

## PENAMBAHAN SEMEN DAN ABU SEKAM PADI UNTUK PENINGKATAN STABILITAS TANAH

Tanjung Rahayu Raswitaningrum<sup>1\*</sup>, Juliyatna<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jakarta,  
Jl. Cempaka Putih Tengah XXVII, Jakarta 10510

\*Email: tanjungrahayu@yahoo.com

### ABSTRAK

Tanah merupakan suatu material yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan struktur, seperti struktur bangunan, perkerasan jalan raya, terowongan, bendungan, dan lain-lain. Suatu struktur akan stabil jika terletak di atas tanah yang mempunyai daya dukung yang tinggi atau tanah dengan stabilitas yang baik. Dalam pembangunan perkerasan jalan raya, tanah yang berada di bawah perkerasan harus stabil atau mempunyai daya dukung yang tinggi, sehingga dapat menerima beban lalu lintas yang bekerja.

Stabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh jenis tanah. Tanah lempung adalah suatu jenis tanah dengan daya dukung yang rendah. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan dan kegagalan struktur perkerasan di atasnya. Oleh karena itu, tanah lempung perlu mendapat penanganan khusus agar daya dukungnya meningkat. Usaha yang seringkali dilakukan adalah stabilisasi tanah.

Penelitian ini melakukan stabilisasi tanah lempung dengan penambahan abu sekam padi dan semen. Kestabilan tanah lempung diukur dengan pengujian Californian Bearing Ratio (CBR) dan kuat tekan bebas. Kadar semen yang ditambahkan adalah 1 %, 2 %, dan 3 % terhadap berat sampel tanah, sedangkan kadar abu sekam padi adalah 4 % dari berat sampel tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan abu sekam padi dan semen dapat meningkatkan nilai CBR dan kuat tekan bebas. Peningkatan terbesar diperoleh pada penambahan 3 % semen dan 4 % abu sekam padi. Nilai CBR meningkat dari 6 % menjadi 9,2 % dan kuat tekan bebas dari 0,73 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1,38 kg/cm<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** stabilisasi tanah, CBR, kuat tekan bebas, semen, sekam padi

### ABSTRACT

*Soil is a material that influence the structure stability, such as building, road pavement, tunnel, dam, etcetera. The structure will be stable if it is located on a soil layer that has a high bearing capacity or soil with good stability. In the construction of road pavement, the soil under the pavement must be stable or have high bearing capacity, so it can resist the traffic load.*

*Soil stability is influenced by the soil type. Clay is a type of soil with a low bearing capacity. This can cause damage and failure of the pavement structure on top of it. The effort often done is soil stabilization.*

*This research do the stabilization of clay soil with the addition of cement and rice husk ash. The stability of clay soil is measured by the Californian Bearing Ratio (CBR) and unconfined compression strength tests. The added cement content was 1 %, 2 %, and 3 % to the weight of the soil sample, while the rice husk ash content was 4 % of the soil sample weight.*

*The results showed that the addition of cement and rice husk ash can increase the value of CBR dan unconfined compression strength. The largest increase was obtained by adding 3 % of cement and 4 % of rice husk ash. CBR value increased from 6 % to 9,2 % and unconfined compression strength from 0,73 kg/cm<sup>2</sup> to ,38 kg/cm<sup>2</sup>.*

**Keywords:** soil stabilization, CBR, unconfined compression strength, cement, rice husk ash

### PENDAHULUAN

Tanah merupakan suatu material yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan struktur bangunan, baik struktur bangunan, perkerasan jalan raya, terowongan, bendungan, dan lain-lain. Suatu struktur akan stabil jika terletak di atas tanah yang mempunyai daya

dukung yang tinggi atau tanah dengan stabilitas yang baik. Dalam pembangunan perkerasan jalan raya, setiap lapisan perkerasan harus memenuhi syarat yang telah ditentukan. Tanah yang berada di bawah perkerasan harus stabil atau mempunyai daya dukung yang tinggi,

sehingga dapat menerima beban lalu lintas yang bekerja.

Stabilitas tanah sangat dipengaruhi oleh jenis tanah, seperti kerikil, pasir, lanau, lempung, atau gambut. Tanah lempung adalah suatu jenis tanah dengan daya dukung yang rendah. Hal ini dapat menimbulkan kerusakan dan kegagalan struktur perkerasan di atasnya. Oleh karena itu, tanah lempung perlu mendapat penanganan khusus agar daya dukungnya meningkat. Usaha yang seringkali dilakukan adalah stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan usaha yang dilakukan untuk mengubah sifat teknis tanah yang kurang baik menjadi lebih baik dengan cara mencampur material dan bahan tertentu (aditif) seperti *fly ash*, semen, kapur, aspal, sekam padi, dan lainnya.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UMJ.
2. Sampel tanah diambil pada dari daerah Pondok Gede, Bekasi.
3. Semen yang digunakan adalah semen *portland* tipe 1 dengan merk Holcim.
4. Kadar semen yang digunakan adalah 1 %, 2 %, dan 3 % terhadap berat sampel tanah.
5. Kadar sekam padi adalah 4 % terhadap berat sampel tanah.
6. Jumlah sampel untuk masing-masing campuran adalah empat.
7. Pengujian di laboratorium mengacu pada:
  - a. SNI 1967 – 2008 untuk pengujian batas cair
  - b. SNI 1966 – 2008 untuk pengujian batas plastis
  - c. SNI 1742 – 2008 untuk pengujian pemadatan
  - d. SNI 174 – 2012 untuk pengujian CBR
  - e. SNI 3638 – 2012 untuk pengujian kuat tekan bebas

Tujuan yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan semen dan sekam padi terhadap nilai CBR tanah lempung.
2. Mengetahui pengaruh penambahan semen dan sekam padi terhadap nilai kuat tekan bebas tanah lempung.

### Tanah

Tanah terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Tanah berasal dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan diameter butiran menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Kalsifikasi tanah berguna untuk memperkirakan sifat-sifat tanah di lapangan. Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang sering digunakan, yaitu sistem klasifikasi tanah *Unifed* atau *USCS (Unifed Soil Clasification System)* dan *AASHTO (American Association of State Higway and Transportation Officials)*.

Lempung merupakan jenis tanah yang tersusun atas pelapukan akibat reaksi kimia yang menghasilkan susunan partikel berukuran koloid dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm. Susunan dari kebanyakan lempung terdiri dari *silika tetraherda* dan *alimunium oktahedra*.

Tabel 2 Klasifikasi tanah menurut ASHTO

<i>General Classification</i>	<i>Granular Materials</i> (35% or less passing 0.075 mm)							<i>Silty-Clay Material</i> (More than 35% passing 0.075 mm)			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5 A-7-6
Sieve Analysis Percent passing:											
2.00 mm	50 max										
0.42 mm	30 max	50 max	51 min								
0.075 mm	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Characteristics of Fraction passing 0.42 mm											
Liquid Limit				40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
Plastic Index	6 max	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11 min
Usual types of significant constituent materials	Stone Fragments - gravel and sand		Fine sand	Silty or clayey gravel and sand				Silty soils		Clayey soils	
General rating as subgrade	Excellent to good							Fair to poor			

\*\* A-7-5 - PI ≤ LL - 30  
A-7-6 - PI > LL - 30

$$GI = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(PI - 10)$$

### Zat Aditif

Zat aditif atau biasa disebut bahan tambah adalah suatu zat tambah yang alami atau olahan dari pabrik yang bersifat kimiawi. Apabila ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, seperti: kekuatan, tekstur, kemudahan dikerjakan (*workability*) dan plastisitas. Contoh-contoh bahan tambah adalah kapur, abu sekam padi, semen *portland*, abu terbang (*fly ash*), aspal, dan lain lain yang bersifat untuk meningkatkan daya dukungnya (Hardiyatmo, 2010).

Semen merupakan bahan perekat atau pengikat bahan-bahan padat menjadi satu kesatuan yang kokoh. Bahan dan unsur-unsur utama pembentukan semen adalah: batu kapur dan tanah lempung yang banyak mengandung silika, aluminium oksida serta oksida besi. Semen memiliki beberapa jenis dan kegunaan masing-masing sesuai kebutuhan. Menurut SNI T-15-1990-03:2, jenis dan kegunaan semen *portland* terbagi menjadi:

1. Semen *portland* tipe I, digunakan untuk konstruksi umum yang tidak memakai persyaratan khusus terhadap panas hidrasi dan kekuatan tekan awal.
2. Semen *portland* tipe II, digunakan untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Semen *portland* tipe III, digunakan untuk konstruksi yang memerlukan kekuatan tekan awal tinggi pada fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *portland* tipe IV, digunakan untuk konstruksi yang memerlukan panas hidrasi rendah.
5. Semen *portland* tipe V, digunakan untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan sulfat tinggi.

Sekam padi merupakan lapisan keras yang menyelimuti butir beras. Pada proses penggilingan beras, sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan

seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar. Di tempat penggilingan padi, umumnya sekam dibakar menjadi abu untuk mengurangi volume limbah. Salah satu zat yang terdapat pada sekam padi adalah silika.

Tabel 1 Komposisi kimia abu sekam padi pada temperatur yang berbeda

Temp Bahan	Origin° (%)	400° (%)	600° (%)	700° (%)	1000° (%)
SiO <sub>2</sub>	88.01	88.05	88.67	92.15	95.48
MgO	1.17	1.13	0.84	0.51	0.59
SO <sub>3</sub>	1.12	0.83	0.81	0.79	0.09
CaO	2.56	2.02	1.73	1.60	1.16
K <sub>2</sub> O	5.26	6.48	6.41	3.94	1.28
Na <sub>2</sub> O	0.79	0.76	1.09	0.99	0.73
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.29	0.74	0.46	0.00	0.43

Sumber: Hwang, C. L. (2002)

### Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength*)

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh nilai kuat geser dari tanah kohesif. Kuat tekan bebas adalah harga tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji silinder sebelum mengalami keruntuhan.

Perhitungan dan teori memakai peraturan ASTM D 2166 - 06:

- Besar regangan aksial dihitung dengan rumus :

$$E = \frac{L}{L_0}$$

Dimana :

E = Regangan aksial (%)

L = Perubahan panjang benda uji (cm)

L<sub>0</sub> = Panjang benda uji semula (cm)

- Luas penampang benda uji rata-rata, selama percobaan berlangsung berubah-ubah dengan berubahnya  $\epsilon$ .

$$A = \frac{A_0}{1 - \epsilon}$$

A<sub>0</sub> = Luas penampang benda uji semula (cm<sup>2</sup>)

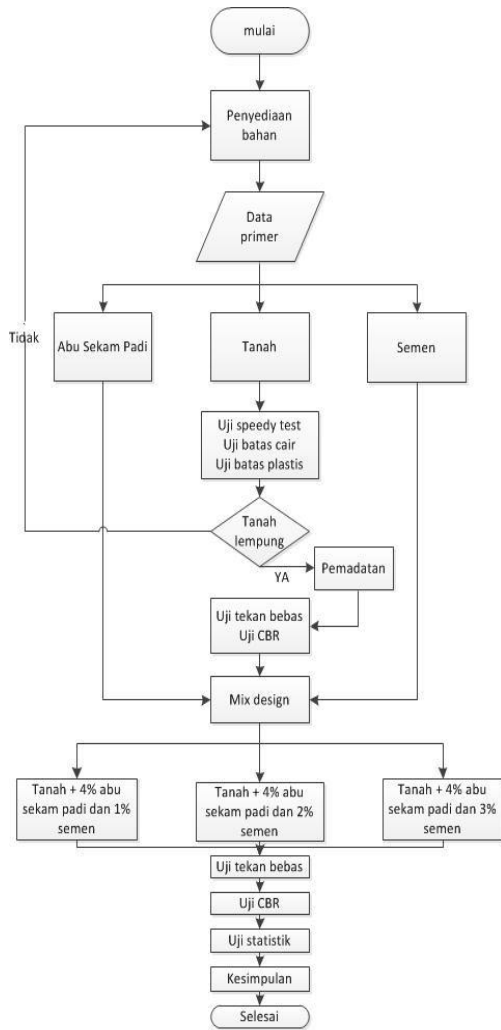
- Tegangan normal:

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

P = Gaya normal vertikal (kg)

### CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR (California Bearing Ratio) adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi (*penetration resistance*) dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinyu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standard berupa batu pecah di California. Rasio tersebut diambil dari penetrasi 2.5 dan 5.0 mm (0.1 dan 0.2 in) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Percobaan ini untuk menilai kekuatan tanah dasar yang dikompaksi di laboratorium yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan dengan nilai CBR (dalam %) yang nantinya dipakai untuk menentukan tebal perkerasan. Tanah dasar (*Subgrade*) pada konstruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% dari kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tersebut tanah dipadatkan. Makin tinggi nilai CBR tanah (*subgrade*) maka lapisan perkerasan di atasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR (daya dukung tanah rendah), maka akan semakin tebal lapisan perkerasan di atasnya sesuai beban yang akan dipikulnya.



**METODE**

Gambar 1. Diagram alir penelitian

Benda uji pada penelitian ini adalah:

1. Tanah lempung dengan penambahan aditif semen 1 % dan abu sekam padi 4 %
2. Tanah lempung dengan penambahan aditif semen 2 % dan abu sekam padi 4 %
3. Tanah lempung dengan penambahan aditif semen 3 % dan abu sekam padi 4 %

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Tabel 2. Pengujian *Speedy Test*

No	Speedy Reading	
	W.w	D.w
1	22.5	29.0 %
2	23.0	29.8 %
3	22.5	29.0 %
Rata-rata	22.7	29.3 %

Keterangan :

W.w = Wet Weight (berat basah)

D.w = Dry Weight (berat kering)

Dari hasil pengujian *speedy test*, diperoleh nilai kadar air tanah adalah 29,3 %.

Tabel 3. Pengujian batas cair (*liquid limit*)

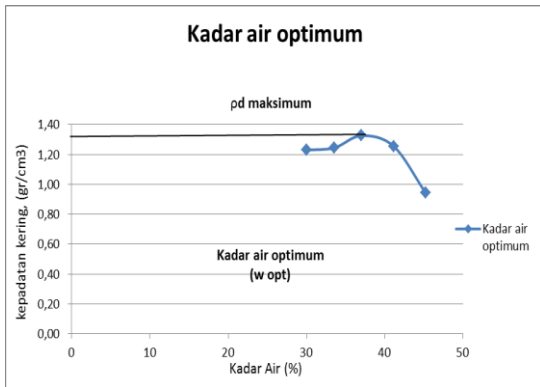
BATAS CAIR ( LL )					
Banyak Pukulan		15	30	40	45
No. Krus		1A	1B	1C	1D
Massa (krus + sampel)	(gr)	60	60	60	60
Massa (krus + sampel kering)	(gr)	41,7	43	45	46
Massa air	(gr)	18,3	17	15	14
Massa krus	(gr)	22	21	21	21
Massa sampel kering	(gr)	19,7	22	24	25
Kadar air	(%)	92,89	77,27	62,50	56,00
Rata-rata	(%)	72,17			

Dari grafik Casagrande, diperoleh nilai *liquid limit* (LL) sebesar 82 %.

Berdasarkan tabel AASHTO, tanah sampel pengujian termasuk dalam tipe A – 7 – 6 dengan jenis tanah berlempung. Dimana dengan nilai indeks plastisnya (IP) > 11 dan batas cairnya (LL) > 41.

Tabel 4. Pengujian batas plastis (*plastis limit*)

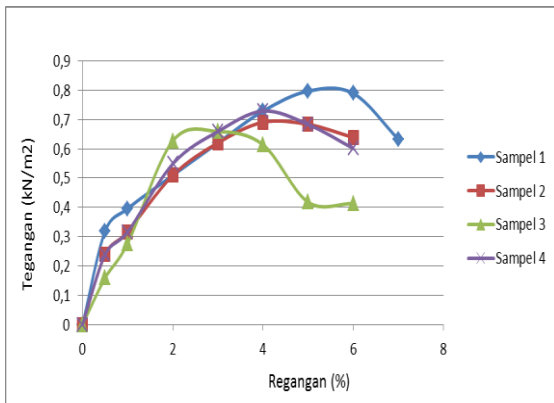
BATAS PLASTIS ( PL )				
No. Krus	Sat.	A	B	C
Massa (krus + sampel)	(gr)	27	27	27
Massa (krus + sampel kering)	(gr)	24	25	25
Massa air	(gr)	3	2	2
Massa krus	(gr)	20	22	21
Massa sampel kering	(gr)	4	3	4
Kadar air	(%)	75,00	66,67	50,00
PL		63,89		
LL		82,00		
IP		18,11		
IL		1,926380368		



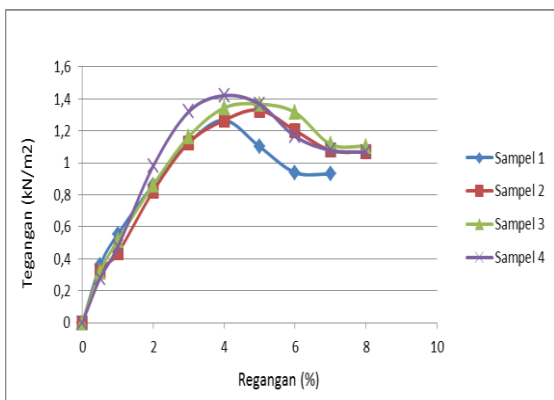
Gambar 2. Grafik kadar air optimum

Dari hasil pengujian pemadatan pada tanah asli didapat nilai kadar air optimum yang digunakan untuk penambahan air pada pengujian CBR sebesar 38 %.

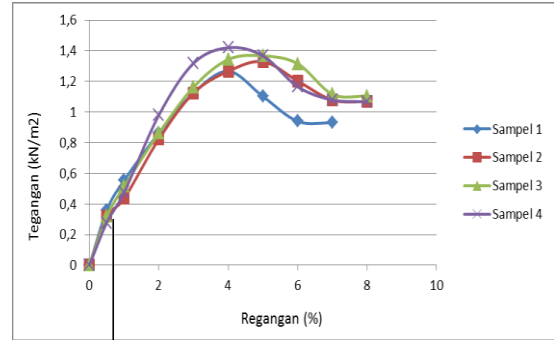
**Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)**



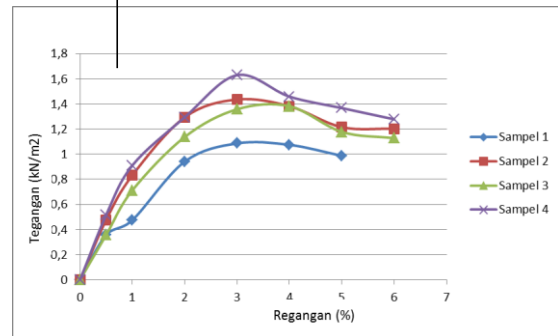
Gambar 3. Grafik tegangan vs regangan tanah asli



Gambar 4. Grafik tegangan vs regangan tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 %

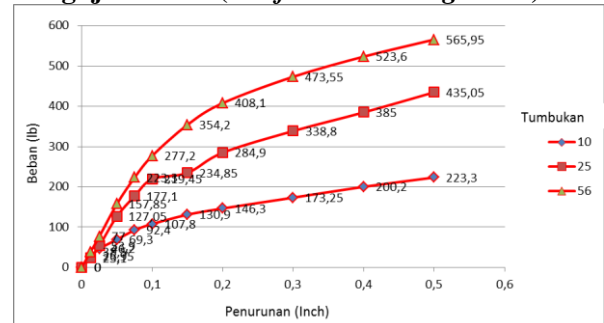


Gambar 5. Grafik tegangan vs regangan tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 %

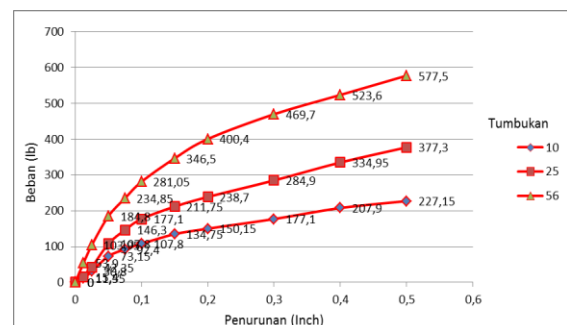


Gambar 6. Grafik tegangan vs regangan tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 %

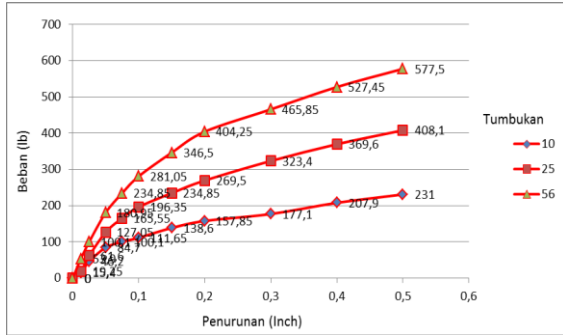
**Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)**



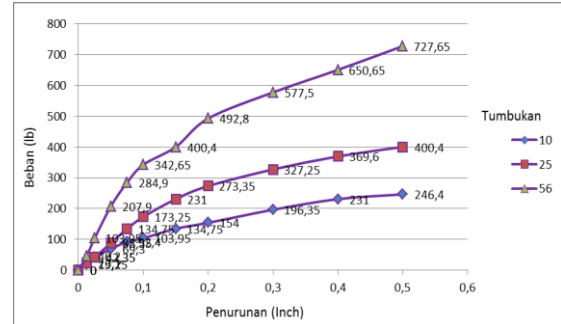
Gambar 7. Grafik beban vs penurunan tanah asli pada sampel satu



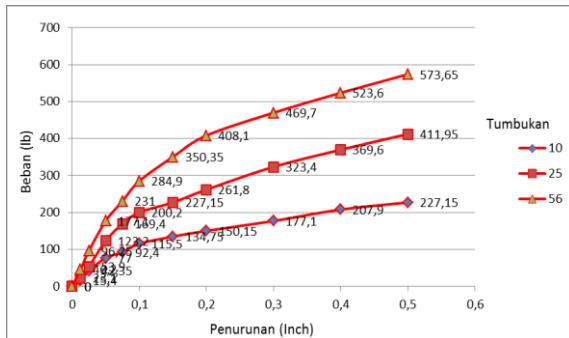
Gambar 8. Grafik beban vs penurunan tanah asli pada sampel dua



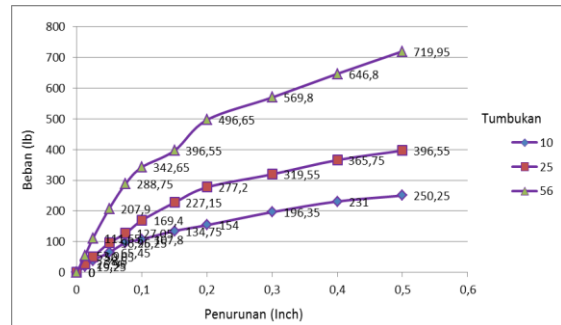
Gambar 9. Grafik beban vs penurunan tanah asli pada sampel tiga



Gambar 12. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % sampel tiga



Gambar 10. Grafik beban vs penurunan tanah asli pada sampel empat



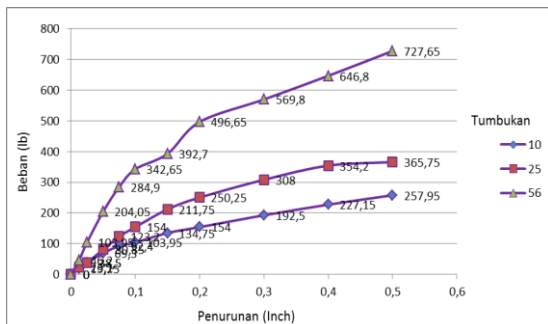
Gambar 13. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % sampel empat

Tabel 5. Harga CBR (*California Bearing Ratio*) Laboratorium Tanah Asli

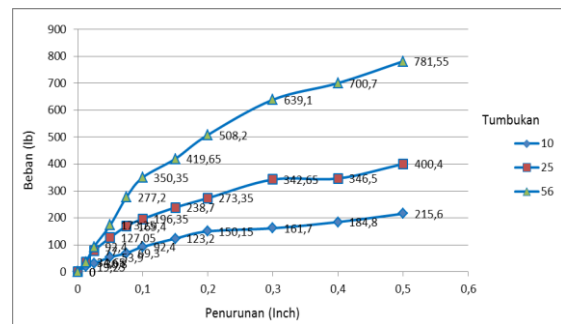
HARGA CBR		0,1"			0,2"		
JUMLAH TUMBUKAN		10	25	56	10	25	56
HARGA CBR (%) SAMPLE KE	1	3,593	7,315	9,240	3,251	6,331	9,069
	2	3,593	5,903	9,368	3,337	5,304	8,898
	3	3,722	6,545	9,368	3,508	5,989	8,983
	4	3,850	6,673	9,497	3,337	5,818	9,069

Tabel 6. Harga CBR Laboratorium tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 %

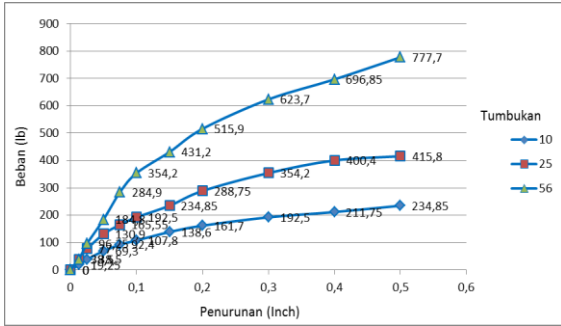
HARGA CBR		0,1"			0,2"		
JUMLAH TUMBUKAN		10	25	56	10	25	56
HARGA CBR (%) SAMPLE KE	1	3,080	6,417	11,293	3,080	6,160	10,951
	2	3,465	5,133	11,422	3,422	5,561	11,037
	3	3,465	5,775	11,422	3,422	6,074	10,951
	4	3,593	5,647	11,422	3,422	6,160	11,037



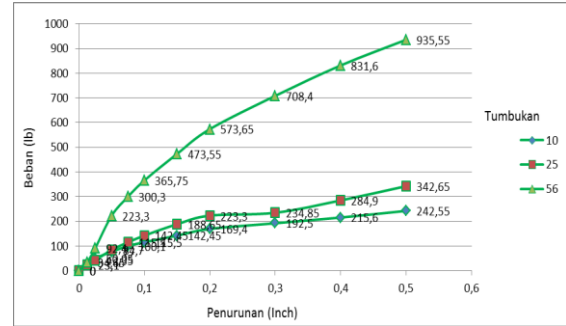
Gambar 11. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % sampel dua



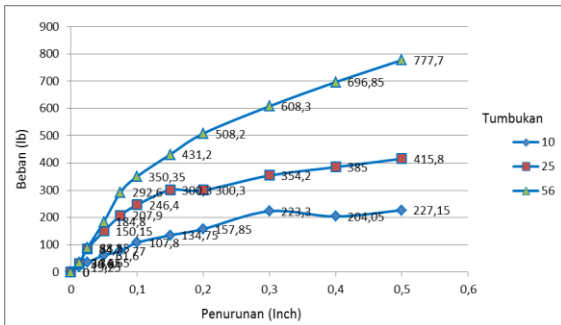
Gambar 14. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sampel satu



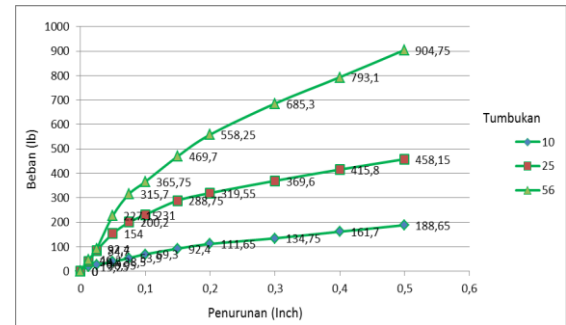
Gambar 15. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sampel dua



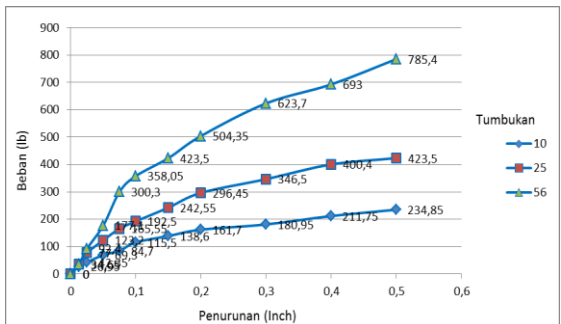
Gambar 18. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sampel satu



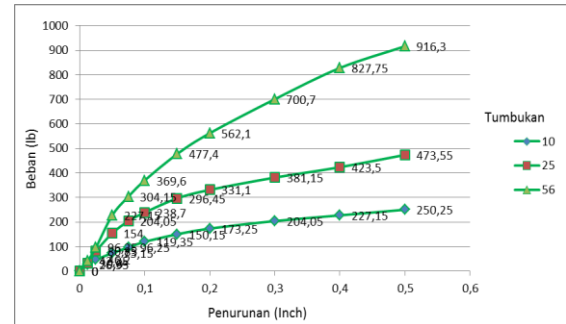
Gambar 16. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sampel tiga



Gambar 19. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sampel dua



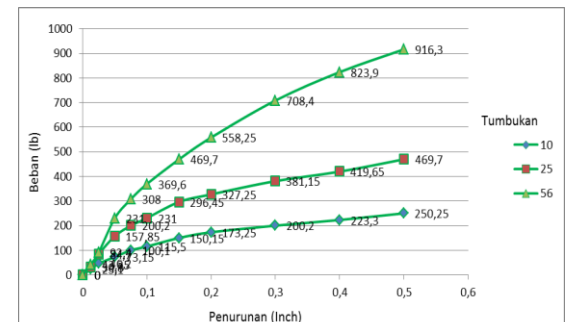
Gambar 17. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sampel empat



Gambar 20. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sampel tiga

Tabel 7. Harga CBR laboratorium tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 %

HARGA CBR	0,1"			0,2"			
	10	25	56	10	25	56	
JUMLAH TUMBUKAN							
HARGA CBR (%) SAMPEL KE	1	3.080	6.545	11.678	3.337	6.074	11.293
	2	3.593	6.417	11.807	3.593	6.417	11.464
	3	3.593	8.213	11.678	3.508	6.673	11.293
	4	3.850	6.417	11.935	3.593	6.588	11.208



Gambar 21. Grafik beban vs penurunan tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sampel empat



Tabel 8. Harga CBR laboratorium tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 %

HARGA CBR	0,1"			0,2"			
	10	25	56	10	25	56	
JUMLAH TUMBUKAN							
HARGA CBR (%) SAMPEL KE	1	3,850	4,748	12,192	3,764	4,962	12,748
	2	2,310	7,700	12,192	2,481	7,101	12,406
	3	3,978	7,957	12,320	3,850	7,358	12,491
	4	3,850	7,700	12,320	3,850	7,272	12,406

**Uji T – Student Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test)**

Tabel 9. Uji T – Student tanah asli

No. Sampel	UCT - Kuat Tekan (X)	X-X Rata-rata	(X-X Rata-rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	0,80	0,0750	0,00563	0,0545	0,2530	0,765	Diterima
2	0,69	-0,0350	0,00123		0,0551		Diterima
3	0,68	-0,0450	0,00202		0,0911		Diterima
4	0,73	0,0050	0,00003		0,0011		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian tekan bebas tanah asli yang diterima diperoleh rata-rata:  $(0,8+0,69+0,68+0,73) / 4 = 0,73 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 10. Uji T – Student tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 %

No. Sampel	UCT - Kuat Tekan (Qu)	X-X Rata-rata	(X-X Rata-rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	1,10	-0,0950	0,00902	0,0705	0,3137	0,765	Diterima
2	1,20	0,0050	0,00003		0,0009		Diterima
3	1,21	0,0150	0,00023		0,0078		Diterima
4	1,27	0,0750	0,00563		0,1955		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian tekan bebas tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(1,1+1,2+1,21+1,27) / 4 = 1,2 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 11. Uji T – Student tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 %

No. Sampel	UCT - Kuat Tekan (Qu)	X-X Rata-rata	(X-X Rata-rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	1,30	-0,0500	0,00250	0,0440	0,1393	0,765	Diterima
2	1,33	-0,0200	0,00040		0,0223		Diterima
3	1,37	0,0200	0,00040		0,0223		Diterima
4	1,40	0,0500	0,00250		0,1393		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian tekan bebas tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(1,3+1,33+1,37+1,4) / 4 = 1,35 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 12. Uji T – Student tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 %

No. Sampel	UCT - Kuat Tekan (Qu)	X-X Rata-rata	(X-X Rata-rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	1,10	-0,2825	0,07981	0,2173	0,8996	0,765	Diterima
2	1,40	0,0175	0,00031		0,0035		Diterima
3	1,40	0,0175	0,00031		0,0035		Diterima
4	1,63	0,2475	0,06126		0,6905		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian tekan bebas tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(1,1+1,4+1,4+1,63) / 4 = 1,38 \text{ kg/cm}^2$

**Uji T – Student California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium**

Tabel 13 Uji T – Student tanah asli 10 tumbukan

Sampel	10 tumbukan	X-X rata <sup>2</sup>	X-X rata <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	3,593	-0,09650	0,009312250	0,1230731	0,1513	0,765	Diterima
2	3,593	-0,09650	0,009312250		0,1513		Diterima
3	3,722	0,03250	0,001056250		0,0172		Diterima
4	3,85	0,16050	0,025760250		0,4186		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah asli yang diterima diperoleh rata-rata:  $(3,593+3,593+3,722+3,85) / 4 = 3,69 \%$

Tabel 14 Uji T – Student tanah asli 25 tumbukan

Sampel	25 tumbukan	X-X rata <sup>2</sup>	X-X rata <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	7,351	0,70600	0,498436000	0,5788103	1,7223	0,765	Ditolak
2	5,903	-0,70600	0,498436000		1,7223		Ditolak
3	6,545	-0,06400	0,004096000		0,0142		Diterima
4	6,673	0,06400	0,004096000		0,0142		Diterima

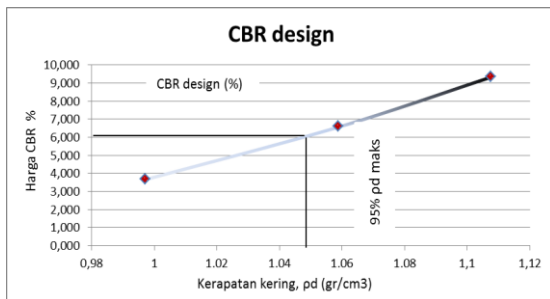
Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah asli yang diterima diperoleh rata-rata:  $(6,545+6,673) / 2 = 6,609 \%$

Tabel 15 Uji *T – Student* tanah asli 56 tumbukan

Sampel	56 tumbukan	X-X rata <sup>2</sup>	X-X rata <sup>4</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	9,24	-0,12825	0,016448062	0,1049202	0,3135	0,765	Diterima
2	9,368	-0,00025	0,000000062		0,0000		Diterima
3	9,368	-0,00025	0,000000062		0,0000		Diterima
4	9,497	0,12875	0,016576563		0,3160		Diterima

Hasil uji *T* terhadap pengujian CBR laboratorium tanah asli yang diterima diperoleh rata-rata:

$$(9,24+9,368+9,368+9,497) / 4 = 9,368\%$$



Gambar 22. Grafik CBR design antara kerapatan kering vs harga CBR tanah asli

Tabel 16. Uji *T – Student* tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % 10 tumbukan

Sampel	10 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	3,080	-0,32075	0,102880563	0,2221837	0,9261	0,765	Ditolak
2	3,465	0,06425	0,004128062		0,0372		Diterima
3	3,465	0,06425	0,004128062		0,0372		Diterima
4	3,593	0,19225	0,036960063		0,3327		Diterima

Hasil uji *T* terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:

$$(3,465+3,465+3,593) / 3 = 3,508\%$$

Tabel 17. Uji *T – Student* tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % 25 tumbukan

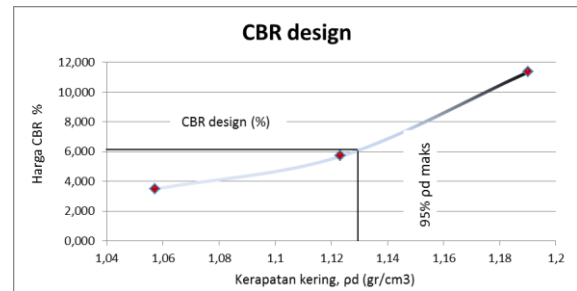
Sampel	25 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	6,417	0,67400	0,454276000	0,5280833	1,7205	0,765	Ditolak
2	5,133	-0,61000	0,372100000		1,4092		Ditolak
3	5,775	0,03200	0,001024000		0,0039		Diterima
4	5,647	-0,09600	0,009216000		0,0349		Diterima

Hasil uji *T* terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 1 % abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(5,775+5,647) / 2 = 5,711\%$

Tabel 18. Uji *T – Student* tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % 56 tumbukan

Sampel	56 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	11,293	-0,09675	0,009360563	0,0645000	0,2902	0,765	Diterima
2	11,422	0,03225	0,001040063		0,0323		Diterima
3	11,422	0,03225	0,001040063		0,0323		Diterima
4	11,422	0,03225	0,001040063		0,0323		Diterima

Hasil uji *T* terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(11,293+11,422+11,422+11,422) / 4 = 11,39\%$



Gambar 23. Grafik CBR design antara kerapatan kering vs harga CBR tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 %

Tabel 19. Uji *T – Student* tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % 10 tumbukan

Sampel	10 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	3,080	-0,36150	0,130682250	0,2449551	1,0670	0,765	Ditolak
2	3,593	0,15150	0,022952250		0,1874		Diterima
3	3,593	0,15150	0,022952250		0,1874		Diterima
4	3,500	0,05850	0,003422250		0,0279		Diterima

Hasil uji *T* terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(3,593+3,952+3,5) / 3 = 3,562\%$

Tabel 20. Uji *T – Student* tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % 25 tumbukan

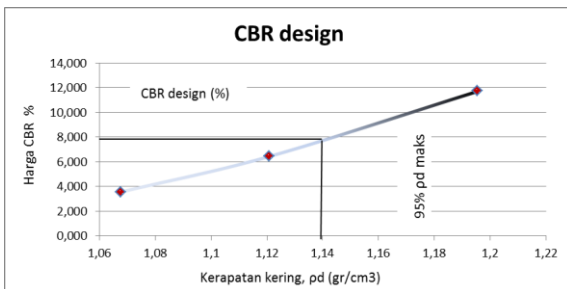
Sampel	25 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	6,545	-0,35300	0,124609000	0,8787408	0,2836	0,765	Diterima
2	6,417	-0,48100	0,231361000		0,5266		Diterima
3	8,213	1,31500	1,729225000		3,9357		Ditolak
4	6,417	-0,48100	0,231361000		0,5266		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(6,545+6,417+6,417) / 3 = 6,46\%$

Tabel 21. Uji T – Student tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % 56 tumbukan

Sampel	56 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	11,678	-0,09650	0,009312250	0,1230731	0,1513	0,765	Diterima
2	11,807	0,03250	0,001056250		0,0172		Diterima
3	11,678	-0,09650	0,009312250		0,1513		Diterima
4	11,935	0,16050	0,025760250		0,4186		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(11,678+11,807+11,678+11,935) / 4 = 11,775\%$



Gambar 24. Grafik CBR design antara kerapatan kering vs harga CBR tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 %

Tabel 22. Uji T – Student tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % 10 tumbukan

Sampel	10 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	3,850	0,35300	0,124609000	0,7936305	0,3140	0,765	Diterima
2	2,31	-1,18700	1,408969000		3,5507		Ditolak
3	3,978	0,48100	0,231361000		0,5830		Diterima
4	3,85	0,35300	0,124609000		0,3140		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(3,850+3,978+3,85) / 3 = 3,893\%$

Tabel 23. Uji T – Student tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % 25 tumbukan

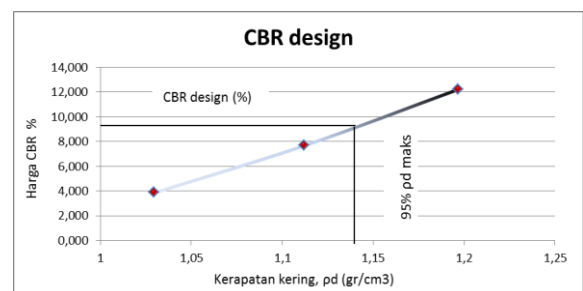
Sampel	25 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	4,748	-2,27825	5,19423063	1,52326573	6,8131	0,765	Ditolak
2	7,7	0,67375	0,453939063		0,5959		Diterima
3	7,957	0,93075	0,866295563		1,1371		Ditolak
4	7,7	0,67375	0,453939063		0,5959		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(7,7+7,7) / 2 = 7,7\%$

Tabel 24. Uji T – Student tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % 56 tumbukan

Sampel	56 tumbukan	X-X Rata - rata	(X-X Rata - rata) <sup>2</sup>	S	T hitung	T tabel	Keterangan
1	12,192	-0,06400	0,004096000	0,0739008	0,1109	0,765	Diterima
2	12,192	-0,06400	0,004096000		0,1109		Diterima
3	12,32	0,06400	0,004096000		0,1109		Diterima
4	12,32	0,06400	0,004096000		0,1109		Diterima

Hasil uji T terhadap pengujian CBR laboratorium tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % yang diterima diperoleh rata-rata:  $(12,192+12,192+12,32+12,32) / 4 = 12,256\%$



Gambar 25. Grafik CBR design antara kerapatan kering vs harga CBR tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 %

**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap tanah lempung yang ditambah aditif semen (1%, 2%, dan 3%) dan

abu sekam padi (4%), diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Hasil pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression strength*) meningkat sejalan dengan naiknya kadar semen:
  - Nilai kuat tekan bebas tanah asli sebesar 0,73 kg/cm<sup>2</sup>
  - Nilai kuat tekan bebas tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 1, 2 kg/cm<sup>2</sup>
  - Nilai kuat tekan bebas tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 1, 35 kg/cm<sup>2</sup>
  - Nilai kuat tekan bebas tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 1, 38 kg/cm<sup>2</sup>
2. Hasil pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) meningkat sejalan dengan naiknya kadar semen:
  - Nilai CBR tanah asli sebesar 6 %
  - Nilai CBR tanah dengan semen 1 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 6,2 %
  - Nilai kuat tekan bebas tanah dengan semen 2 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 7,8 %
  - Nilai kuat tekan bebas tanah dengan semen 3 % dan abu sekam padi 4 % sebesar 9,2 %

#### DAFTAR PUSTAKA

Bowles, Joseph E. 1993. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga  
Fadilla, Nita & Roesyanto. 2014. *Pengujian Kuat Tekan Bebas Pada Stabilitas*

*Tanah Lempung dengan Campuran Semen dan Abu Sekam Padi*. Jurnal Teknik Sipil USU. Vol 3, No 2

- Raharja, Sri. Sholihin As'ad & Sunarmasto. 2013. *Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi*. Jurnal Online Matriks Teknik Sipil. Vol 1, No 4
- Hardiyatmo, C.H. 2015. *Analisa dan Perencanaan Pondasi II*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Hardiyatmo, C.H. 2011. *Perencanaan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 1967 Metode Pengujian Batas Cair*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 1966 Metode Pengujian Batas Plastis*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 1742 Metode Pengujian Kepadatan Ringan pada Tanah*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 3638 Metode Pengujian Tekan Bebas Tanah Kohesif*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1744 Metode Pengujian CBR Laboratorium*. Jakarta.
- Terzhagi, Karl & Peck, R.B. 1993. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*, Jakarta: Erlangga