667 | 0,006111 | 0,60553 | 75 | 0,075 | 148 | 0,148 | 278 | 0,278 | 518 | 0,518 | 950 | 0,950 | 1276 | 1,276 | 2096 | 2,096 |
| 40 | 0,666667 | 0,011111 | 0,816497 | 78 | 0,078 | 150 | 0,150 | 290 | 0,290 | 524 | 0,524 | 970 | 0,970 | 1299 | 1,299 | 2104 | 2,104 |
| 60 | 1 | 0,016667 | 1 | 80 | 0,08 | 152 | 0,152 | 292 | 0,292 | 532 | 0,532 | 978 | 0,978 | 1311 | 1,311 | 2118 | 2,118 |
| 145 | 2,25 | 0,0375 | 1,5 | 82 | 0,082 | 153 | 0,153 | 298 | 0,298 | 542 | 0,542 | 994 | 0,994 | 1382 | 1,382 | 2138 | 2,138 |
| 240 | 4 | 0,066667 | 2 | 84 | 0,084 | 155 | 0,155 | 302 | 0,302 | 545 | 0,545 | 1012 | 1,012 | 1462 | 1,462 | 2157 | 2,157 |
| 540 | 9 | 0,15 | 3 | 85 | 0,085 | 159 | 0,159 | 306 | 0,306 | 555 | 0,555 | 1020 | 1,020 | 1540 | 1,540 | 2172 | 2,172 |
| 960 | 16 | 0,266667 | 4 | 89 | 0,089 | 160 | 0,160 | 313 | 0,313 | 562 | 0,562 | 1028 | 1,028 | 1567 | 1,567 | 2192 | 2,192 |
| 1500 | 25 | 0,416667 | 5 | 91 | 0,091 | 162 | 0,162 | 318 | 0,318 | 564 | 0,564 | 1036 | 1,036 | 1580 | 1,580 | 2206 | 2,206 |
| 2160 | 36 | 0,6 | 6 | 92 | 0,092 | 164 | 0,164 | 320 | 0,320 | 567 | 0,567 | 1042 | 1,042 | 1588 | 1,588 | 2219 | 2,219 |
| 2940 | 49 | 0,816667 | 7 | 94 | 0,094 | 166 | 0,166 | 324 | 0,324 | 572 | 0,572 | 1048 | 1,048 | 1599 | 1,599 | 2229 | 2,229 |
| 3840 | 64 | 1,066667 | 8 | 95 | 0,095 | 170 | 0,170 | 326 | 0,326 | 575 | 0,575 | 1050 | 1,050 | 1604 | 1,604 | 2241 | 2,241 |
| 86400 | 1440 | 24 | 37,94733 | 112 | 0,112 | 186 | 0,186 | 374 | 0,374 | 619 | 0,619 | 1118 | 1,118 | 1686 | 1,686 | 2282 | 2,282 |

| Pengembangan | | | | Beban/ Tegangan | | | |
|-----------------|-------|-----|------------|---------------------------|-------|---------------------------|-------|
| Waktu Pembacaan | | | | 16 kg | | 4 kg | |
| t | | | \sqrt{t} | 0,3592 kg/cm ² | | 0,0898 kg/cm ² | |
| detik | menit | jam | menit | div | mm | div | mm |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 2282 | 2,282 | 2054 | 2,054 |
| 86400 | 1440 | 24 | 37,947 | 2054 | 2,054 | 1912 | 1,912 |

Dari data pembacaan pengujian konsolidasi pada Tabel 5.38, di dapatkan kurva t_{50} dan kurva t_{90} pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.16 Kurva Penurunan vs Log t Beban 1 kg Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi (Sampel 1)



Gambar 5.17 Kurva Penurunan vs \sqrt{t} Beban 1 kg Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi (Sampel 1)

Dari kurva penurunan tersebut, di dapat nilai t_{50} sebesar 1,5812 menit atau 94,875 detik dan nilai t_{90} sebesar 1,65 menit atau 163,350 detik. Dengan cara perhitungan yang sama, rekapitulasi pembacaan dial dan perhitungan koefisien konsolidasi (C_v) campuran tanah asli dengan bahan tambah pasir 20% dan 30% pasir Merapi sampel 1 dan sampel 2 dapat di lihat pada Lampiran 1 – Lampiran 11.

Koefisien konsolidasi (C_v) adalah koefisien yang menyatakan kecepatan proses konsolidasi pada suatu sampel tanah, semakin besar nilai koefisien itu, maka semakin cepat pula proses konsolidasi berlangsung. Setelah mendapatkan nilai t_{50} dan t_{90} , maka dapat di cari juga nilai koefisien konsolidasi (C_v) dengan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Untuk } t_{50}, C_v = \frac{0,197 H^2 t}{t_{50}}$$

$$\text{Untuk } t_{90}, C_v = \frac{0,848 H^2 t}{t_{90}}$$

Pada sampel 1 campuran pasir merapi 10 % dapat dilihat pada Tabel 5.39 bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi, nilai C_v semakin menurun. Sama halnya saat campuran pasir merapi 20 % dan 30 % pada Tabel 5.41 dan Tabel 5.42.

Tabel 5.40 Koefisien Konsolidasi pada saat t_{50} dan t_{90} Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi (Sampel 1)

| Square Root Fitting Method | | Log Fitting Method | |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| t_{90} (detik) | C_v (cm ² /detik) | t_{50} (detik) | C_v (cm ² /detik) |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 163,350 | 0,005162 | 94,8749 | 0,00206 |
| 127,896 | 0,006569 | 70,9825 | 0,00275 |
| 311,904 | 0,002683 | 173,0419 | 0,00112 |
| 360,150 | 0,002304 | 200,5170 | 0,00096 |
| 325,734 | 0,002507 | 182,4531 | 0,00104 |

Lanjutan Tabel 5.40 Koefisien Konsolidasi pada saat t50 dan t90 Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi (Sampel 1)

| | | | |
|---------|----------|----------|---------|
| 269,664 | 0,002979 | 148,9880 | 0,00125 |
| 447,829 | 0,001785 | 247,8285 | 0,00075 |

Tabel 5.41 Koefisien Konsolidasi pada saat t50 dan t90 Tanah Asli + 20 % Pasir Merapi (Sampel 1)

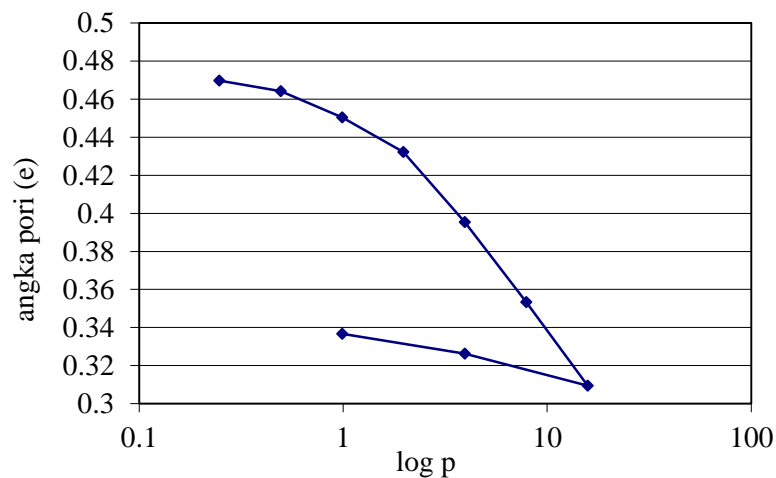
| Square Root Fitting Method | | Log Fitting Method | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| t90 | Cv | t50 | Cv |
| (detik) | (cm ² / detik) | (detik) | (cm ² / detik) |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 207,576 | 0,00406 | 116,4532 | 0,001683 |
| 208,023 | 0,00404 | 115,9181 | 0,001686 |
| 194,184 | 0,00431 | 107,9323 | 0,001802 |
| 262,086 | 0,00316 | 145,5966 | 0,001323 |
| 504,600 | 0,00163 | 280,6411 | 0,000682 |
| 237,606 | 0,00343 | 132,1756 | 0,001431 |
| 399,384 | 0,00200 | 222,4084 | 0,000834 |

Tabel 5.42 Koefisien Konsolidasi pada saat t50 dan t90 Tanah Asli + 30 % Pasir Merapi (Sampel 1)

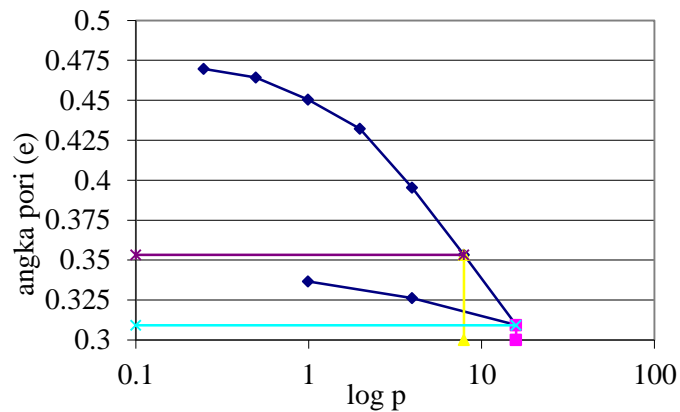
| Square Root Fitting Method | | Log Fitting Method | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| t90 | Cv | t50 | Cv |
| (detik) | (cm ² /detik) | (detik) | (cm ² /detik) |
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 224,6072 | 0,0038 | 124,7818 | 0,00732 |
| 180,8938 | 0,0047 | 100,4965 | 0,00905 |
| 275,6917 | 0,0030 | 153,1620 | 0,00591 |
| 142,6999 | 0,0058 | 79,27774 | 0,01135 |
| 156,4674 | 0,0053 | 86,92631 | 0,01029 |
| 169,2091 | 0,0049 | 94,00506 | 0,00946 |
| 256,6988 | 0,0032 | 142,6104 | 0,00617 |

Besarnya nilai kuat geser tanah dapat dipengaruhi oleh sifat fisik, seperti kepadatan tanah, air pori (e), ukuran butiran tanah, dan peristiwa pembebanan (P_c). Peningkatan kuat geser tanah selalu di ikuti dengan semakin kecil nilai angka pori (e) dan bertambahnya kepadatan tanah akibat dari bertambahnya tegangan efektif yang terjadi pada tanah tersebut.

Dari hasil pengujian konsolidasi yang telah dilakukan, di hasilkan grafik semi logaritma hubungan angka pori (e) dengan beban (P) yang dapat di lihat pada Gambar 5.16. Pada grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar beban (P) yang bekerja maka nilai angka pori (e) semakin kecil. Setelah di dapatkan grafik hubungan angka pori dengan beban, makan dapat di cari nilai indeks pemampatan (C_c), Indeks pemampatan kembali (C_r), dan tekanan prakonsolidasi (P_c) yang dapat di lihat pada Gambar 5.19, Gambar 5.20, dan Gambar 5.21.



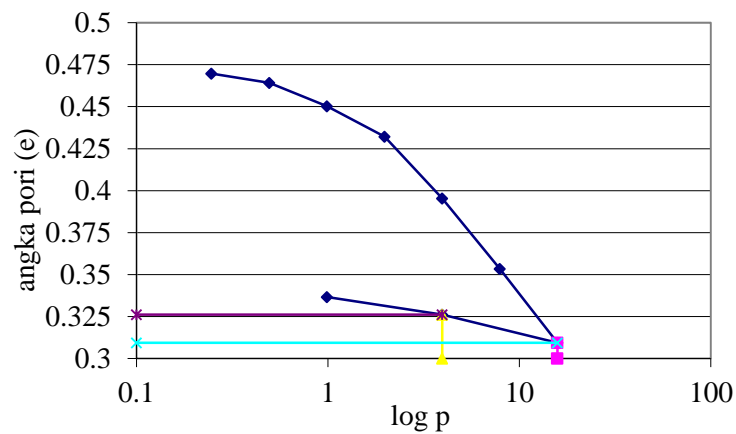
Gambar 5.18 Grafik e vs $\log P$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi
Beban 1 kg pada Pengujian Konsolidasi



Gambar 5.19 Grafik Menentukan Nilai C_c dengan Grafik e vs $\log P$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi Beban 1 kg pada Pengujian Konsolidasi

Nilai yang di dapat dari Gambar 5.19 adalah

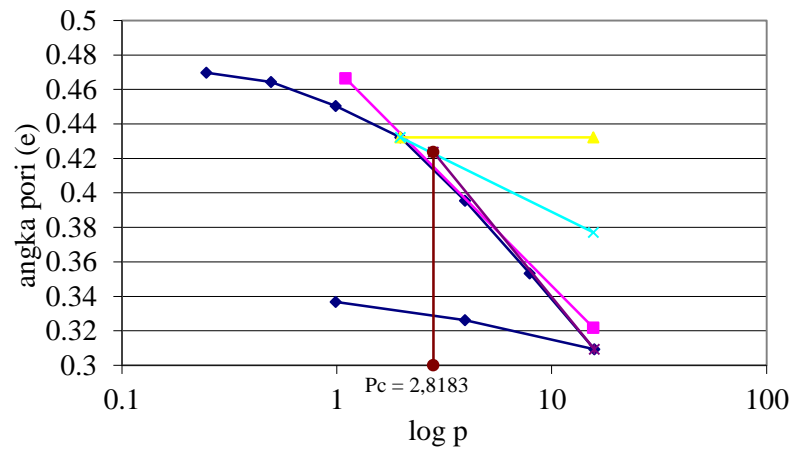
$$C_c = \frac{e_3 - e_4}{\text{Log } P_4 - \text{Log } P_3} = \frac{0,3533 - 0,3093}{15,8085 - 7,904} = 0,00557$$



Gambar 5.20 Grafik Menentukan Nilai C_r dengan Grafik e vs $\log P$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi Beban 1 kg pada Pengujian Konsolidasi

Nilai yang di dapat dari Gambar 5.20 adalah

$$C_r = \frac{e_3 - e_4}{\text{Log } P_4 - \text{Log } P_3} = \frac{0,3262 - 0,30933}{15,8085 - 3,95} = 0,00142$$



Gambar 5.21 Grafik Menentukan Nilai P_c dengan Grafik e vs $\log P$ Campuran Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi Beban 1 kg pada Pengujian Konsolidasi

Nilai yang di dapat dari Gambar 5.21 adalah $P_c = 2,8183$

Setelah di dapatkan nilai koefisien konsolidasi yaitu P_c , C_c , dan C_r , maka nilai penurunan dapat di cari dari data pada Tabel 5.43 berikut.

Tabel 5.43 Data Untuk Mencari Nilai Penurunan Tanah Asli + 10 % Pasir Merapi (Sampel 1) Setelah Pengujian Konsolidasi

| Parameter | Nilai | Satuan |
|------------|---------------------|--------------------|
| P_0 | 8,1 | kg/cm ² |
| P_c | 2,818 | kg/cm ² |
| Δp | $1,65 \times 10^4$ | kg |
| P_1 | 8,0 | kg/cm ² |
| C_c | $5,56 \times 10^3$ | kg/cm ² |
| C_r | $1,423 \times 10^3$ | kg/cm ² |
| e_0 | 0,478 | |
| H | 300 | cm |

Dari data pada Tabel 5.42, dapat di lihat bahwa nilai p_1 lebih besar dari nilai p_c , sehingga untuk mencari besarnya penurunan tanah di gunakan rumus $S_c = C_r \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_c'}{p_0'} + C_c \frac{H}{1+e_0} \log \frac{p_1'}{p_c'}$. Setelah disubstitusikan, di dapatkan nilai penurunan pada campuran tanah asli dan 10 % pasir Merapi sebesar 0,38564 cm.

Untuk nilai penurunan pada campuran pasir 20 % dan 30 % dapat di lihat pada Tabel 5.44 berikut.

Tabel 5.44 Rekapitulasi besarnya nilai penurunan pengujian konsolidasi pada sampel 1 dan sampel 2

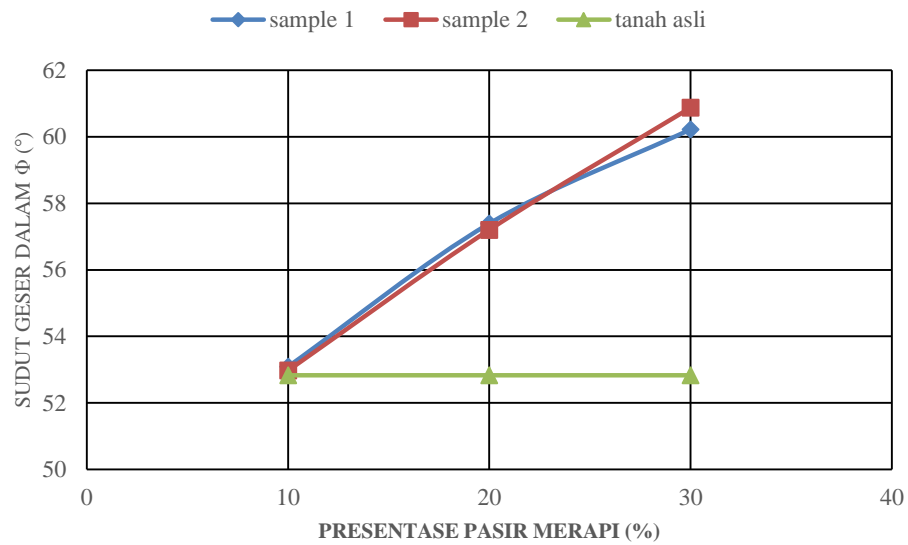
| Persentase Pasir Merapi (%) | Sampel 1 | Sampel 2 | Satuan |
|-----------------------------|----------|----------|--------|
| 0 | 0,4238 | 0,5782 | cm |
| 10 | 0,38564 | 0,55154 | cm |
| 20 | 0,26485 | 0,50702 | cm |
| 30 | 0,15508 | 0,38938 | cm |

5.3 PEMBAHASAN

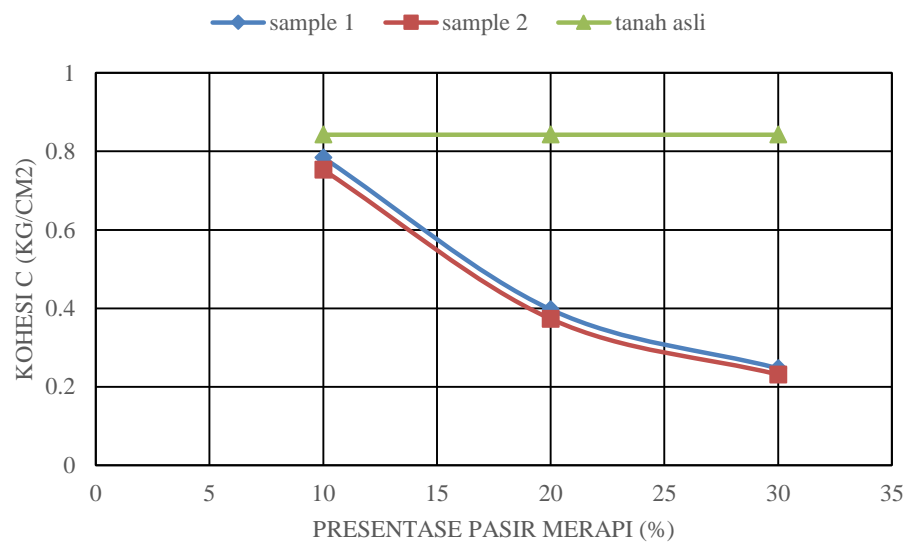
Pembahasan ini terkait dengan data hasil pengujian-pengujian terhadap sifat fisik tanah dan bahan tambah yang dilakukan di laboratorium berikut ini.

5.3.1 Hubungan-Hubungan Hasil Pengujian Triaksial

Pengujian triaksial dilakukan dengan tiga tahapan yaitu saturasi, konsolidasi, dan pembebanan. Pada pengujian kali ini, di gunakan pengujian triaksial *Unconsolidated-Undrainated* (UU) dimana saat dilakukan pembebanan, saluran drainase harus ditutup, sehingga tekanan air pori bertambah. Proses pembebanan atau tegangan deviator ($\Delta\sigma$) di lakukan sampai tanah mengalami keruntuhan. Hubungan nilai parameter kuat geser tanah (kohesi c dan sudut geser dalam ϕ) terhadap presentase bahan tambah pasir Merapi dapat di lihat pada Gambar 5.22 dan 5.23 berikut.



Gambar 5.22 Hubungan Nilai Sudut Geser Dalam (ϕ) Terhadap Persentase Campuran Pasir Merapi pada Pengujian Triaksial



Gambar 5.23 Hubungan Nilai Kohesi (c) Terhadap Persentase Campuran Pasir Merapi pada Pengujian Triaksial

Dari Gambar 5.22 dan Gambar 5.23 diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

- a. Bertambahnya pasir menghasilkan sudut geser dalam (ϕ) yang lebih besar daripada sudut geser tanah aslinya, karena penambahan pasir

mengurangi rongga-rongga antar partikel tanah sehingga meningkatkan gesekan antara pasir dan tanah.

- b. Penambahan pasir berpengaruh terhadap kohesi (c) atau lekatan antara butiran campuran tersebut, hal ini dapat dilihat dari nilai kohesi yang dihasilkan cenderung menurun. Semakin banyak pasir yang ditambahkan dalam setiap campuran, maka nilai kohesi tanah campuran tersebut juga semakin menurun di bandingkan kohesi tanah aslinya. Menurunnya nilai kohesi di sebabkan karena semakin banyaknya pasir yang di tambahkan sehingga mengurangi ikatan antar butir-butiran tanah oleh pasir.

5.3.2 Hubungan-Hubungan Hasil Pengujian Konsolidasi

Pada pengujian konsolidasi di dapatkan nilai tekanan prakonsolidasi (P_c), indeks pemampatan (C_c), dan indeks pemampatan kembali (C_r) dari grafik hubungan angka pori dan beban. Rekapitulasi nilai P_c , C_c , dan C_r dapat di lihat pada Tabel 5.45 dan Tabel 5.46 berikut.

Tabel 5.45 Rekapitulasi Nilai P_c , C_c dan C_r Pengujian Konsolidasi (Sampel 1)

| Persentase Pasir Merapi (%) | P_c | C_c | C_r |
|-----------------------------|-------|--------|--------|
| 0 | 2,817 | 0,0056 | 0,0010 |
| 10 | 2,818 | 0,0055 | 0,0014 |
| 20 | 4,497 | 0,0063 | 0,0012 |
| 30 | 5,152 | 0,0047 | 0,0008 |

Tabel 5.46 Rekapitulasi Nilai P_c , C_c dan C_r Pengujian Konsolidasi (Sampel 2)

| Persentase Pasir Merapi (%) | P_c | C_c | C_r |
|-----------------------------|-------|--------|--------|
| 0 | 2,931 | 0,0047 | 0,0006 |
| 10 | 2,944 | 0,0050 | 0,0007 |
| 20 | 2,992 | 0,0058 | 0,0006 |
| 30 | 3,296 | 0,0077 | 0,0007 |

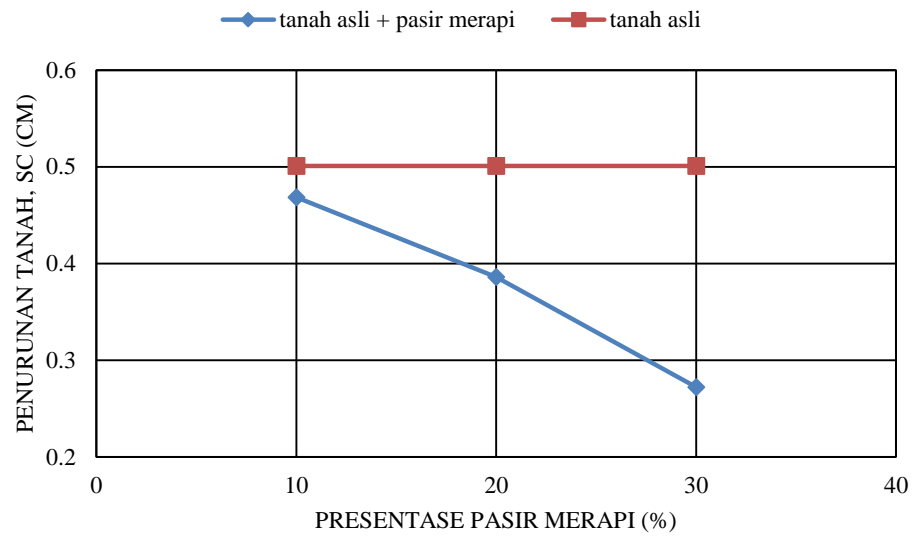
Setelah di dapatkan nilai koefisien konsolidasi (P_c , C_c , dan C_r), maka dapat di cari seberapa besar nilai penurunan konsolidasinya (S_c). Rekapitulasi besarnya nilai penurunan pengujian konsolidasi pada sampel 1 dan sampel 2 dapat di lihat

pada Tabel 5.47. Dari Gambar 5.24 dapat di lihat, nilai penurunan sampel campuran tanah asli dengan pasir Merapi berada di bawah batas nilai penurunan pada tanah asli yaitu sebesar 0,5010 cm. Pada sampel 1 nilai penurunan berkurang dari 0,38564 cm menjadi 0,15508 cm, sedangkan pada sampel 2 nilai S_c berkurang dari 0,55154 cm menjadi 0,38938 cm.

Penambahan pasir Merapi dari variasi 10 %, 20 % dan 30 % ternyata berpengaruh terhadap penurunan tanah di bawah Candi Perwara deret II No. 35, Prambanan, karena semakin besar persentase pasir yang ditambahkan maka besarnya penurunan yang terjadi semakin kecil. Hal ini berhubungan dengan sifat fisik pasir sendiri yang termasuk partikel berbutir kasar dan mempunyai kapasitas dukung yang tinggi. Semakin kecil nilai penurunan tanah, berhubungan juga dengan rendahnya nilai permeabilitas pada tanah asli Candi Perwara yang termasuk pada jenis tanah lanau. Dengan penambahan pasir Merapi dapat meningkatkan nilai permeabilitas karena pasir memiliki ruang pori yang besar sehingga dapat memperlancar gerakan udara dan air. Partikel-partikel yang ada pada kedua material tersebut saling mengikat sehingga struktur tanahnya menjadi lebih padat. Jadi, semakin banyak persentase pasir yang ditambahkan maka angka pori yang ada pada tanah asli Candi Perwara tersebut semakin berkurang dan ketinggian sampel akan mengalami penurunan. Apabila mendapat tekanan dari pembebanan maka penurunan tanah yang terjadi akan semakin berkurang seiring bertambahnya persentase pasir.

Tabel 5.47 Rekapitulasi Besarnya Nilai Penurunan Pengujian Konsolidasi pada Sampel 1 Dan Sampel 2

| Persentase Pasir Merapi (%) | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata-Rata | Satuan |
|-----------------------------|----------|----------|-----------|--------|
| 0 | 0,4238 | 0,5782 | 0,5010 | cm |
| 10 | 0,3856 | 0,5515 | 0,4685 | cm |
| 20 | 0,2648 | 0,5070 | 0,3859 | cm |
| 30 | 0,1550 | 0,3893 | 0,2722 | cm |



Gambar 5.24 Hubungan Penurunan Konsolidasi (S_c) Terhadap Presentase Campuran Pasir Merapi