

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Sampel yang diuji merupakan tanah lempung yang diambil dari Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, dan dilakukan pengujian terhadap sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

Sifat fisik tanah akan diperoleh dengan pengujian kadar air, *spesifik gravity*, analisa saringan basah, hidrometer, *density test*, uji permeabilitas, uji konsolidasi, uji pengembangan (*swelling*), dan uji batas – batas konsistensi. Sedangkan sifat mekanik tanah diperoleh dengan melakukan pengujian uji triaksial, uji *unconfined*, uji pemadatan, dan uji CBR (*soaked* dan *unsoaked*). Selanjutnya akan dilakukan pencampuran tanah terhadap variasi kadar air dan dilakukan pengujian yang meliputi pengujian CBR (*soaked* dan *unsoaked*), uji triaksial, dan uji *unconfined* terhadap sampel. Dari hasil pengujian akan dipaparkan dalam bentuk tabel dan grafik yang menunjukkan sifat fisik dan sifat mekanik tanah sampel yang diuji.

4.1 Pembacaan Data SPT

Uji yang dilakukan dengan cara pengeboran untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Dari pengujian SPT, dapat diketahui jenis tanah yang sedang diuji dengan menggunakan tabel seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1

Pengelompokan Jenis Tanah Berdasarkan Hasil SPT

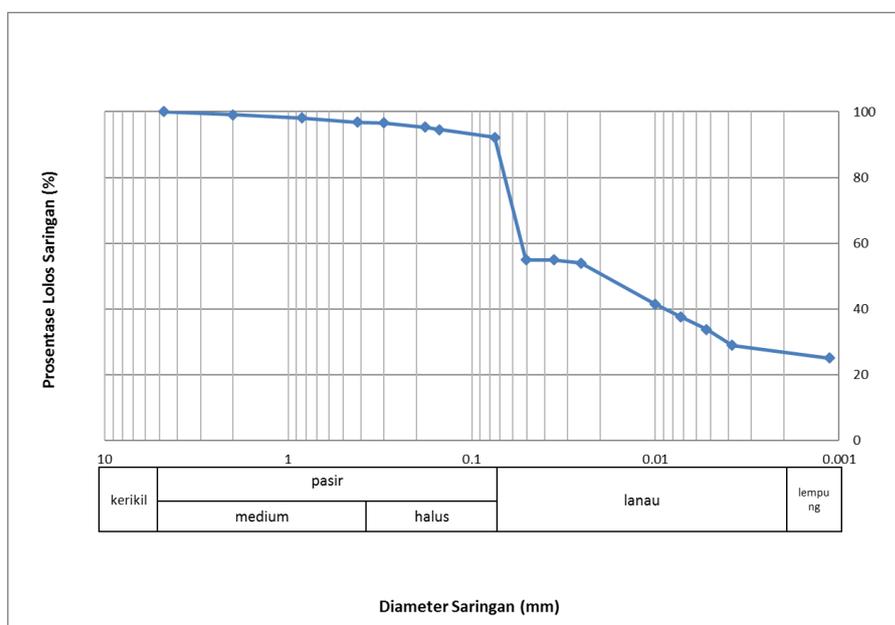
Consistency	N	c_u (kN/m ²)
Very soft	0–2	<12
Soft	2–4	12–25
Medium	4–8	25–50
Stiff	8–15	50–100
Very stiff	15–30	100–200
Hard	>30	>200

Dari pengujian *Standart Penetration Test* (SPT) yang dilakukan oleh pihak Adhi Karya seperti pada lampiran 5, didapatkan nilai NSPT dengan rentang 1-9 yang apabila dihubungkan dengan tabel penentuan jenis tanah menurut data SPT, maka didapatkan hasil bahwa tanah termasuk ke dalam jenis tanah lunak . Tanah lunak ditemukan pada kedalaman 1 sampai 15,5 m.

4.2 Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

4.2.1 Uji Analisis Butiran

Uji analisis butiran dibagi menjadi dua bagian pengujian, yaitu uji analisis saringan dan uji analisis hidrometer. Analisis hidrometer berperan dalam menentukan distribusi ukuran butiran tanah yang mengandung butir tanah lolos saringan no. 200. Sedangkan uji analisis saringan untuk menentukan distribusi ukuran butir tanah yang tertahan saringan no. 200. Sampel yang diuji termasuk kedalam tanah lempung, maka akan cukup sulit dalam proses pengayakan, oleh karena itu dilakukan uji analisis saringan basah (*Wet Sieve Analysis*) agar hasil pembagian butiran semakin valid. Hasil dari analisis saringan dan hidrometer disajikan dalam satu grafik dapat dilihat pada gambar 4.1 :



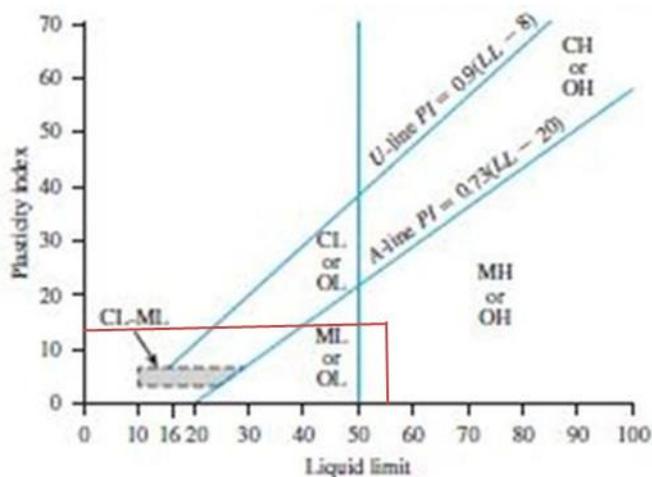
Gambar 4.1 Analisis saringan dan hidrometer

Dari gambar 4.1 di atas dapat dilihat bahwa tanah dari Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan ini memiliki persentase distribusi lolos saringan no. 200 sebesar 92,15% dan

menurut sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) termasuk jenis tanah berbutir halus.

4.2.1.1 Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

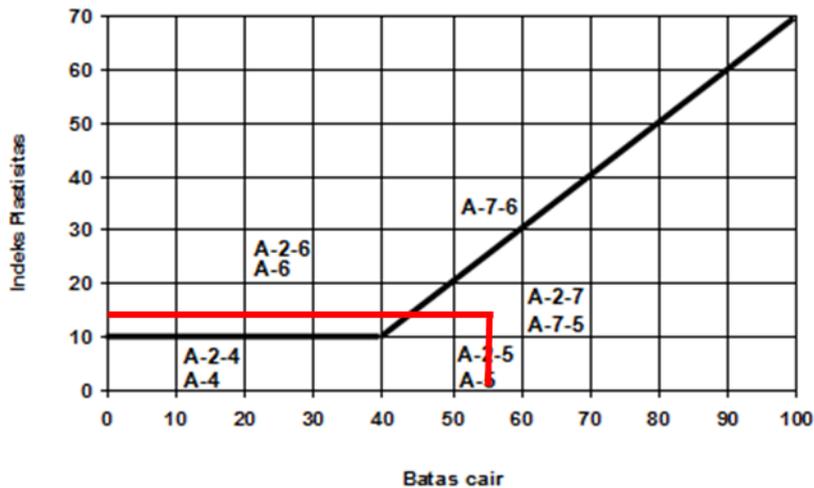
Berdasarkan sistem klasifikasi tanah sistem *unified* yang sudah diplotkan pada gambar 4.2, tanah lempung dari Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan ini tergolong sebagai tanah MH atau OH (lempung organik). Hasil ini didapatkan karena melihat dari hasil analisis butiran dengan persentase distribusi lolos saringan no. 200 sebesar 92,25% maka tanah tersebut merupakan tanah berbutir halus dan dilihat dari batas-batas atterberg tanah ini memiliki batas cair (*liquid limit*) sebesar 56,12 %, batas plastis (*plastic limit*) sebesar 43,36%, batas susut (*shrinkage limit*) sebesar 11,863 %, maka tanah ini mempunyai indeks plastisitas sebesar 12,76%.



Gambar 4.2 Klasifikasi Tanah USCS

4.2.1.2 Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *AASHTO*

Berdasarkan sistem klasifikasi tanah sistem *American Assosiation of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) yang sudah diplotkan pada gambar 4.3, tanah lempung dari Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan ini memiliki nilai LL = 56,12 %, PI = 12,76%, maka tanah tersebut termasuk ke dalam golongan tanah berlempung (A-7-5).



Gambar 4.3 Klasifikasi Tanah AASHTO

4.2.2 Pengujian *Specific Gravity*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai *specific gravity* sampel tanah yang mempunyai butiran lewat saringan no.40 dengan piknometer yang merupakan perbandingan antara berat volume butiran dengan berat volume air menggunakan volume yang sama pada temperatur tertentu. Pada pengujian ini digunakan temperatur 30° C. Hasil yang didapatkan dari pengujian adalah nilai G_s sebesar 2,463.

4.2.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air memiliki tujuan untuk mengetahui nilai perbandingan antara berat air dalam tanah dengan berat butiran tanah dalam satuan persen (%). Dari pengujian kadar air didapatkan kadar air tanah asli sebesar 50,51%

4.2.4 Pengujian Berat Isi Tanah (*Density Test*) dan Porositas Tanah

Pengujian berat isi tanah (*density test*) memiliki tujuan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah, sedangkan pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui nilai angka pori pada suatu sampel tanah. Hasil pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2

Hasil Pengujian Berat Isi dan Porositas Tanah

γ_d rata-rata	gram/cm ³	1,228	
Gs		2.463	
Volume Tanah Kering		5.169	
Isi Pori		5.628	5.001
Derajat Kejenuhan	%	92.397	96.372
Porositas	%	52.125	48.176
rata - rata porositas	%	50,15	

Dari data diatas dapat dihitung nilai angka pori dan γ_{sat} dengan cara berikut :

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$= \frac{5,3145}{5,169}$$

$$= 1,028$$

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{1 + e}$$

$$= \frac{(2,463 + 1,028)1}{1 + 1,028}$$

$$= 1,721 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi, dapat diketahui bahwa berat isi kering tanah lempung dari Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 1,228 gr/cm³, dengan angka pori sebesar 1,028, dan γ_{sat} sebesar 1,721 gr/cm³.

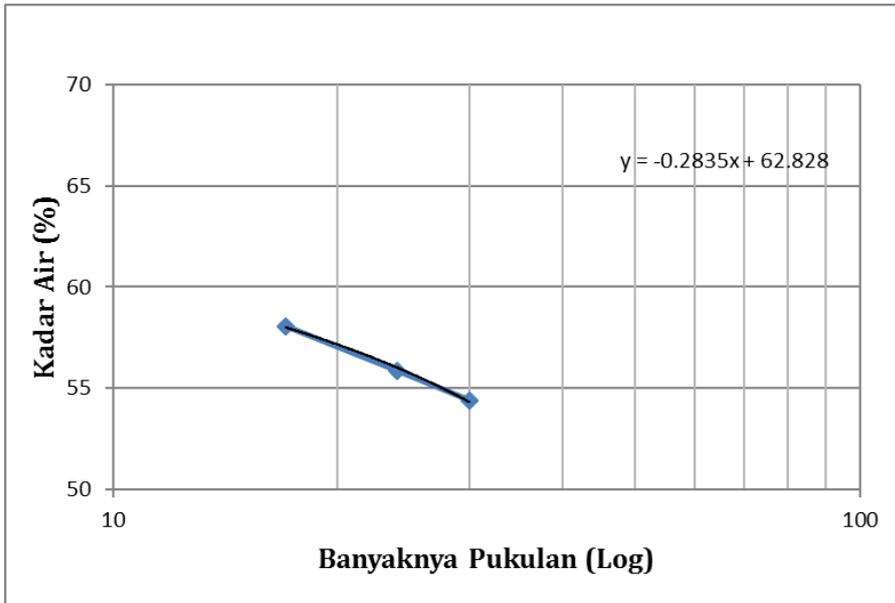
Menurut tabel angka pori, kadar air, dan berat volume kering untuk beberapa tipe tanah yang masih dalam keadaan asli pada tabel 2.3 pada bab tinjauan pustaka, hasil yang didapatkan memenuhi kriteria jenis tanah lempung lembek (*soft clay*).

4.2.5 Pengujian Batas – Batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Pengujian batas – batas konsistensi atau *Atterberg Limit* terdiri dari tiga penelitian, yaitu :

a. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian batas cair memiliki tujuan untuk menentukan batas cair suatu tanah dan mengetahui jenis serta sifat tanah dengan ukuran butir lolos saringan no. 40. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.4 Hubungan antara banyak pukulan dengan kadar air

Dari grafik dan tabel di atas, diperoleh nilai batas cair (LL) di Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 56,12 %.

b. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*) dan Indeks Plastis

Pengujian batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi plastis. Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai batas plastis (PL) untuk Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 43,36%, sehingga Indeks Plastis yang diperoleh adalah :

$$IP = LL - PL$$

$$= 56,12 - 43,36$$

$$= 12,754 \%$$

c. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Pengujian batas susut bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi antara daerah semi padat dan padat. Dari pengujian batas susut, didapatkan nilai batas susut (SL) untuk Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 11,863 %.

4.2.6 Pengujian Permeabilitas

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan *Coeffisien Of Permeability* dengan cara *falling head* untuk aliran air yang melalui tanah berbutir halus. Pengujian permeabilitas dapat menunjukkan kemudahan butiran dalam meloloskan air. Semakin kecil nilai permeabilitas, maka semakin sulit air untuk menembus butiran, begitu pula sebaliknya. Dari pengujian permeabilitas dengan *falling head*, didapatkan nilai permeabilitas untuk tanah Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan adalah sebesar 0,0003786 cm/det, yang menurut tabel 2.4 pada bab tinjauan pustaka berarti tanah termasuk ke dalam jenis tanah lanau.

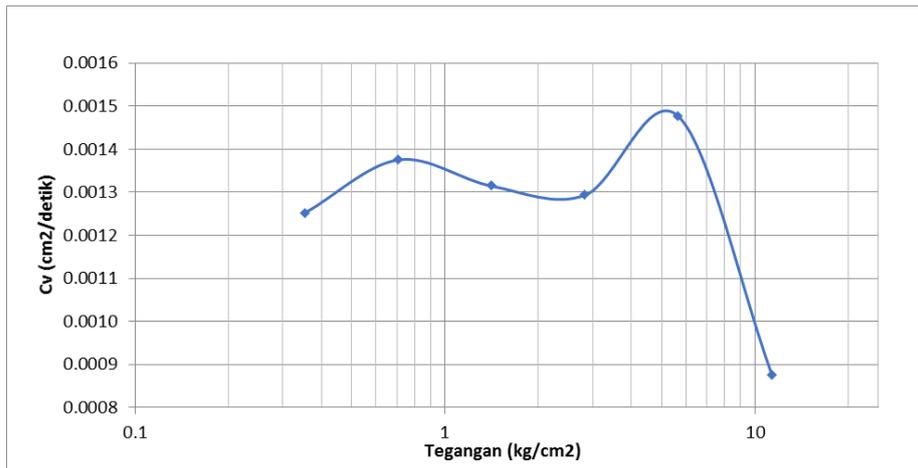
4.2.7 Pengujian Konsolidasi

Pemeriksaan konsolidasi bertujuan untuk menentukan sifat pemadatan suatu jenis tanah karena proses keluarnya air dari pori tanah yg diakibatkan oleh adanya tekanan vertikal yang bekerja pada tanah. Selain itu, penelitian konsolidasi juga bertujuan untuk mengetahui parameter konsolidasi suatu tanah yaitu Indeks Kompresi (C_c) dan Koefisien Konsolidasi (C_v). Dari hasil penelitian, didapatkan nilai sebagai berikut :

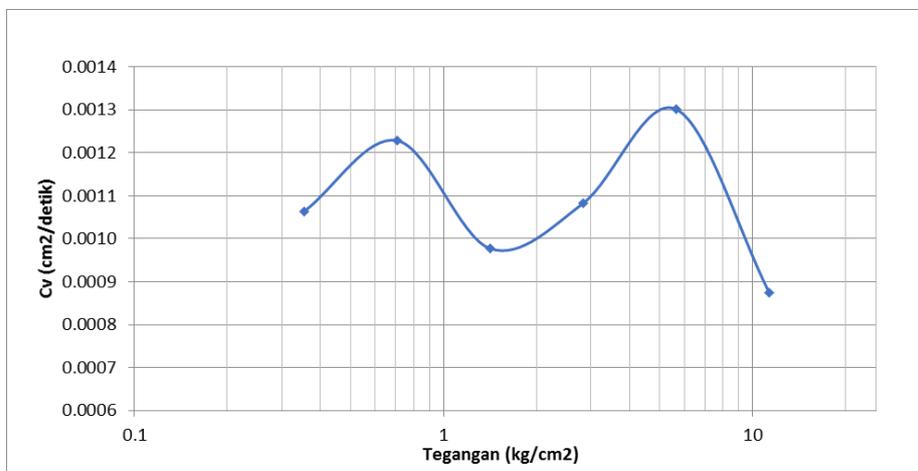
Tabel 4.3

Hasil C_v dengan Akar Waktu t_{90} dan Log Waktu t_{50}

Tegangan (kg/cm²)	$C_v (t_{90})$	$C_v (t_{50})$
0.354	0.001064	0.001252
0.707	0.001229	0.001376
1.415	0.000977	0.001315
2.829	0.001083	0.001294
5.659	0.001302	0.001477
11.318	0.000874	0.000876



Gambar 4.5 Hubungan antara tegangan dan C_v (t_{50})



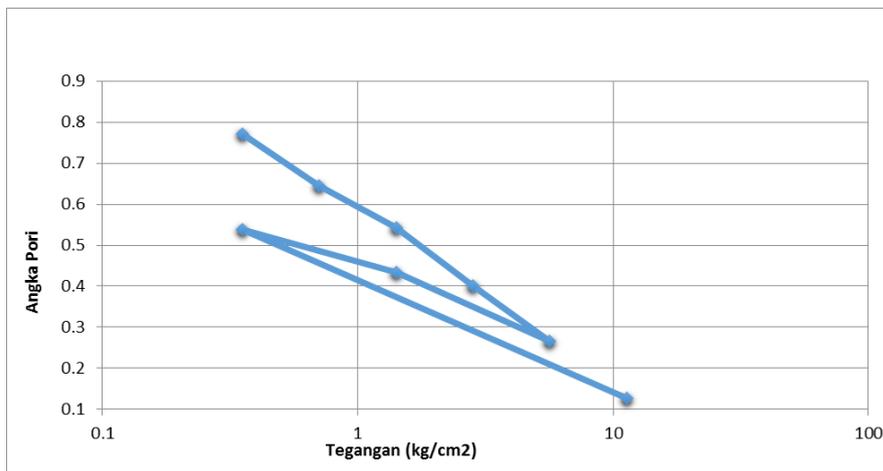
Gambar 4.6 Hubungan antara tegangan dan C_v (t_{90})

Koefisien konsolidasi (C_v) adalah parameter yang menghubungkan perubahan tekanan air pori terhadap waktu. Koefisien konsolidasi berhubungan dengan berapa lama suatu konsolidasi tanah tertentu akan terjadi dan juga tingkat penurunan konsolidasi yang akan terjadi untuk ke depannya. Hasil nilai C_v dapat dilihat pada tabel 4.3.

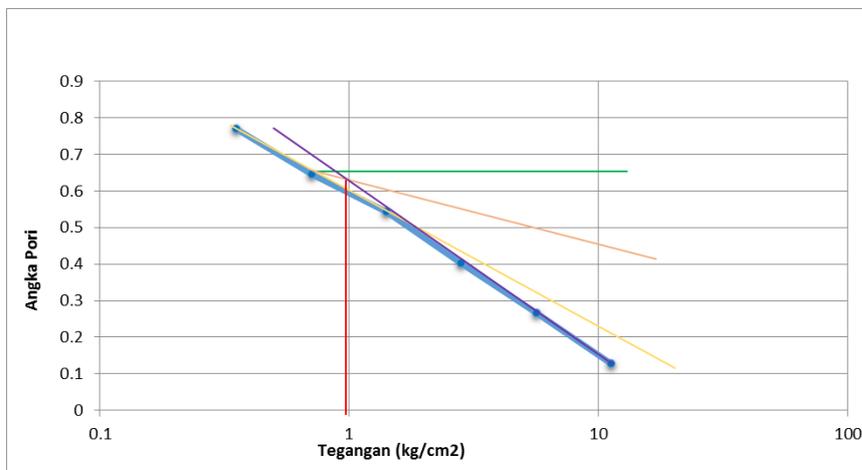
Tabel 4.4

Besarnya Konsolidasi dan Angka Pori

Tegangan (kg/cm ²)	Konsolidasi (ΔH) (cm)	Angka Pori $e = e_0 - \Delta e$
0.354	0.087	0.770
0.707	0.150	0.645
1.415	0.202	0.543
2.829	0.274	0.402
5.659	0.343	0.266
1.415	0.257	0.434
0.354	0.205	0.537
11.318	0.414	0.127



Gambar 4.7 Hubungan antara tegangan dan angka pori



Gambar 4.8 Hubungan antara tegangan dan angka pori tiap kenaikan beban

Dari tabel 4.4, dapat dihitung besarnya nilai C_c dengan cara :

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_4}{\sigma_3}} \\ &= \frac{e_3 - e_4}{\log \frac{\sigma_4}{\sigma_3}} \\ &= \frac{0.543 - 0.402}{\log \frac{2.829}{1.415}} \\ &= 0,439 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_c &= \frac{\Delta e}{\log \frac{\sigma_5}{\sigma_4}} \\ &= \frac{e_4 - e_5}{\log \frac{\sigma_5}{\sigma_4}} \\ &= \frac{0.402 - 0.266}{\log \frac{5.659}{2.829}} \\ &= 0,452 \end{aligned}$$

Indeks Kompresi (C_c) berhubungan dengan berapa besarnya penurunan yang akan terjadi. Dari perhitungan didapatkan nilai C_c rata – rata sebesar 0,445, yang menurut tabel nilai C_c untuk macam – macam jenis tanah (tabel 2.5 bab tinjauan pustaka) menunjukkan bahwa tanah termasuk ke dalam jenis tanah lempung medium s/d lunak.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat dihitung besarnya penurunan tanah yang terjadi sebagai berikut :

Indeks pemampatan, $C_c = 0,445$

Tebal lapisan tanah terkonsolidasi = 15,5 m

Asumsi beban kendaraan dan struktur, $\Delta \sigma' = 30 \text{ Kn/m}^2$

Berat jenis tanah asli, $\gamma_{\text{sat}} = 12,31 \text{ Kn/m}^3$

Void ratio sebelum pembebanan, $e_0 = 0,127$

Tegangan efektif *overburden*, $\sigma_0' = (7,75) \times (12,32 - 10) = 17,98 \text{ Kn/m}^2$

Sehingga diperoleh besarnya penurunan :

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{Cc \cdot H}{1+e_o} \log \left(\frac{\sigma_{0'} + \Delta \sigma'}{\sigma_{0'}} \right) \\
 &= \frac{0,445 \times 15,5}{1+0,127} \log \left(\frac{17,98+30}{17,98} \right) \\
 &= 2,65 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Selain itu, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan konsolidasi sebesar 2,65 m juga dapat dihitung dengan analisa waktu 90% konsolidasi, sebagai berikut :

Tebal lapisan tanah terkonsolidasi = 15,5 m

Panjang aliran drainase, $H_{dr} = 7,75 \text{ m}$

Koefisien kecepatan konsolidasi, $C_v = 8,74 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{det}$

Faktor waktu untuk konsolidasi 90%, $t_{90} = 0,848$

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{T_v \times H^2}{C_v} \\
 &= \frac{0,848 \times 7,75^2}{8,74 \times 10^{-8}} \\
 &= 799.576.138 \text{ detik} \\
 &= 799.576.138 / (3600 \times 24 \times 30) \\
 &= 308,5 \text{ bulan} = 25,7 \text{ tahun}
 \end{aligned}$$

Jadi, konsolidasi yang terjadi sebesar 2,65 m dalam waktu tempuh 25,7 tahun.

4.3 Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Pada pengujian Pengembangan (*swelling*) yang telah dilakukan, dengan perendaman sampel selama 4 hari dan dibebani dengan beban sebesar 4,5 kg, didapatkan hasil bahwa nilai pengembangan pada tanah sampel sebesar 0,812%, yang menurut tabel pengembangan tanah berarti tanah termasuk ke dalam tanah dengan pengembangan rendah.

4.4 Pengujian Sifat Mekanik Tanah dengan Pemadatan

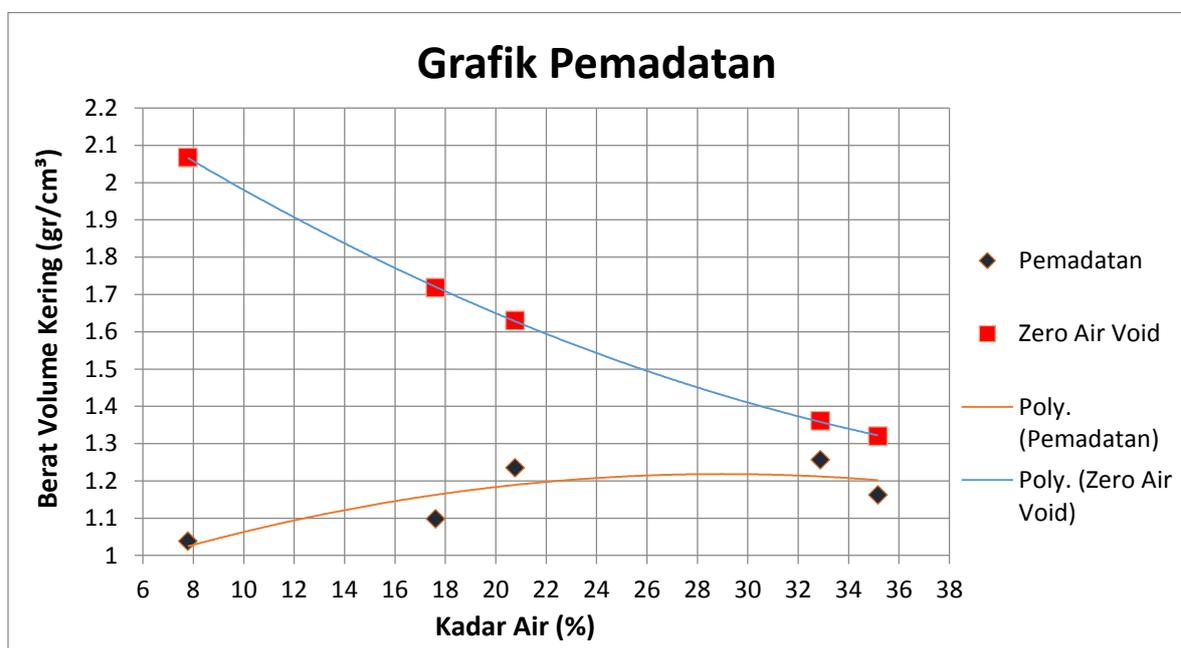
Pengujian pemadatan standart memiliki tujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan suatu sampel tanah dalam silinder berukuran tertentu menggunakan cetakan. Sampel tanah yang digunakan adalah tanah yang lolos saringan no. 4.

Pemadatan standart memiliki tujuan untuk mencari nilai Kadar Air Optimum (*Optimum Moisture Content*) dan juga nilai berat isi kering maksimum. Pada pengujian pemadatan standart didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.5

Hasil Pengujian Pemadatan Standart

Percobaan		1	2	3	4	5
kadar air (w)	%	7.778	17.610	20.771	32.885	35.160
berat isi kering (γ_d)	gr/cm ³	1.038	1.098	1.235	1.256	1.163
berat jenis Zero Air Void (γ_{zav})	gr/cm ³	2.067	1.718	1.629	1.361	1.320



Gambar 4.9 Hubungan antara kadar air dengan berat volume tanah kering

Dari kurva di atas, dapat diketahui bahwa tanah di Kecamatan Grati, Kabupaten Pasuruan memiliki nilai kadar air optimum (OMC) sebesar 31,25 % dengan berat isi kering maksimum ($\gamma_d maks$) sebesar 1,2467 gr/cm³. kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum ($\gamma_d maks$) inilah yang nantinya akan digunakan acuan untuk pembuatan sampel rencana penelitian. Berat isi kering maksimum ($\gamma_d maks$) ini akan digunakan sebagai variabel terikat (pengontrol) dalam pembuatan sampel CBR, triaksial, dan *unconfined* dengan variasi kadar air.

4.5 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pada penelitian ini, pengujian CBR dibedakan menjadi dua bagian yaitu CBR tidak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*). Untuk masing – masing sampel dilakukan variasi kadar air sebesar 20%, 25%, 31,25%, 32%, 33% dan 38%. Selain itu, sampel yang digunakan menggunakan berat isi kering maksimum yang sama, serta menggunakan mold dengan diameter dan tinggi yang sama.

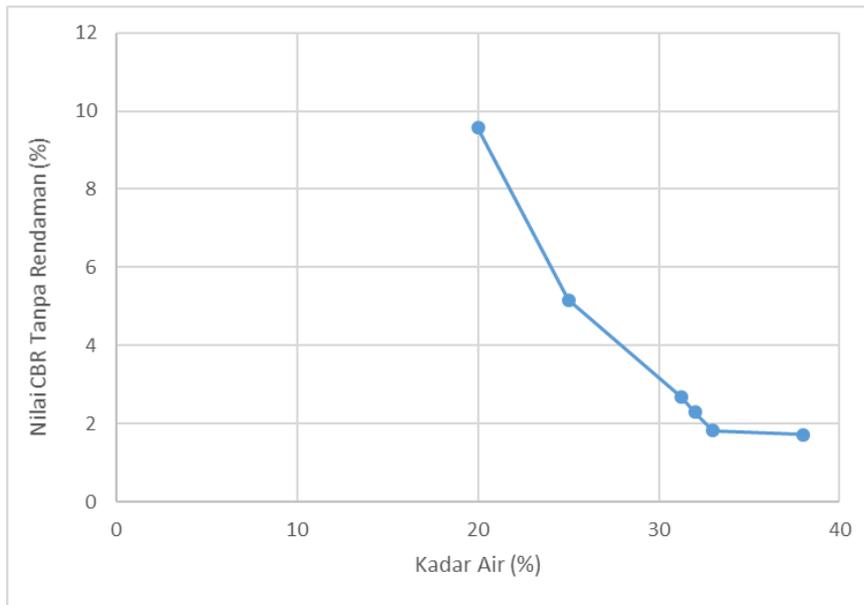
4.5.1 CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai CBR tanpa melalui proses perendaman melainkan langsung dengan pengujian menggunakan alat uji CBR. Secara umum nilai CBR tanpa rendaman akan akan berkurang ketika kadar air tinggi. Hasil dari pengujian CBR tanpa rendaman dengan variasi kadar air adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6

Hasil Pengujian CBR dengan Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

no.	Variasi Kadar Air (%)	Nilai CBR Unsoaked (%)
1	20	9,57
2	25	5,17
3	31,25	2,68
4	32	2,30
5	33	1,82
6	38	1,72



Gambar 4.10 Hubungan antara kadar air dengan CBR tanpa rendaman

Dari tabel 4.6 dapat diketahui bahwa nilai CBR tanpa rendaman terbesar dengan nilai 9,57% pada saat kadar air 20%, dan nilai CBR tanpa rendaman terendah dengan nilai 1,72% pada saat kadar air 38%. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar air pada CBR tanpa rendaman, maka nilai CBR semakin kecil, begitupula sebaliknya.

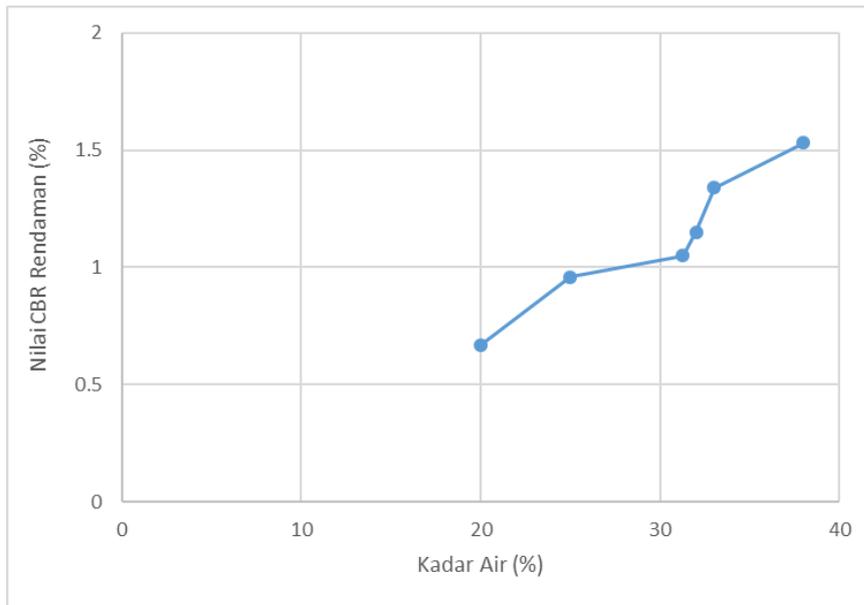
4.5.2 CBR Rendaman (*Soaked*)

Pengujian CBR ini dilakukan dengan tujuan untuk mencari besarnya nilai CBR dalam keadaan tanah terendam. Sampel yang diuji adalah sampel tanah yang telah direndam selama 4 hari. Hasil pengujian CBR terendam (*soaked*) dengan variasi kadar air, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7

Hasil Pengujian CBR dengan Rendaman (*Soaked*)

no.	Variasi Kadar Air Awal (%)	Nilai CBR <i>soaked</i> (%)	Variasi Kadar Air Akhir (%)
1	20	0,67	62,332
2	25	0,96	59,040
3	31,25	1,05	55,617
4	32	1,15	46,269
5	33	1,34	40,041
6	38	1,53	38,662



Gambar 4.11 Hubungan antara kadar air awal dengan CBR rendaman

Dari hasil yang ditampilkan pada tabel 4.7, dapat diketahui bahwa nilai CBR rendaman terbesar dengan nilai 1,53% terjadi pada kadar air 38%, dan nilai CBR rendaman terkecil dengan nilai 0,67% terjadi saat kadar air 20%. Sehingga dapat diketahui apabila kadar air semakin tinggi, maka nilai CBR rendaman semakin besar, dan juga sebaliknya, semakin rendah kadar air maka nilai CBR rendaman semakin kecil. Hal tersebut diakibatkan peredaman yang dilakukan akan meningkatkan kadar air tanah, sehingga apabila sampel memiliki kadar air yang rendah (dibawah OMC) yang berarti masih terdapat rongga kosong yang banyak sehingga air dari perendaman banyak yang terserap dan kadar air yang diterima sampel tanah semakin besar yang menyebabkan nilai CBR semakin kecil, begitupun sebaliknya.

4.5.3 Perbandingan Nilai CBR Tanpa Rendaman Dan Rendaman

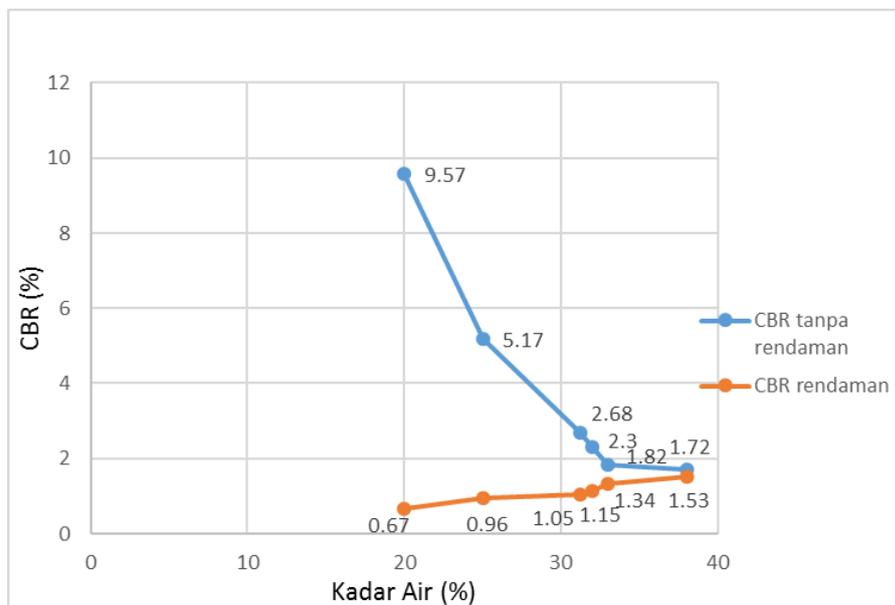
Dapat dilihat pada tabel 4.6 dan tabel 4.7 bahwa nilai CBR rendaman mengalami penurunan bila dibandingkan dengan nilai CBR tanpa rendaman. Berikut adalah hasil perbandingan nilai CBR rendaman dan tanpa rendaman :

Tabel 4.8

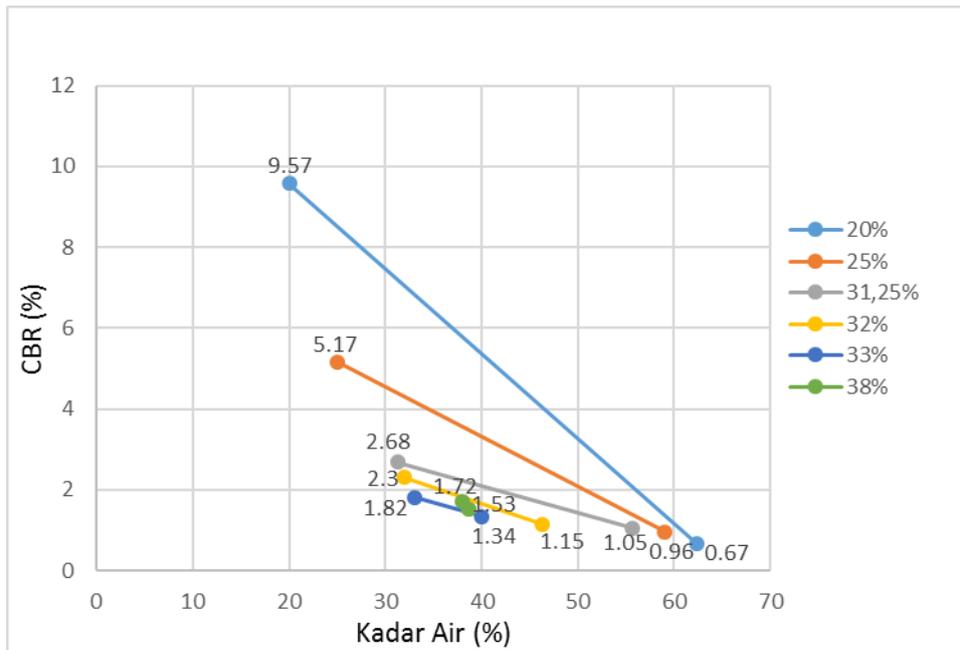
Hasil Pengujian CBR Dengan dan Tanpa Rendaman dengan Variasi Kadar Air

No.	Variasi Kadar Air (%)	Nilai CBR <i>Unsoaked</i> (%)	Nilai CBR <i>Soaked</i> (%)	Penurunan (%)
1	20	9,57	0,67	890
2	25	5,17	0,96	421
3	31,25	2,68	1,05	163
4	32	2,30	1,15	115
5	33	1,82	1,34	48
6	38	1,72	1,53	19

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa penurunan nilai CBR antara CBR tanpa rendaman dengan CBR rendaman paling tinggi sebesar 890% yang terjadi pada saat kadar air 20%. Semakin tinggi kadar air, maka penurunan nilai CBR antara CBR tanpa rendaman dengan CBR rendaman akan semakin kecil yaitu 19% pada saat kadar air 38%.



Gambar 4.12 Hubungan CBR tanpa rendaman dengan CBR rendaman kadar air awal



Gambar 4.13 Hubungan CBR tanpa rendaman dengan CBR rendaman kadar air akhir

4.6 Penentuan Nilai Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau melawan penurunan akibat adanya pembebanan, yaitu gaya geser yang disebarkan oleh tanah sepanjang bidang – bidang gesernya. Hasil dari penyelidikan daya dukung tanah digunakan dalam perencanaan pondasi maupun subgrade.

Dari data nilai CBR yang diperoleh dengan menghubungkan ke dalam grafik hubungan antara CBR dengan daya dukung tanah (gambar 2.20 di bab tinjauan pustaka), maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.9

Hubungan Besarnya CBR *Unsoaked* dengan Nilai Daya Dukung Tanah

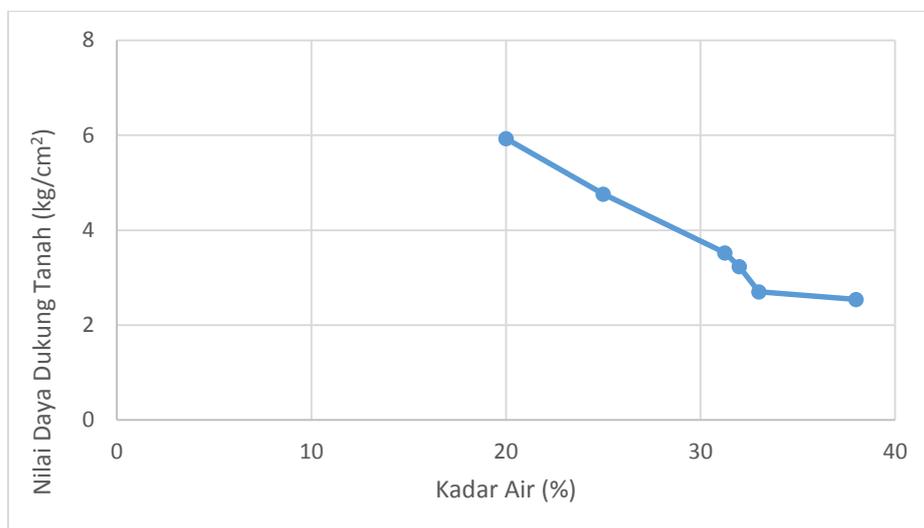
No.	Variasi Kadar Air (%)	Nilai CBR <i>unsoaked</i> (%)	Nilai Daya Dukung Tanah
1	20	9,57	5,93
2	25	5,17	4,76
3	31,25	2,68	3,52
4	32	2,30	3,23
5	33	1,82	2,70
6	38	1,72	2,54

Tabel 4.10

Hubungan Besarnya CBR *Soaked* dengan Nilai Daya Dukung Tanah

No.	Variasi Kadar Air (%)	Nilai CBR <i>soaked</i> (%)	Nilai Daya Dukung Tanah
1	20	0,67	1,21
2	25	0,96	1,61
3	31,25	1,05	1,73
4	32	1,15	1,92
5	33	1,34	2,22
6	38	1,53	2,40

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa semakin besar nilai CBR maka nilai daya dukung tanah juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya. Selain itu juga dapat diketahui hubungan antara kadar air dengan nilai daya dukung tanah, sebagai berikut :



Gambar 4.14 Hubungan antara kadar air dengan nilai daya dukung tanah

4.7 Pengujian Triaksial (*Triaxial Test*)

Uji triaksial dimaksudkan untuk mencari parameter kuat tegangan geser. Pengukuran dilakukan dengan memberikan tekanan vertikal, selama pemberian tekanan vertikal ini bisa dilihat saat terjadi keruntuhan tanah yaitu pada saat pembacaan proving ring maksimum. Hasil akhir dari uji triaksial ini adalah diperoleh nilai sudut geser (ϕ) dan kohesi (c).

Benda uji yang diujikan untuk uji triaksial ini sama dengan benda uji *unconfined* yaitu benda uji tanah asli (*undisturbed*), benda uji yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC)(*remolded*), serta benda uji yang dipadatkan dengan variasi kadar air 20%, 25%, 32%, 33%, dan 38%.

Tabel 4.11

Perbandingan Sudut Geser (Φ) dan Kohesi (C) untuk Tanah *Undisturbed* dan *Remolded*

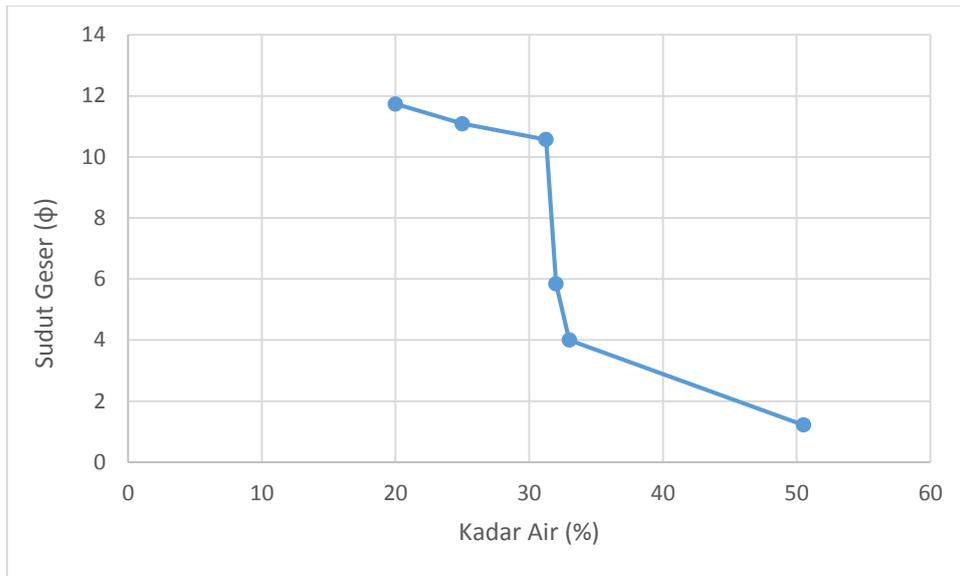
No.	Tanah	Kadar Air (%)	ϕ (°)	c
1	Tanah asli (<i>undisturbed</i>)	50,51	1.2197	0,189
2	Tanah dipadatkan dengan OMC (<i>remolded</i>)	31,25	10,569	0,421

Pada tabel 4.11 dapat dilihat bahwa nilai sudut geser dan kohesi pada tanah yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) memiliki nilai yang lebih besar yaitu dibandingkan dengan tanah asli (*undisturbed*). Hal tersebut terjadi kerana kondisi tanah asli (*undisturbed*) memiliki kadar air yang lebih tinggi yaitu 50,51% dibandingkan dengan tanah yang dipadatkan dengan OMC. Seperti yang diketahui kondisi pengambilan sampel tanah asli (*undisturbed*) diambil ketika musim penghujan sehingga tanah memiliki kadar air yang cukup tinggi, sehingga mengurangi sudut geser dan kohesi tanah.

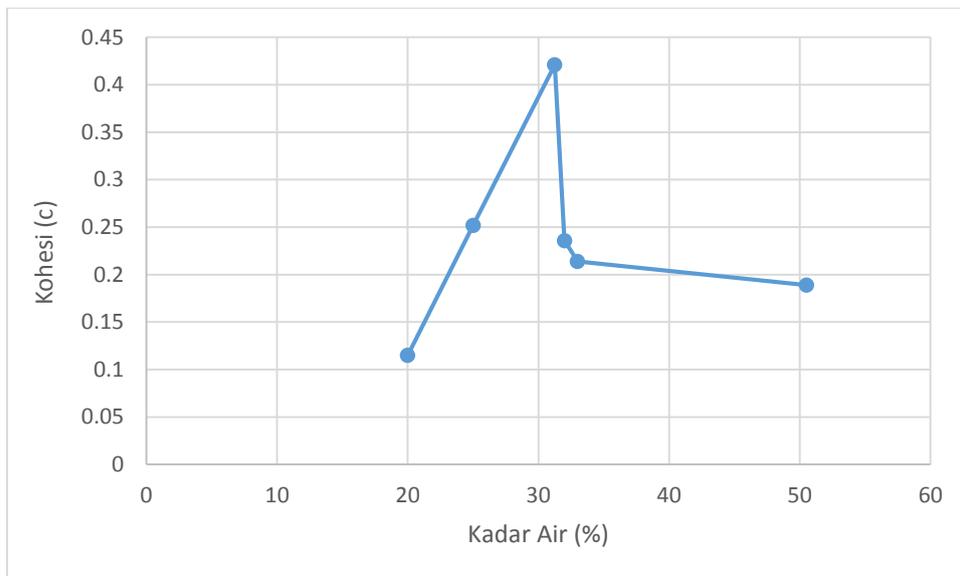
Tabel 4.12

Hasil Sudut Geser (Φ) dan Kohesi (C) dengan Variasi Kadar Air

No.	Kadar Air (%)	ϕ (°)	c
1	20	11,740	0,115
2	25	11,090	0,252
3	31,25 (OMC)	10,569	0,421
4	32	5,844	0,236
5	33	4,004	0,214
6	<i>Undisturbed</i>	1.2197	0,189



Gambar 4.15 Hubungan antara kadar air dengan sudut geser



Gambar 4.16 Hubungan antara kadar air dengan kohesi

Sudut geser untuk tanah *undisturbed* memiliki nilai yang paling rendah yaitu $1,2197^\circ$. Peningkatan sudut geser juga terlihat pada gambar 4.15 untuk tanah *remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) dengan sudut geser (ϕ) sebesar $10,569^\circ$. Untuk tanah *remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) terjadi peningkatan sudut geser (ϕ) sebesar 228% dari tanah asli. Sudut geser terbesar terjadi ketika keadaan tanah dengan kadar air 20% dengan nilai sudut geser (ϕ) sebesar $11,740^\circ$.

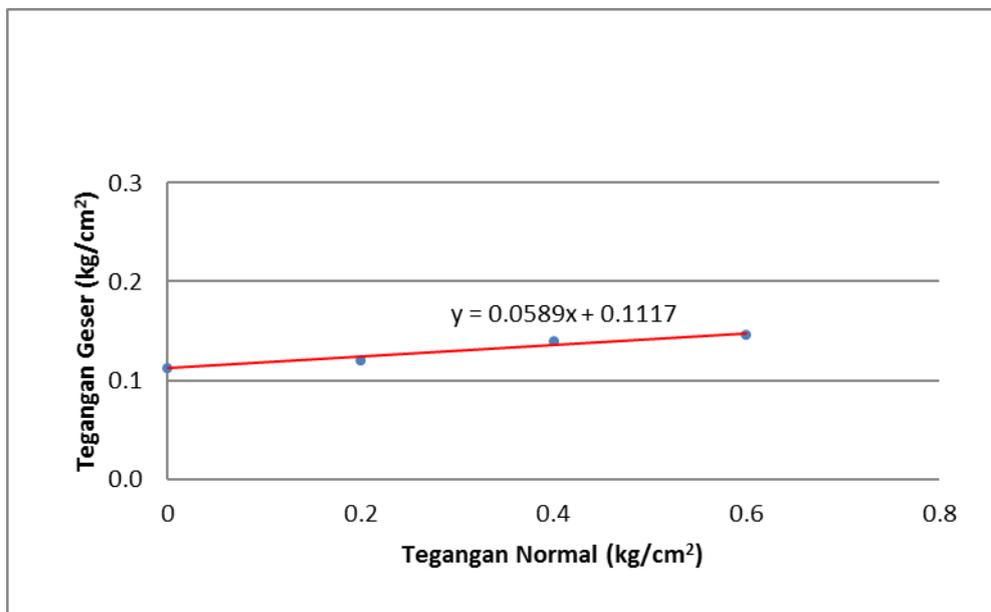
Dapat dilihat pada gambar 4.16, nilai kohesi (c) maksimum berada pada titik sekitar kadar air optimum (OMC) sebesar 0,421, nilai kohesi (c) ini meningkat 123% dari nilai

kohesi (c) tanah asli (*undisturbed*). Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel yang sejenis, kohesi dipengaruhi oleh kerapatan dan jarak antarpartikel dalam tanah. Untuk kohesi dalam keadaan kadar air 20% dan 25% nilai kohesinya lebih kecil dibandingkan dengan keadaan OMC, hal ini dikarenakan tanah belum mencapai keadaan optimum atau kepadatan optimum, dan karena tidak pada keadaan optimum tanah itulah pada keadaan ini memiliki gaya tarik menarik antarpartikel rendah.

Untuk keadaan tanah OMC memiliki nilai kohesi yang paling tinggi dikarenakan gaya tarik menarik antarpartikel tinggi, dalam keadaan kadar air optimum (OMC) ini tanah memiliki kerapatan atau kepadatan yang paling maksimum.

Pada tanah keadaan kadar air 32%, 33%, dan 38% nilai kohesi kembali terjadi penurunan. Penurunan nilai kohesi ini disebabkan oleh adanya pergerakan partikel-partikel tanah yang saling menjauhi satu sama lain akibat dari pori-pori tanah terisi terlalu banyak air sehingga terjadi pelemahan ikatan antar partikel dalam tanah.

Untuk sampel tanah dengan kadar air 38% tidak dapat diuji menggunakan pengujian triaksial karena kondisi sampel yang sudah sangat lembek sehingga sulit bila menggunakan triaksial, sehingga sampel diuji menggunakan metode *direct shear*.



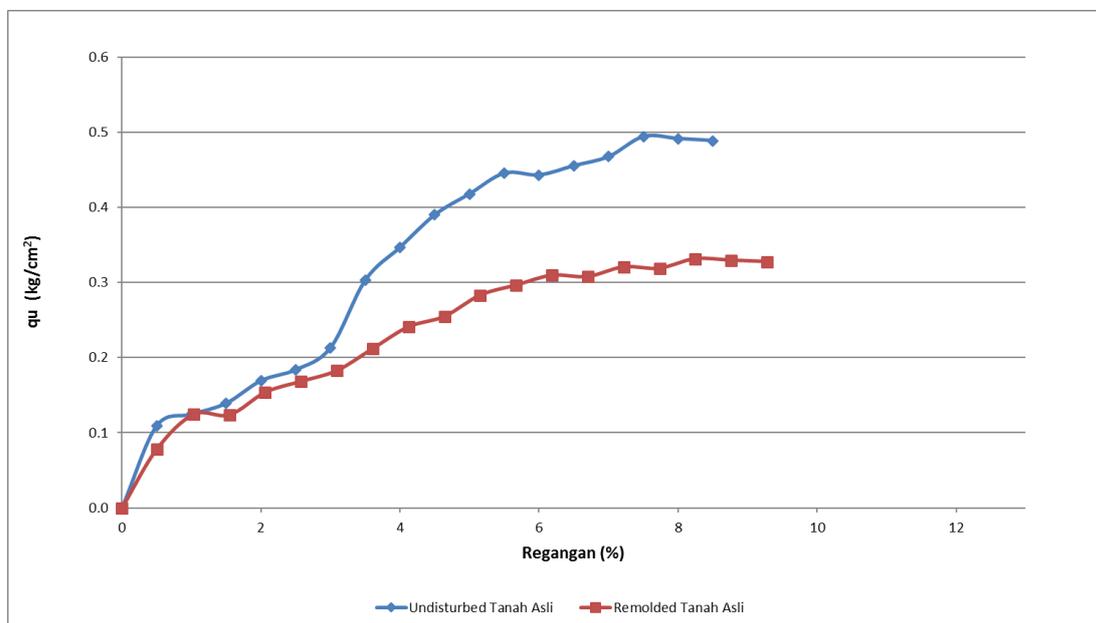
Gambar 4.17 Hubungan antara tegangan normal dengan tegangan geser

Dari gambar 4.17 didapatkan nilai kohesi sebesar $0,1117 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai sudut geser sebesar $3,4336^\circ$.

4.8 Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*)

Uji kuat tekan bebas merupakan uji kekuatan tanah dengan tekanan satu arah. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 15%. Uji ini menghasilkan hubungan antara tegangan aksial tekan dengan regangan.

Benda yang diuji dalam pemeriksaan *unconfined* adalah tanah asli (*undisturbed*), tanah *remolded*, tanah *remolded* yang sudah dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC), serta pemberian variasi kadar air dengan nilai 20%, 25%, 32%, dan 33%. Hasil yang diperoleh dari uji tekan bebas untuk tanah asli (*undisturbed*) dan tanah *remolded* adalah seperti diperlihatkan pada gambar 4.18 berikut.

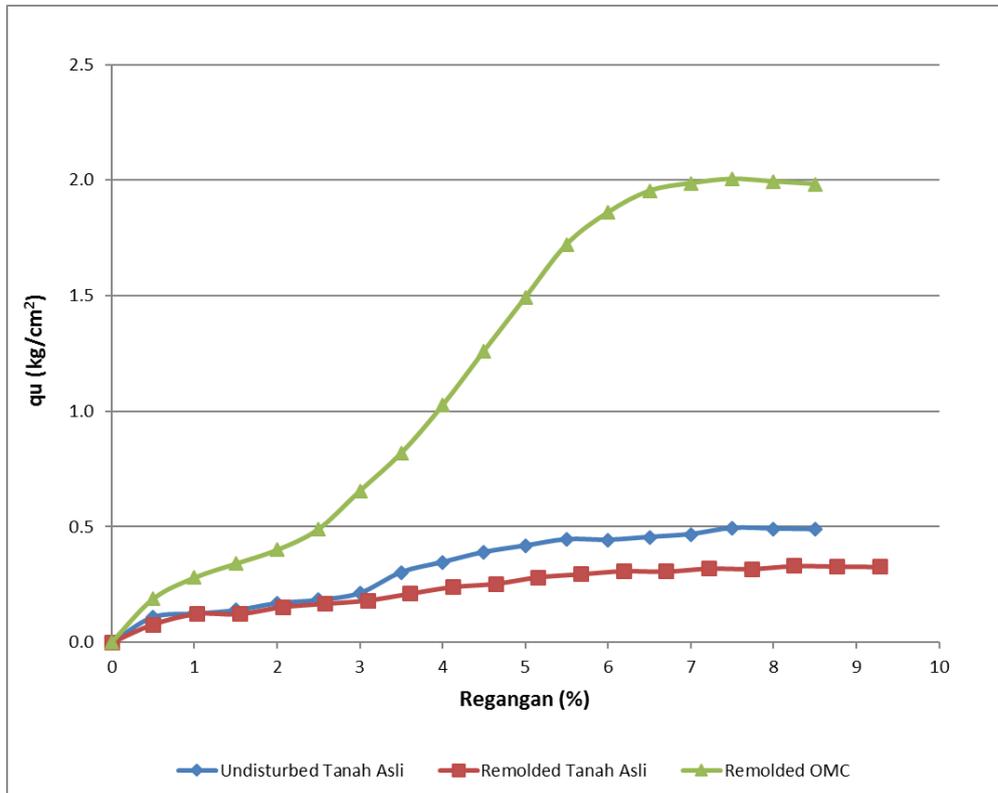


Gambar 4.18 Perbandingan tegangan-regangan tanah *undisturbed-remolded*

Hasil pengujian *unconfined* seperti terlihat pada gambar 4.18 menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimum untuk tanah lunak Grati, Pasuruan pada kondisi *undisturbed* lebih besar daripada tegangan maksimum untuk tanah *remolded*. Tanah kondisi *undisturbed* memiliki tegangan maksimum sebesar 0,494 kg/cm² sedangkan tanah kondisi *remolded* memiliki tegangan maksimum sebesar 0,331 kg/cm², hal ini sesuai bahwa tegangan saat runtuh (q_u) untuk tanah *undisturbed* lebih besar daripada tanah *remolded*.

Sedangkan untuk nilai tegangan pada saat regangan yang sama menunjukkan bahwa tegangan untuk tanah *undisturbed* lebih besar daripada tanah *remolded*, seperti terlihat pada gambar 4.18 pada saat regangan mencapai 5% tegangan tanah *undisturbed* lebih besar.

Nilai tegangan regangan pada tanah *undisturbed* akan berbeda dengan tanah yang sudah diberi perlakuan khusus (*remolded*), perlakuan khusus ini adalah tanah yang dipadatkan dengan berat isi kering maksimum (γ_d maks) dan kadar air optimum (OMC). Perbandingan nilai tegangan regangan pada tanah *undisturbed remolded* ini akan ditampilkan pada gambar 4.19.

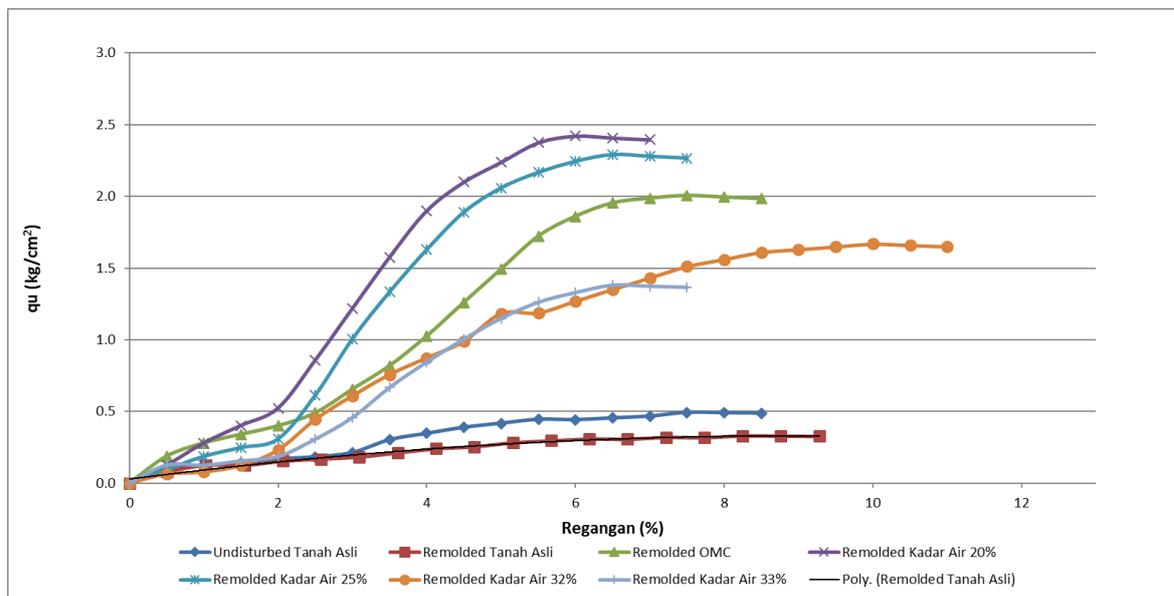


Gambar 4.19 Perbandingan tegangan-regangan tanah *undisturbed-remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC).

Tanah *remolded* dari tanah asli yang memiliki perbedaan kadar air dengan tanah *remolded* yang sudah dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC), nilai tegangan maksimum akan semakin besar dibandingkan dengan tanah *undisturbed*. Dari gambar 4.19 dapat dilihat bahwa tegangan maksimum untuk tanah *remolded* dengan cara dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) yaitu $2,005 \text{ kg/cm}^2$ yang lebih besar daripada tegangan maksimum tanah *undisturbed* yang hanya memiliki q_u rata-rata $0,494 \text{ kg/cm}^2$. Hal ini dikarenakan pemadatan dapat mengakibatkan perubahan-perubahan struktur tanah salah satunya adalah peningkatan kekuatan tanah, dimana kekuatan tanah lempung yang dipadatkan akan bergantung pada cara usaha pemadatan, macam tanah, kondisi tanah dan kadar air saat dipadatkan.

Untuk nilai pada saat regangan yang sama sebesar 5% dapat terlihat pada gambar 4.19, tanah *remolded* yang dipadatkan dan diberikan kadar air optimum (OMC) memiliki nilai tegangan lebih besar dibandingkan dengan tanah asli (*undisturbed*).

Setelah mengetahui bahwa dengan pemadatan dan kadar air optimum (OMC) meningkatkan nilai tegangan, maka dilanjutkan pengujian untuk benda uji yang dipadatkan namun variasi kadar air yang berbeda, sesuai dengan rancangan penelitian. Hasil yang didapatkan dari uji kuat tekan bebas untuk benda uji dengan variasi kadar air adalah sebagai berikut.



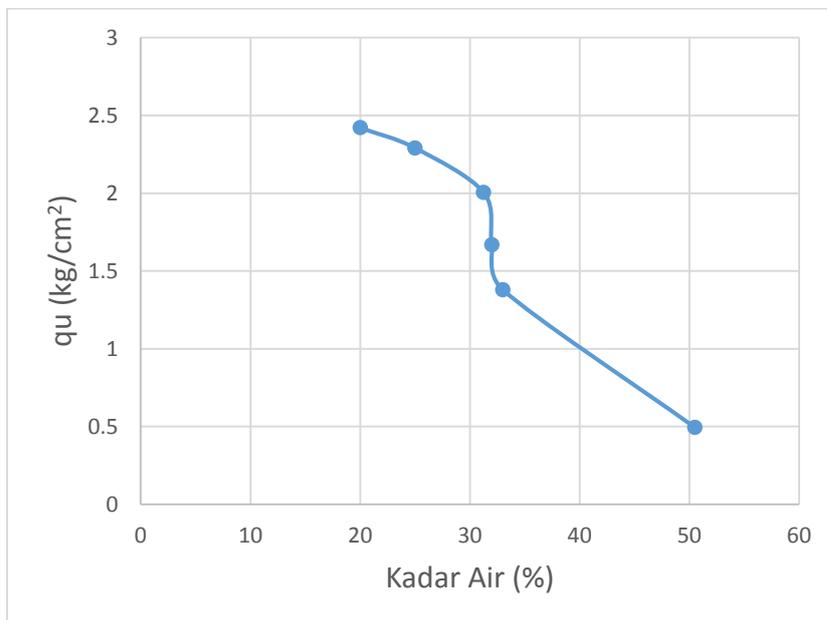
Gambar 4.20 Perbandingan tegangan-regangan tanah (*undisturbed*, *remolded* OMC, *remolded* dengan divariasikan kadar air).

Pada gambar 4.20 menunjukkan bahwa tegangan maksimum tanah lunak *undisturbed* mempunyai nilai terkecil, hal ini disebabkan karena tanah *undisturbed* memiliki kadar air yang lebih tinggi dari pada yang lain dan tanah ini masih tanah asli. Sedangkan untuk tanah *remolded* semakin tinggi kadar air yang diberikan maka semakin rendah tegangan maksimum dari tanah tersebut. Hal ini juga sudah sesuai bahwa kadar air pada tanah lempung lunak sangatlah sensitif, semakin rendah kadar air pada tanah ekspansif akan semakin kaku dan tanah tersebut akan memiliki tegangan yang lebih tinggi, begitu juga sebaliknya jika kadar air pada tanah lunak tinggi maka tanah akan lembek dan memiliki tegangan lebih rendah.

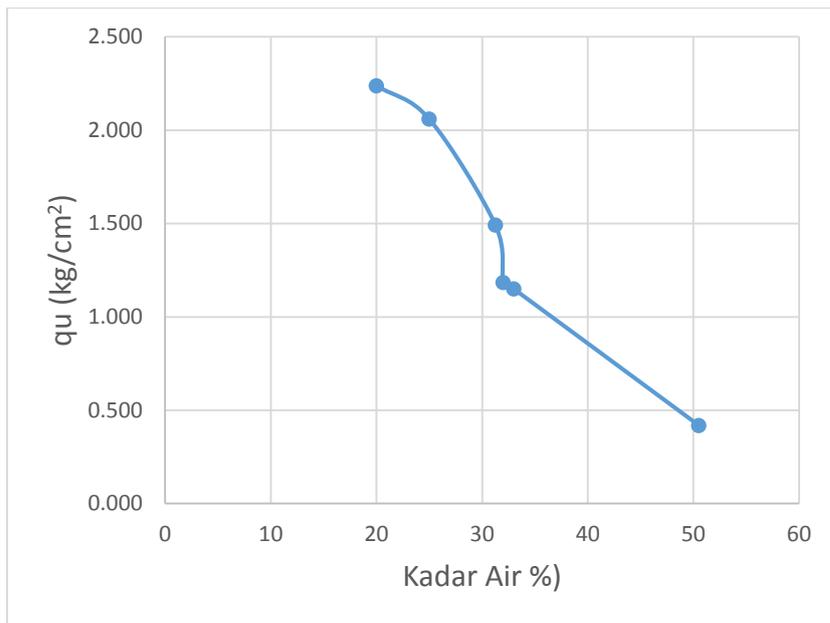
Tabel 4.13

Perbandingan q_u dan C_u dari Variasi Kadar Air

No.	Kadar Air (%)	q_u (kg/cm ²)	C_u (kg/cm ²)
1	20	2,421	1,210
2	25	2,291	1,146
3	31,25 (OMC)	2,005	1,003
4	32	1,668	0,834
5	33	1,380	0,690
6	<i>Unsditurbed</i>	0,494	0,247

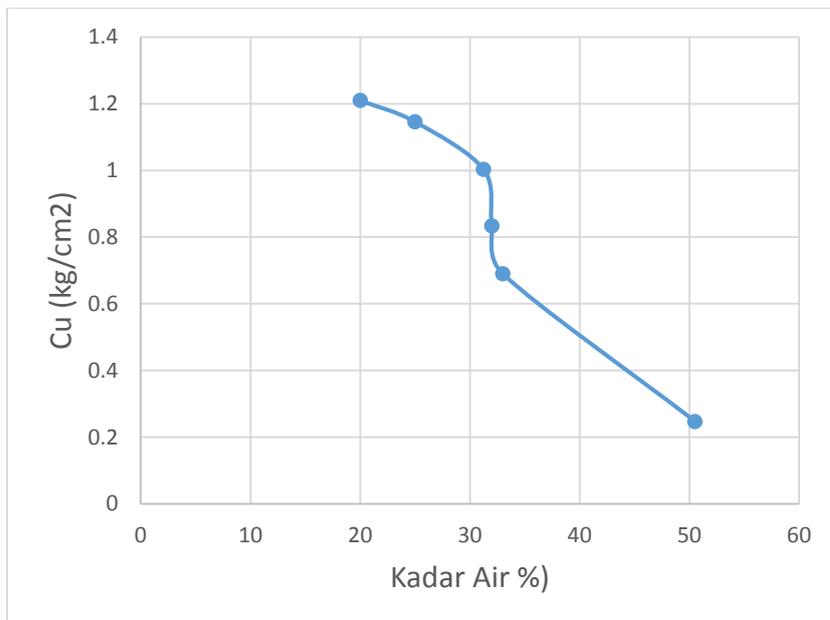
Gambar 4.21 Pengaruh kadar air terhadap q_u

Pengaruh kadar air terhadap nilai q_u dan nilai q_u untuk tanah asli (*undisturbed*) ditunjukkan pada gambar 4.21, untuk tanah asli (*undisturbed*) dihasilkan q_u dengan nilai terendah diantara semua benda uji yaitu 0,494 kg/cm². Sedangkan untuk tanah *remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) memiliki nilai q_u 2,005 kg/cm². Selain itu, dari gambar 4.21 juga dapat diketahui bahwa semakin tinggi kadar air maka nilai q_u semakin menurun.



Gambar 4.22 Pengaruh kadar air terhadap q_u pada saat regangan sebesar 5%.

Nilai tegangan ini adalah nilai tegangan pada saat regangan pada semua sampel sama yaitu pada saat regangan tanah 5%. Tegangan pada tanah *undisturbed* sebesar $0,418 \text{ kg/cm}^2$ lebih kecil dibandingkan dengan tanah *remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum (OMC) sebesar $1,492 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan nilai tegangan terbesar senilai $2,238 \text{ kg/cm}^2$ terjadi pada saat kadar air 20%.



Gambar 4.23 Pengaruh kadar air terhadap Cu

Pada gambar 4.23 terlihat bahwa nilai C_u pada tanah *undisturbed* memiliki nilai paling kecil yaitu $0,247 \text{ kg/cm}^2$, untuk tanah *remolded* yang dipadatkan dengan kadar air optimum memiliki nilai C_u sebesar $1,003 \text{ kg/cm}^2$. Nilai C_u terbesar terjadi saat kadar air 20% dengan nilai $1,210 \text{ kg/cm}^2$.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)