

# KARAKTERISTIK NILAI KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG TERHADAP PERUBAHAN KADAR AIR DAN TEBAL LAPISAN PEMADATAN

Fikri Hidayat<sup>1)</sup>, Soewignjo Agus Nugroho<sup>2)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: [fikri.hidayat@student.unri.ac.id](mailto:fikri.hidayat@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*Cohesive soil is a type of soil which is requiring a special handling. Clay as a soft soil has bad characteristic, so it needs to be improved in term of stability and bearing capacity. In Indonesia, there are many buildings and civil construction which have been damaged because they were built on expansive clays. For example, in the field we often find bumpy road pavement. This is happened due to poor bearing capacity of the subgrade which contains expansive clays. The aim of this research is to obtain significant factors that influence the UCS value and shape of the crack due to variations in density, moisture content and thickness of the compacted layer. Density variation used was amount of compaction energy. Variations in moisture content were 2% under OMC (OMC-), optimum moisture content (OMC) and 3% above OMC (OMC +). The thickness of the layers was controlled by the weight of the soil of each compaction layer. Moisture content variation results showed that the soil with the moisture content of OMC has largest UCS value. Test results from soil weight per layer showed that the lessest weight of soil, the highest of UCS value. This is because of the weight composition of each layer is evenly distributed. The most extreme collapse occurs in the second layer of each layer weight variation with the center of collapse in the middle layer.*

*Keywords: Moisture content, UCS, soft clay, expansive soil*

## A. PENDAHULUAN

Tanah kohesif merupakan jenis tanah yang memerlukan perhatian dan penanganan khusus. Beberapa masalah yang sering dihadapi *engineer* di lapangan yaitu tanah lunak berupa lempung yang mempunyai karakteristik kurang baik, sehingga untuk memperbaiki stabilitas dan daya dukungnya perlu mengetahui karakteristik tanahnya.

Penelitian ini melakukan pengujian serta analisis terhadap perilaku tanah lempung plastisitas tinggi mencakup kekuatan tanah karena perubahan air. Penelitian bertujuan mengetahui perubahan sifat dan perilaku lempung plastisitas tinggi karena perubahan kadar air di dalamnya. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memprediksi kerusakan yang ditimbulkan oleh tanah lempung ketika mengalami perubahan kadar air. Penelitian ini juga meninjau modulus

elastisitas tanah lempung karena perubahan kadar air dengan perubahan tebal lapisan dan energi pemadatan.

Menurut Zaro, dkk (2014) pemadatan yang dilakukan pada kadar air diatas OMC menyebabkan berkurangnya pemadatan dan kekuatan tanah, sehingga nilai CBR tanah mengalami penurunan.

Rahmawati, dkk (2009) mengatakan peningkatan variasi kepadatan berpengaruh meningkatkan stabilitas lereng yang ditandai dengan peningkatan nilai angka keamanan lereng (SF). Peningkatan kepadatan tanah dapat meningkatkan tingkat kohesi tanah (c) dan nilai sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ).

Susanto (2009) mengatakan modulus elastisitas tanah akan meningkat apabila sampel tanah dirawat lebih lama. Tanah lempung yang distabilisasi dengan aspal emulsi dapat meningkat modulus elastisitasnya.

## **B. TINJAUAN PUSTAKA**

### **B.1 Tanah Lempung**

Menurut Das (1995), struktur tanah didefinisikan sebagai susunan geometric butiran tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi struktur tanah adalah bentuk, ukuran, dan komposisi mineral serta sifat dari butiran tanah. Secara umum, tanah dapat dimasukkan ke dalam dua kelompok yaitu tanah tidak kohesif (*cohesionless soil*) dan tanah kohesif (*cohesive soil*).

Tanah kohesif merupakan butiran-butiran tanah yang menyatu sesamanya, dan pada waktu pengeringan diperlukan suatu gaya untuk memisahkan butiran-butiran tanah tersebut. Tanah kohesif dapat bersifat plastis, tak plastis, dan dapat bersifat seperti cairan tergantung pada nilai kadar air tanah tersebut (Bowles,1991). Contoh dari tanah kohesif adalah lempung.

Tanah tak kohesif merupakan butiran-butiran tanah yang terpisah-pisah dan hanya melekat apabila berada dalam kondisi basah. Tanah tak kohesif tidak memiliki garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air (Bowles,1991). Kerikikil dan pasir merupakan salah satu contoh dari tanah tak kohesif.

Tanah berbutir halus khususnya tanah lempung sangat dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah berbutir halus permukaan spesifik menjadi lebih besar. Variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanahnya. Pengurangan kadar air juga menghasilkan pengurangan volume tanah karena mempengaruhi kembang susut tanah.

Atterberg (dalam Das ,1995) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi tanah dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kedudukan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair, batas plastis dan batas susut.

Konsistensi tanah adalah kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu dan tergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat atau padat.

### **B.2 Pemadatan Tanah**

Pemadatan adalah peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis. Tiga komponen yang mempengaruhi pemadatan tanah, yaitu sifat dasar dari tanah yang tergantung jenis mineral dan komposisinya dalam tanah, kadar air, dan energi pemadat yang diberikan. Untuk mencari hubungan kadar air dan berat volume serta untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan perlu diadakan pemadatan.

Proctor (dalam Hardiyatmo, 2010) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering. Selanjutnya terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimumnya.

### **B.3 Uji Tekan Bebas**

Pada material tanah, parameter yang perlu ditinjau adalah kekuatan geser tanahnya. Pengetahuan mengenai kekuatan geser diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah. Salah satu pengujian yang digunakan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah adalah uji tekan bebas. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20 %. Percobaan kuat tekan bebas di laboratorium dilakukan pada sampel tanah asli maupun buatan (*remoulded*).

Pengujian ini banyak dilakukan dan cocok untuk jenis tanah lempung jenuh karena pembebanan yang cepat sehingga air tidak sempat mengalir ke luar dari benda uji. Tekanan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan.

## **C. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode pengujian laboratorium, yaitu dengan melakukan kegiatan percobaan untuk memperoleh data kemudian dianalisis sesuai dengan syarat dan peraturan yang ada. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.

### C.1 Alat dan Bahan

Sebelum melakukan pengujian kita harus mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan, serta memeriksa kebersihan dan kondisi alat untuk menghindari terjadinya gangguan pada proses pelaksanaan.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah lempung plastisitas tinggi yang berasal dari Kelurahan Muara Fajar, Kecamatan Rumbai, Kota Pekanbaru.

### C.2 Pengujian Pematatan

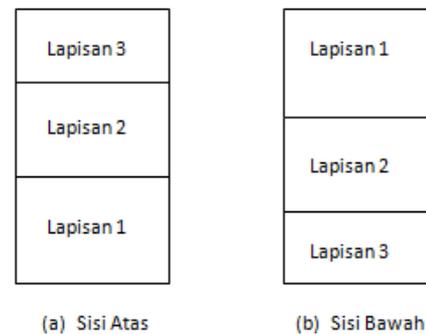
Pengujian pematatan tanah (*proctor test*) pada penelitian ini merupakan pengujian pematatan standar (*standart proctor test*) dan dilakukan berdasarkan ASTM D 698-91, tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ) maksimal dan kadar air optimum (OMC) dari tanah uji.

### C.3 Pengujian Uji Tekan Bebas

Pengujian kuat tekan bebas ini dilakukan berdasarkan ASTM D 2166, tujuan dari penelitian ini adaah untuk, mengetahui nilai  $q_u$  dan  $c_u$  tanah. Kuat tekan bebas adalah besarnya gaya aksial per satuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan mencapai 20%.

Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi 2-3 kali diameter. Diameter minimum benda uji yaitu 3,30 cm. Benda uji dibuat sebanyak 72 buah. pengujian dilakukan secara duplo pada sisi atas dan bawah sampel.

Pengujian pada sisi atas sampel ialah pengujian benda uji dimana lapisan pematatan ketiga terletak pada bagian atas. Sedangkan pengujian pada sisi bawah ialah pengujian benda uji dimana lapisan pematatan ketiga terletak pada bagian bawah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Sketsa Variasi Posisi Pengujian Sampel

Pengujian ini banyak dilakukan dan sesuai untuk jenis tanah lempung jenuh karena pembebanan yang cepat sehingga air tidak sempat mengalir keluar dari benda uji. Tekanan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan.

Benda uji pengujian dibagi dalam tiga variasi seperti pada Tabel 1. Untuk Variasi kadar air *OMC-* (27 %), *OMC* (29 %) dan *OMC+* (32 %).

Tabel 1. Variasi Sampel Pengujian

Energi Pematatan (Variasi A)	Kadar Air (Variasi B)	Berat tiap Lapisan (Variasi C)			Sampel Duplo	Jumlah
		200 gr	225 gr	250 gr		
8 pukulan	<i>OMC-</i>	2	2	2	x2	12
	<i>OMC</i>	2	2	2	x2	12
	<i>OMC+</i>	2	2	2	x2	12
11 pukulan	<i>OMC-</i>	2	2	2	x2	12
	<i>OMC</i>	2	2	2	x2	12
	<i>OMC+</i>	2	2	2	x2	12
Total						72

## D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data yang diperoleh dari penelitian ini berasal dari serangkaian pengujian yang dilaksanakan di laboratorium, disajikan secara sistematis dan jelas untuk selanjutnya dilakukan analisa. Data-data yang diperoleh yaitu berat jenis, batas cair, batas plastis, nilai kepadatan maksimum, kadar air optimum dan uji tekan bebas.

### D.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Setelah dilakukan pengujian sifat fisik tanah maka diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sifat Fisik	Unit	Hasil
Berat jenis	-	2,64
Batas cair	%	68,77
Batas plastis	%	31,75
Indeks plastisitas	%	37,02

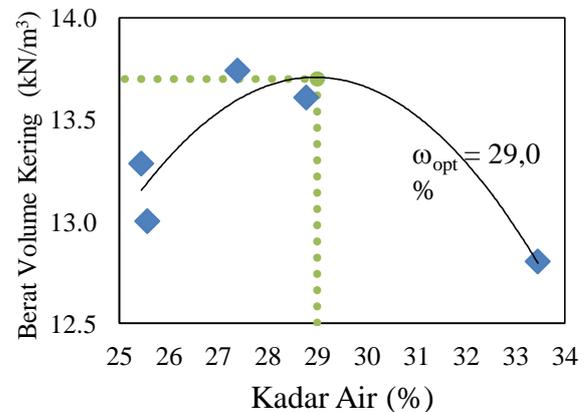
Dengan nilai indeks plastisitas tanah sebesar 37,02 % menurut Hary Chrityady, (2010) yang dijelaskan pada Tabel 2, maka tanah asli termasuk klasifikasi jenis tanah plastisitas tinggi dengan  $IP > 17$  % dengan jenis tanah lempung kohesi.

Dari hasil pengujian sifat fisik yang telah diperoleh, maka dapat ditentukan klasifikasi dari sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini. Klasifikasi tanah ditentukan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah menurut USCS. Menurut klasifikasi USCS sampel tanah asli mendapat

nilai indeks plastisitas sebesar 37,02 % dimana pada grafik klasifikasi tanah antara liquid limit vs plastic limit terletak pada kelompok tanah lempung plastisitas tinggi (CH).

### D.2 Hasil Pengujian Pemadatan

Hasil pengujian pemadatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pengujian Pemadatan

Dari hasil pengujian diperoleh nilai kadar air optimum ( $OMC$ ) sebesar 29 % dan nilai berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ) maksimum sebesar 13,7  $kN/m^3$ .

### D.3 Hasil Pengujian Uji Tekan Bebas

Data hasil pengujian UCS yang telah diperoleh dengan variasi pemadatan 8 pukulan dapat dilihat pada Tabel 3 dan variasi pemadatan 11 pukulan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian UCS pemadatan 8 pukulan

Atas						
Berat tiap lapisan (gram)	OMC-		OMC		OMC+	
	qu (kPa)		qu (kPa)		qu (kPa)	
200	259,62	239,87	288,13	288,36	218,15	232,98
225	272,55	217,68	361,09	272,09	238,59	204,45
250	264,87	217,48	218,78	199,17	202,37	228,63
Bawah						
Berat tiap lapisan (gram)	OMC-		OMC		OMC+	
	qu (kPa)		qu (kPa)		qu (kPa)	
200	236,42	263,14	269,13	276,05	221,58	231,00
225	227,30	233,36	257,25	272,78	231,32	197,37
250	276,24	240,77	195,82	177,89	231,60	232,28

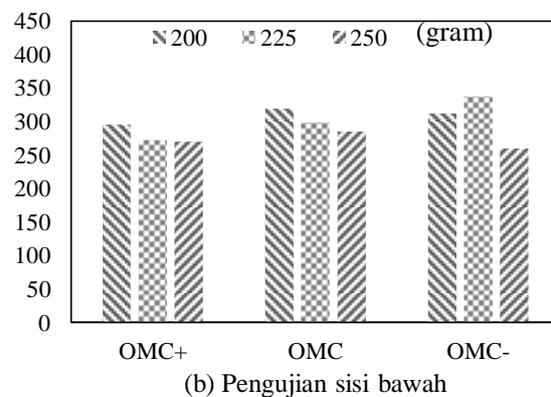
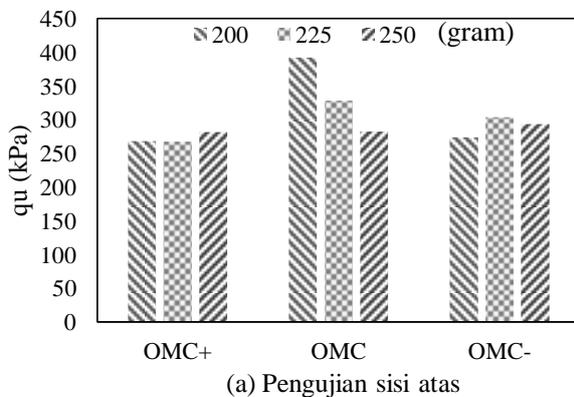
Tabel 4. Hasil Pengujian UCS pemadatan 11 pukulan

Atas						
Berat tiap lapisan (gram)	OMC-		OMC		OMC+	
	qu (kPa)		qu (kPa)		qu (kPa)	
200	292.41	255.13	402.56	382.00	285.68	251.15
225	307.96	299.16	322.98	333.24	280.03	254.04
250	274.94	312.29	306.36	259.23	297.86	265.74
Bawah						
Berat tiap lapisan (gram)	OMC-		OMC		OMC+	
	qu (kPa)		qu (kPa)		qu (kPa)	
200	322.85	300.04	335.29	303.29	298.27	292.06
225	328.06	346.67	329.29	267.99	278.16	266.53
250	312.29	206.89	262.09	307.32	267.30	271.39

**D.4 Hubungan Pengaruh Berat Tanah Tiap Lapisan dan Perubahan Kadar Air dengan Nilai Kuat Tekan bebas**

Hasil yang telah didapat menunjukkan adanya perubahan nilai UCS terhadap

perubahan berat tanah tiap lapisan. Pada pembahasan ini, pola keruntuhan di analisa dengan melakukan uji UCS pada sisi atas dan sisi bawah sampel tanah yang telah di padatkan.



Gambar 3 Hubungan Pengaruh Kadar Air dengan Nilai qu pada Pemadatan 11 Pukulan

**a. Pemadatan 11 pukulan**

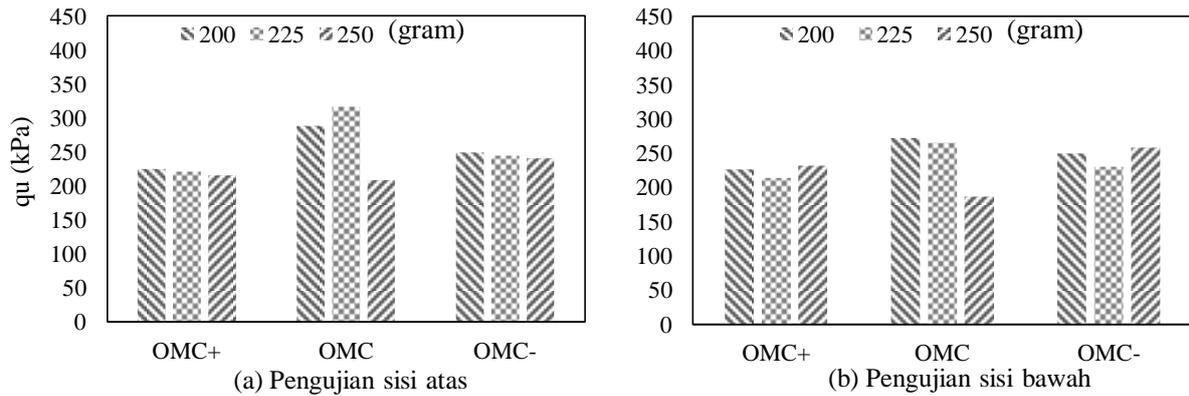
Hubungan antara variasi berat tanah tiap lapisan dan kadar air dengan nilai UCS pada sisi atas dengan energi 11 pukulan dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil pengujian pada sisi atas menunjukkan bahwa penurunan nilai UCS terjadi seiring penambahan atau pengurangan kadar air dari OMC. Nilai UCS pada pengurangan kadar air sebesar 2% dari OMC lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan kadar air sebesar 3% dari OMC.

Dimana nilai qu maksimal pada saat berat tanah tiap lapisan 200 gr, baik pada saat pengujian sisi atas maupun bawah. Hal ini dikarenakan perbandingan tebal lapisan pada berat tersebut lebih merata.

**b. Pemadatan 8 pukulan**

Hubungan antara variasi berat tanah tiap lapisan dan kadar air dengan nilai UCS dengan energi 8 pukulan dapat dilihat pada Gambar 4.

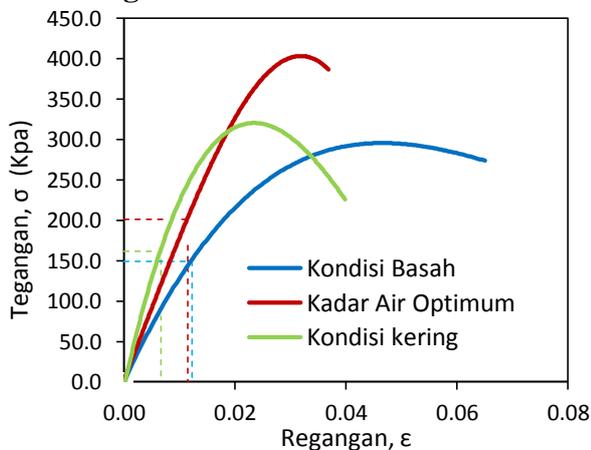


Gambar 4. Hubungan Pengaruh Kadar Air dengan Nilai  $q_u$  pada Pemadatan 8 Pukulan

Nilai  $q_u$  pada pemadatan 8 pukulan tertinggi didapat pada kondisi OMC. Dimana nilai pada saat berat tiap lapisan 200 gr relatif lebih tinggi dibanding yang lainnya, baik pada pengujian sisi atas maupun sisi bawah.

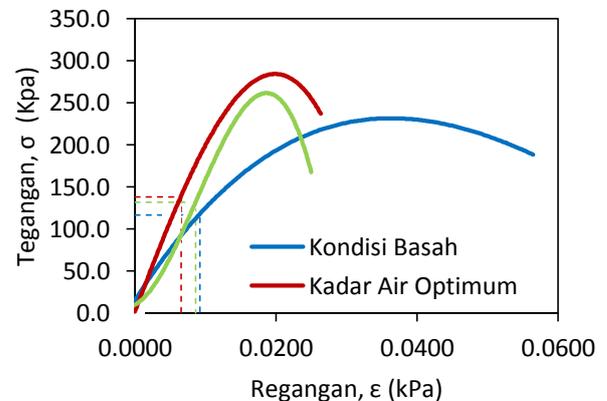
Nilai  $q_u$  dengan pemadatan 8 pukulan relatif lebih rendah dengan nilai  $q_u$  pada pemadatan 11 pukulan. Pada basah maupun kering nilai  $q_u$  mengalami penurunan dibanding kondisi OMC. Penambahan kadar air di atas OMC sebesar 3% menurunkan nilai UCS pada sampel tanah dan pengurangan kadar air di bawah OMC sebesar 2% juga menurunkan nilai UCS pada sampel tanah.

#### D.4 Hubungan Tegangan dan Regangan dengan Kadar Air dan Pemadatan



Gambar 5 Hubungan Tegangan dan Regangan dengan Kadar air pada Pemadatan 11 Pukulan dan Berat Lapisan Tiap 200 gr.

Modulus elastisitas pada tanah lempung berubah seiring dengan berubahnya kadar air. Perubahan kadar air juga mempengaruhi kepadatan tanah yang diketahui berdasarkan kepadatan tanah. Analisa modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 6 Hubungan Tegangan dan Regangan dengan Kadar air pada Pemadatan 8 Pukulan dan Berat Lapisan Tiap 200 gr.

Dari Gambar 5 dan Gambar 6 dapat dilihat perbedaan modulus elastisitas pada tanah tengan lempung dengan berbagai variasi kadar air. Pada kondisi kadar air diatas OMC (basah) grafik perbandingan antara tegangan dan regangan memiliki nilai modulus elastisitas lebih rendah dibanding kondisi kering atau kadar air optimum. Hal ini menunjukkan tanah pada kondisi basah lebih elastis dibanding kondisi kering tetapi nilai kuat tekan bebasnya lebih rendah.

Tabel 5 Modulus Elastisitas pada Pemdatan 11 Pukulan dengan Berat 200 gr

Kadar Air (%)	Kuat Tekan Bebas (kPa)	$\sigma_{50}$ (kPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (kPa)	Berat Volume, $\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )
27	323,16	161,578	0,00669	24152,19	1,35
29	402,56	201,279	0,01150	17502,53	1,36
32	298,61	149,306	0,01230	12138,71	1,33

Tabel 6 Modulus Elastisitas pada Pemdatan 11 Pukulan dengan Berat 200 gr

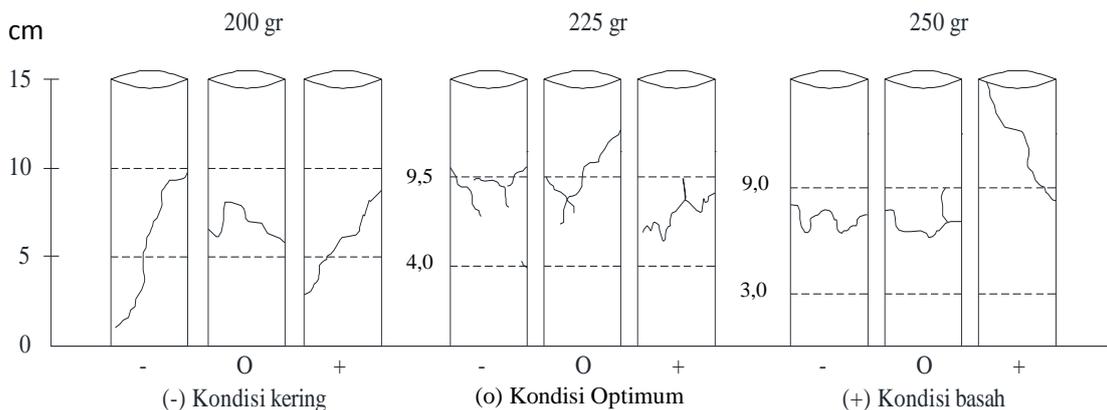
Kadar Air (%)	Kuat Tekan Bebas (kPa)	$\sigma_{50}$ (kPa)	Regangan	Modulus Elastisitas (kPa)	Berat Volume, $\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )
27	263,32	131,658	0,00862	15273,58	1,31
29	276,05	138,023	0,00651	21201,74	1,31
32	233,34	116,669	0,00921	12667,66	1,28

#### D.5 Bentuk Keruntuhan Pada Pengujian Uji tekan Bebas

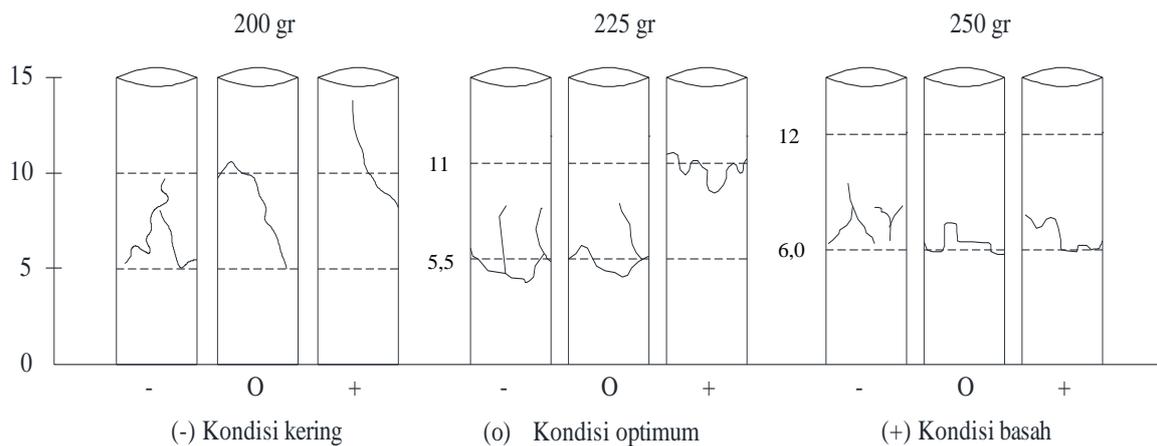
Analisis bentuk keruntuhan pada pengujian uji tekan bebas dilakukan dengan mengamati sketsa bentuk keruntuhan benda

uji. Bentuk keruntuhan yang terjadi sangat bervariasi pada setiap benda uji.

Untuk analisis bentuk keruntuhan pengujian uji tekan bebas dapat dilihat Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Analisis Bentuk Keruntuhan Uji Tekan Bebas Pemadatan 8 pukulan (sisi bawah)



Gambar 8. Analisis Bentuk Keruntuhan Uji Uji Tekan Bebas Pemadatan 11 pukulan (sisi atas)

Pada variasi berat tiap lapisan 200 gram, keruntuhan lebih bersifat fleksibel. Dimana garis keruntuhan berbentuk diagonal dan menyentuh hampir setiap lapisan pemadatan. Dengan distribusi tebal lapisan pemadatan yang merata, bidang runtuh terjadi pada setiap lapisan pemadatan. Garis keruntuhan pada variasi pemadatan 8 dan 11 pukulan cenderung sama pada sampel dengan berat setiap lapisan 200 gr.

## E. KESIMPULAN DAN SARAN

### E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian dari berat tanah tiap lapisan menunjukkan bahwa semakin sedikit berat tanah tiap lapisan maka nilai  $q_u$  semakin meningkat. Semakin besar berat tanah tiap lapisan nilai  $q_u$  semakin menurun. Hal ini disebabkan karena komposisi berat pada masing-masing lapisan terbagi secara merata. Selain itu pada proses pengujian sampel tanah yang terbuang menjadi lebih sedikit.
2. Hasil pengujian kadar air menunjukkan bahwa tanah dengan kondisi OMC memiliki nilai  $q_u$  yang lebih besar. Penambahan kadar air diatas OMC menjadi 3% menurunkan nilai  $q_u$  pada tanah. Begitu pula pada penurunan kadar air dibawah OMC sebesar 2%

menurunkan nilai  $q_u$  pada tanah. Pengurangan kadar air dibawah OMC sebesar 2% memiliki nilai  $q_u$  lebih besar dibandingkan dengan penambahan kadar air diatas OMC sebesar 3%.

3. Hasil pengujian kepadatan menunjukkan nilai berat volume kering tertinggi didapat pada keadaan OMC dengan energi pemadatan 11 pukulan sebesar  $1,37 \text{ gr/cm}^3$ . Untuk nilai berat volume kering terendah didapat pada keadaan diatas OMC dengan energi pemadatan 8 Pukulan sebesar  $1,28 \text{ gr/cm}^3$ .
4. Bidang runtuh paling ekstrim terjadi pada lapisan kedua pada setiap variasi berat lapisan dengan pusat keruntuhan ditengah lapisan. Ini terjadi pada kadar air dibawah OMC, OMC dan diatas OMC.

### E.2 Saran

Berdasarkan evaluasi hasil penelitian yang telah dilakukan, maka disarankan:

1. Selama pengujian uji tekan bebas berlangsung usahakan agar proses pembebanan dilakukan secara konstan agar nilai data yang diperoleh lebih signifikan.
2. Agar sebaran data yang didapat lebih akurat, sebaiknya jumlah sampel pengujian diperbanyak.

3. Pada saat pembuatan benda uji, penumbukan segera dilakukan setelah tanah dicampur air secara merata.

#### **Daftar Pustaka**

- ASTM . (2003). *Annual book of ASTM standards*. USA
- Bowles, J. E. (1991). *Sifat-sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah I (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik )*. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Rahmawati, I. M. (2015). *Pengaruh kadar Air terhadap Kuat Geser Tanah Ekspansif Bojonegoro Dengan Stabilisasi Menggunakan 15% Flay Ash Dengan Metode Deep Soil Mix*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Susanto, A. (2009). Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Aspal Emulsi Terhadap Penurunan Konsolidasi dan Modulus Elastisitas Tanah . *Konvensi Nasional Teknik Sipil 3*.
- Zaro, K. (2014). Pengaruh Kadar Lempung dengan Kadar Air diatas OMC Terhadap Nilai CBR dengan dan Tanpa Rendaman Pada Tanah Lempung Organik. Pekanbaru : Universitas Riau