

# PENGARUH ABU SEKAM PADI TERHADAP MECHANICAL PROPERTIES TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

(Studi Kasus : Jalan Raya Pantura Km 162 Surabaya, 32 Situbondo, 6 Besuki, Desa Silomukti, Kec. Mlandingan, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur)

Sri Hasturi Murtiwati

Arief Alihudien, S.T., M.T.<sup>1</sup> ; Adhitya Surya Manggala S.T., M.T.<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email : [sriwatyy996@.com](mailto:sriwatyy996@.com)

## RINGKASAN

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Tanah lempung ekspansif yang sering menimbulkan masalah terhadap kontaksi sipil, karena pada saat tanah menyerap air maka kembang susut tanah tersebut akan tinggi, memiliki daya dukung yang rendah, dan plastisitas yang tinggi. Daya dukung yang dimiliki tanah tergantung dari jenis tanah dan sifat-sifat tanah. Seperti di Jalan Raya Pantura km 162 Surabaya, 32 Situbondo, 6 Besuki, Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten SITUBONDO, Karena kemungkinan tanah dasar untuk membuat jalan bersifat kohesif dan memiliki kembang susut yang tinggi yang dapat menyebabkan tanah menjadi bergelombang dan retak-retak, akibat dari tanah yang ekspansif dan terpengaruh dari beban truk besar yang melintasi jalan tersebut.

Ada beberapa macam bahan stabilisator yang bisa digunakan dalam proses stabilitas tanah ini, untuk penelitian ini tentang stabilitas tanah dengan bahan campuran yang akan di gunakan adalah abu sekam padi. dengan penambahan sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% terhadap berat kering tanah lempung ekspansif. Dari penelitian ini diharapkan memberikan gambaran terhadap karakteristik dari tanah lempung ekspansif dan cara memperbaikinya. Dari penelitian ini diperoleh nilai IP sebesar 25,09% , potensi pengembangannya yang termasuk tinggi. Setelah penambahan campuran nilai IP semakin turun dan nilai CBR design di peroleh 8% meningkat menjadi 28,2%.

**Kata kunci** : Tanah Lempung Ekspansif, Abu Sekam Padi, IP, CBR

## ABSTRACT

*Soil is a very important basic material because it is the basis on which structures will be erected such as building foundations, roads, dams, embankments and others. Expansive clay soils often cause problems with civil construction, because when the soil absorbs water, the soil shrinkage will be high, have low bearing capacity, and high plasticity. The bearing capacity of the soil depends on the type of soil and the properties of the soil. For example on Jalan Raya Pantura km 162 Surabaya, 32 Situbondo, 6 Besuki, Silomukti Village, Mlandingan District, SITUBONDO Regency, because the subgrade for making the road is likely to be cohesive and has high shrinkage which can cause the ground to become bumpy and cracked, the result of expansive soil and affected by the load of large trucks crossing the road.*

*There are several types of stabilizers that can be used in this soil stability process, for this research on soil stability with the mixture that will be used is rice husk ash. with the*

*addition of 0%, 5%, 10%, and 15% to the dry weight of expansive clay. From this research, it is expected to provide an overview of the characteristics of expansive clay and how to improve it. From this research, it is obtained that the IP value is 25.09%, the potential for development is high. The setting for the addition of the mix-in value of IP decreases and the CBR design value is obtained 8%, increasing to 28.2%.*

**Key words :** *Expansive Clay, Rice Husk Ash, IP, CBR.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang**

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada jalan dan gedung, seperti terangkat atau runtuhnya suatu pondasi, keretakan dinding bangunan, dan bergelombangnya permukaan jalan, disebabkan oleh permasalahan pada daya dukung tanah yang ada di bawah struktur suatu bangunan. Daya dukung yang dimiliki tanah tergantung dari jenis tanah dan sifat-sifat tanah.

Sering dijumpai kondisi tanah yang kurang baik dalam pelaksanaannya. Seperti di Jalan Raya Pantura km 162 Surabaya, 32 Situbondo, 6 Besuki, Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten SITUBONDO, Karena kemungkinan tanah dasar untuk membuat jalan bersifat kohesif dan memiliki kembang susut yang tinggi yang dapat menyebabkan tanah menjadi bergelombang dan retak-retak, akibat dari tanah yang ekspansif dan terpengaruh dari beban truk besar yang melintasi jalan tersebut. Permasalahan inilah yang menjadi latar belakang penelitian yaitu dengan melakukan penelitian dengan metode stabilitas tanah, dengan menggunakan bahan tambahan limbah.

Ada beberapa macam bahan stabilisator yang bisa digunakan dalam proses stabilitas tanah ini yang bermaksud untuk memperkuat tanah diantaranya adalah dapat berupa *fly ash*, semen, kapur, abu sekam padi, pasir dan lain-

lainnya. Untuk penelitian ini tentang stabilitas tanah dengan bahan campuran yang akan di gunakan adalah abu sekam padi. Abu sekam padi merupakan material yang banya mengandung silika dan material pozzolan karena mengandung unsur kapur bebas yang dapat mengeras dengan sendirinya.

Berdasarkan penelitian dari hasil uji konsistensi (*atterberg limit*) nilai IP (*Indeks Plastisitas*) pada tanah dasar di Jalan Raya Pantura Desa Silomukti, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo, memiliki nilai LL = 52,87 % , PL = 27,78 % , SL = 18,60 % , dan nilai IP sebesar 25,09% . Dengan jarak pengambilan sampel yaitu, 2 m jarak dari jalan dan kedalaman 40 cm. Dari hasil uji konsistensi tanah tersebut maka tanah berjenis lempung murni, kohesif, plastisitas tinggi, dan memiliki derajat pengembangan yang tinggi.

### **Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung nilai presetasi CBR pada penetrasi 0,1” dan 0,2” tanah tersebut ketika diberi campuran abu sekam padi sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan lama pemeraman nol hari berdasarkan kadar air optimum?
2. Bagaimana menganalisa sifat konsistensi tanah setelah diberi campuran abu sekam padi sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan lama pemeraman nol hari berdasarkan kadar air optimum?

3. Bagaimana menganalisa sifat atau mekanikal propertis tanah setelah pencampuran tanah dengan menggunakan abu sekam padi?

airnya mengering. Batas susut dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$SL = \{w_i \%\} - \left\{ \frac{(V_1 - V_2) \cdot W}{w_3 - w_1} \right\} \times 100 \%$$

### Tujuan

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung pengaruh bahan tambahan abu sekam padi terhadap nilai CBR.
2. Menganalisa sifat perbedaan nilai konsistensi tanah setelah penambahan abu sekam padi terhadap tanah yang di uji.
3. Menganalisa sifat fisis tanah setelah ditambahkan bahan tambahan abu sekam padi.

### Analisa Ukuran Butiran

Analisa ukuran butiran tanah adalah penentuan presentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter tertentu. Sifat-sifat tanah sangat tergantung pada ukuran butirannya. Besarnya ukuran butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanahnya. Oleh karena itu, analisis butiran merupakan pengujian yang sangat sering dilakukan.

### Proctor Tes

Pada tanah, pemadatan merupakan fungsi dari kadar air. Air pada tanah berperan sebagai pelembut (*softening agent*) saat pemadatan, sehingga air akan membantu menyusun partikel tanah dalam mengisi rongga udara menjadi padat. Namun, kelebihan air tidak akan membantu tanah mencapai densitas yang padat, hal ini karena rongga udara telah terisi oleh air yang bersifat inkompresibel yang membuat partikel tanah akan mengalir atau kehilangan friksi dan energi pemadatan langsung diterima oleh air.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Konsistensi Tanah

- a. Batas Cair (*Liquid Limit = LL*), kadar air dimana untuk nilai-nilai diatasna akan berperilaku sebagai cairan kental atau dapat juga didefinisikan sebagai kadar air dimana 25 kali pukulan oleh alat batas cair akan menutup celah (*groove*) yang berjarak 0,5 in (12,7mm) sepanjang dasar mangkuk.
- b. Batas Plastis (*Plastis Limid = PL*), kadar air dimana tanah apabila digunakan sampai dengan diameter 1/8 in (3,2mm) menjadi retak-retak. Batas plastis merupakan batas terendah dari tingkat keplastisan tanah.
- c. Indek Plastisitas (*Plasticity Indeks = IP*), adalah perbedaan antara batas cair dan batas platis suatu tanah.

$$PI = LL - PL$$

- d. Batas Susut (*Shrinkage Limid = SL*), kadar air tanah dimana tanah tersebut mempunyai volume terkecil pada saat

$$Y_d = \frac{wb}{1+w} \dots\dots\dots(1)$$

$$Y_d = \frac{G_s \times wb}{(1+w)G_s} \dots\dots\dots(2)$$

### California Bearing Ratio (CBR)

Hasil pengujian CBR dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah 0,1” dan 0,2”. Dari kedua nilai perhitungan digunakan nilai terbesar dihitung dengan persamaan berikut:

a. Penetrasi 0,1” (0,254 cm)

$$CBR (\%) = \frac{p1 (psi)}{1000 (psi)} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

b. Penetrasi 0,2” (0,508 cm)

$$CBR (\%) = \frac{p1 (psi)}{1500 (psi)} \times 100 \% \dots\dots\dots(2)$$

**Tanah Ekspansif**

Tanah ekspansif adalah suatu jenis tanah yang memiliki derajat pengembangan volume yang tinggi sampai sangat tinggi, biasanya ditemukan pada jenis tanah lempung yang sifat fisiknya terpengaruh oleh air. Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran, lebih dari satu macam ukuran partikelnya. Tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung saja. Akan tetapi, dapat bercampur dengan butiran-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin saja dapat campuran bahan organik. Semakin panjang rentang gradasinya maka tanah tersebut akan semakin baik, sedangkan tanah yang melekat satu sama lain setelah dibasahi dan setelah kering diperlukan gaya yang cukup besar untuk meremas tanah tersebut maka tanah tersebut disebut tanah kohesif.

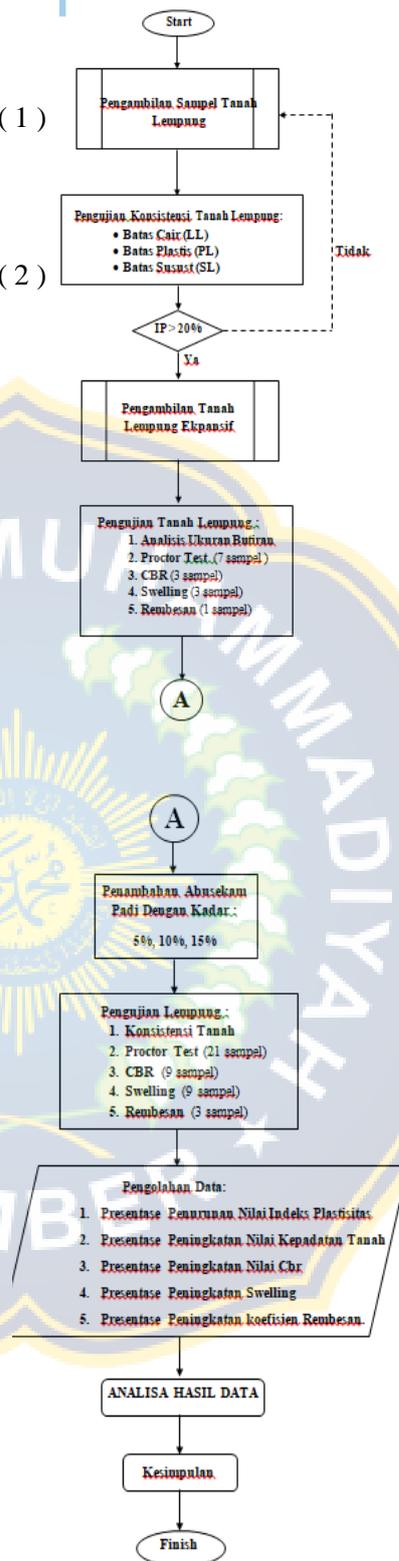
**III. METODE PENELITIAN**

**Lokasi**



Gambar 3.1. Lokasi pengambilan sampel tanah Google Earth

**Flow Chart**

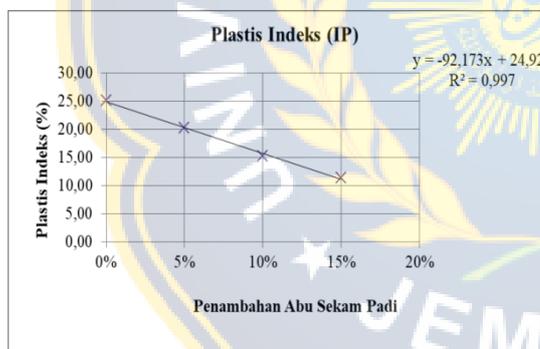


**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

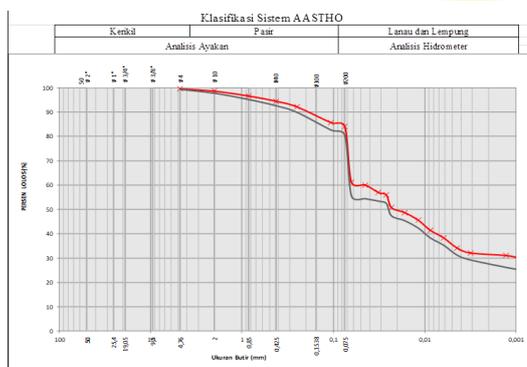
Tabel 4.1 Hasil Pengujian konsistensi

Hasil Dari Penambahan Abu Sekam Padi					
No.	Uraian Uji Praktikum	0%	5%	10%	15
1.	Batas Cair LL (%)	52,87	51,13	46,45	43,
2.	Batas Plastis PL (%)	27,78	30,83	31,19	32,
3.	Batas Kerut SL (%)	18,60	22,28	28,54	32,
4.	Plastis indeks IP (%)	25,09	20,30	15,26	11,

Penurunan nilai plastisitas indeks di akibatkan pori-pori tanah telah diisi oleh abu sekam padi, yang menyebabkan sensitivitas tanah terhadap air menjadi berkurang. Dilihat dari grafik diatas, bahwa untuk nilai indeks plastisitasnya, jika berdasarkan tabel potensial pengembangannya pada penambahan campuran 5% abu sekam padi masih tergolong tinggi meskipun nilai indeks plastisitasnya turun, pada penambahan campuran 10% abu sekam padi sudah tergolong sedang, pada penambahan campuran 15% abu sekam padi sudah tergolong rendah.



Grafik 4.12. Perbandingan Nilai Plastis Indeks



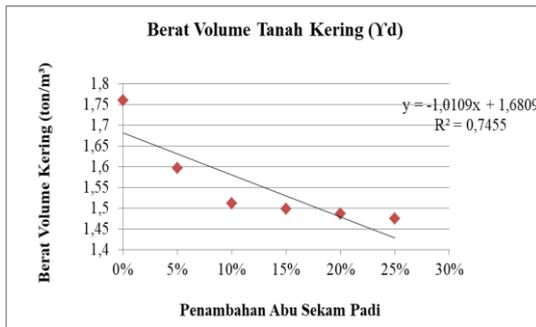
Grafik 4.2. Ukuran butiran Analisis Ayakan dan Analisis Hidrometer Tanah Asli dan Tanah Campuran 15 %

Pengaruh abu sekam padi pada tanah lempung ekspansif dengan pencampuran yang bervariasi 5%, 10%, dan 15%. Pada hasil sifat fisik tanah asli menurut system AASTHO tanah yang berasal dari Desa Silomukti, Kec. Mlandingan, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur adalah tanah lempung dan menurut tabel AASTHO termasuk golongan A-7-6. Apabila dicampur dengan abu sekam padi maka gradasi atau ukuran butirannya semakin halus dapat dilihat pada grafik di atas yang warna hitam tanah asli dan yang warna merah menunjukkan gradasi tanah dengan campuran abu sekam padi sebesar 15%.

Tabel 4.11. Hasil Penelitian Percampuran Tanah Asli Dengan Abu Sekam Padi

Hasil Dari Penambahan Abu Sekam Padi				
Penambahan (%)	GS	Y'd (ton/m <sup>3</sup> )	Y (ton/m <sup>3</sup> )	ω Optimum (%)
0%	2,62	1,76	1,94832	10,7
5%	2,58	1,596	1,85136	16,0
10%	2,55	1,512	1,82196	20,5
15%	2,51	1,498	1,82007	21,5
20%	2,47	1,486	1,80995	21,8
25%	2,45	1,475	1,77738	20,5

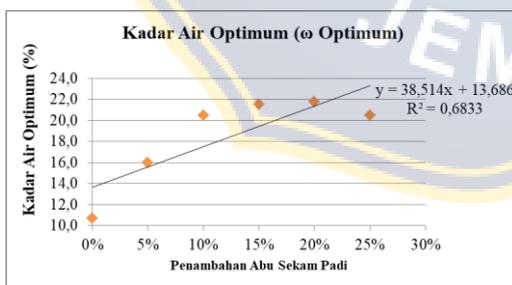
Pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa nilai Y'd max mengalami penurunan sedangkan nilai ω Optimum semakin meningkat, itu disebabkan karena berat abu sekam yang menggantikan partikel-partikel tanah sangatlah ringan dan daya serapnya terhadap air sangat tinggi.



Grafik 4.14. Perbandingan Nilai Berat Volume Kering.

Penurunan pada nilai berat volume kering atau  $\gamma_d$  max, disebabkan berat volume kering pada abu sekam padi sangat kecil dibandingkan dengan tanah lempung itu sendiri, selain itu kadar air juga yang mempengaruhi penurunan kepadatan optimum tanah tersebut.

Dari grafik 4.14 ini juga dapat menjelaskan tentang pengaruh abu sekam padi terhadap nilai indeks plastisitas, sehingga mendapatka nilai koefisien determinasi adalah  $R^2 = 0,7455$ . Artinya 74,55 % data penelitiannya dapat dijelaskan pada grafik tersebut dan sisanya dapat dijelaskan oleh variabel lain.



Grafik 4.13. Perbandingan Kadar Air Optimum

Dengan adanya pencampuran abu sekam padi, memberikan pengaruh yang lebih kuat terhadap perubahan kadar air optimum tersebut yang menyebabkam terjadinya peningkatan kadar air

optimum, semakin banyak pencampuran abu sekam padi terhadap tanah lempung akan membuat tanah lempung menjadi lebih banyak menyerap air untuk mencapai kepadatan maksimumnya karena abu sekam padi sangat sensitive terhadap air. Jadi semakin besar penambahan abu sekam maka nilai kadat air optimum pun kan semakin tinggi.

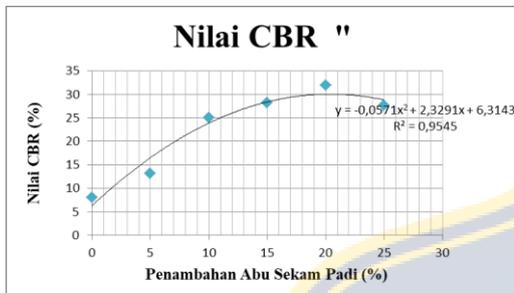
Dari grafik 4.13 ini juga dapat menjelaskan tentang pengaruh abu sekam padi terhadap nilai indeks plastisitas, sehingga mendapatka nilai koefisien determinasi adalah  $R^2 = 0,6833$ . Artinya 68,33 % data penelitiannya dapat dijelaskan pada grafik tersebut dan sisanya dapat dijelaskan oleh variabel lain.

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Porositas

Persentase Campuran	Massa Kering (gram)	Massa Basah (gram)	Porositas (%)	Rata-rata Porositas (%)
0%	4510	4965	21,63	22,50
	4155	4635	22,81	
	4395	4880	23,06	
5%	4247	4708	21,93	20,54
	4666	4991	15,45	
	4623	5133	24,24	
10%	3976	4480	23,96	19,96
	4018	4538	24,71	
	4260	4496	11,21	
15%	4103	4513	19,49	18,32
	4045	4411	17,39	
	3988	4368	18,08	
20%	3830	4225	18,77	17,87
	3773	4180	19,34	
	3915	4241	15,49	
25%	3558	4198	30,43	21,65
	3700	4156	21,67	
	3843	4113	12,85	

Tanel 4.9 menunjukkan hasil perhitungan nilai porositas tanah lempung dengan penambahan abu sekam padi. Pada penambahan 0%-20% mengalami penurunan nilai porositas disebabkan oleh susunan  $\text{SiO}_2$  yang terdapat pada tanah lempung dan abu sekam padi yang menyebabkan partikel-partikel tanahnya semakin rapat karena pori-pori dapat terisi dengan penuh. Sedangkan pada penambahan 25% terjadi kenaikan nilai porositas disebabkan karena penambahan abu sekan yang terlalu banyak sehingga abu sekam mengalami penguapan dan menghasilkan rongga-rongga. Dari hasil

perhitungan, tanah lempung dengan pencampuran abu sekam padi 20% dengan perendaman 2 x 24 jam memiliki prositas minimum sebesar 17,87%.



Grafik 4.15. Perbandingan Nilai CBR

Penikatan nilai CBR ini dipengaruhi oleh penambahan abu sekam padi, karena terjadi proses sementasi yang diakibatkan oleh sifat abu sekam padi yang pozzolanik dimana mengandung ion-ion negative sehingga mengikat senyawa  $Ca^{2+}$  pada tanah sehingga akan memperkeras dan akan menambah daya dukung tanah tersebut. Dari grafik 4.15 untuk mengetahui nilai CBR optimum, hasil dari perhitungan regresi didapat nilai optimum dengan nilai penambahan 20,4% dengan nilai CBR sebesar 30,0652 %.

Dari grafik 4.15 ini juga dapat menjelaskan tentang pengaruh abu sekam padi terhadap nilai indeks plastisitas, sehingga mendapatkan nilai koefisien determinasi adalah  $R^2 = 0,9545$ . Artinya 95,45% data penelitiannya dapat dijelaskan pada grafik tersebut dan sisanya dapat dijelaskan oleh variabel lain.

## V. PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian diatas yang mengenai tentang studi pengaruh abu sekam padi terhadap mekanikal propertis

tanah lempung ekspansif di laboratorium dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan campuran terhadap tanah lempung ekspansif sangat berpengaruh terhadap kenaikan daya dukung tanah atau nilai CBR pada penetrasi 0,1" dan 0,2". Nilai CBR tanah lempung pada penetrasi 0,1" untuk tanah lempung tanpa campuran diperoleh 8%, untuk campuran 5% abu sekam padi di peroleh 13,2%, untuk campuran 10% diperoleh 25%, untuk campuran 15% diperoleh 28,2%, untuk campuran 20% diperoleh 32%, untuk campuran 25% diperoleh 27,6%, dan pada penetrasi 0,2" untuk tanah lempung tanpa campuran diperoleh 6,9 %, untuk campuran 5% diperoleh 14,6%, untuk campuran 10% diperoleh 29,4%, untuk campuran 15% diperoleh 31,6 %, untuk campuran 20% diperoleh 33%, untuk campuran 25% diperoleh 31,5%. Jadi bisa disimpulkan bahwa semakin besan presentase pencampuran abu sekam padi terhadap tanah lempung maka semakin besar nilai daya dukung tanah atau nilai CBR yang didapatkan, nilai yang paling puncak pada penambahan 20,4% dengan nilai CBR 30,0652%.
2. Pencampuran abu sekam padi terhadap tanah lempung ekspansif sangat berpengaruh terlihat pada hasil nilai indeks plastisitas (IP) yang semakin banyak pencampuran abu sekam maka nilainya semakin menurun. Nilai IP bahwa potensial tanah lempung tanpa campuran 25,09 % yang menunjukkan bahwa potensial pengembangannya termasuk tinggi,

setelah di tambah abu sekam padi 5% nilai IP menjadi 20,30% yang menunjukkan bahwa potensial pengembangannya masih tergolong tinggi namun nilai IP sudah menurun, penambahan abu sekam padi 10% nilai IP menjadi 15,26 % yang menunjukkan bahwa potensial pengembangannya tergolong sedang, dan pada penambahan abu sekam padi 15% nilai IP menjadi 11,41 % yang menunjukkan bahwa potensial pengembangannya menjadi tergolong rendah. Jadi bisa disimpulkan bahwa semakin besan presentase pencampuran abu sekam padi terhadap tanah lempung maka semakin turun nilai indeks palsisitas (IP).

3. Penambahan abu sekam padi terhadap tanah lempung memberikan perubahan yang sangat berpengaruh. Dari nilai konsistensi tanah yang nilai plastisitas indeksinya menurun di akibatkan pori-pori tanah telah diisi oleh abu sekam padi, yang menyebabkan sensivitas tanah terhadap air menjadi berkurang, semakin banyak pencampuran abu sekam padi terhadap tanah lempung akan membuat tanah lempung menjadi lebih banyak menyerap air untuk mencapai kepadatan maksimumnya sehingga nialai kadar air optimumnya semakin tinggi. Nilai berat volume tanah kering menuru yang di akibatkan oleh berat volume kering dari abu sekam padi tersebut. Dan untuk daya dukung tanah semakin meningkat walaupun tidak

terlalu tinggi tetapi ada peningkatan dari setiap varian pencampuran abu sekam padi.

#### Saran

Berdasarkan dari penelitian ini, adapun saran untuk penelitian selanjudnya beberapa hal yang dapat di sampaikan sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba dengan meneliti jenis tanah lain dengan menambahkan varian presentase campuran abu sekam padi yang lebih besar lagi dari penelitim kali ini.
2. Untuk menentukan pengembangan pada tanah diperlukan pengujian tanah dengan metode free swell test dengan alat uji konsolidasi.

#### Daftar Pustaka

- Carllo Desanta. 2017 *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Dukung Tanah Di Bayat Klaten*: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Dedi Setiawan, Lusmeilia Afriani, Dan Setyanto. 2015 *Studi Dan Analisa Campuran Tanah Lempung Dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Permabilitas Dengan Alat Falling Head*. Lampung : Universitas Lampung
- Herry Widhiarto, Aris Heri Andriawan, Dan Andik Matulesy. 2015 *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam Dan Kapur*. Surabaya : Universitas 17 Agustus 1945.
- Idharmahadi Adha. 2011 *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilisasi Tanah Semen*. Lampung: Universitas Lampung.
- Ir.Noor Endah Mochtar M.Sc.,Ph.D. , dan Ir. Indrasurya B. Mochtar

- M.Sc.,Ph.D. 1988 *Mekaniaka Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Tanah Geoteknis), Jilid 1. Braja M. Das.* Surabaya: Ahli Bahasa Institut Teknologi 10 Nopember.
- I Nyoman Aribudiman, ST, MT., Ir. IGN Wardana, MT., Ir. Tjok. Gde Suwarsa Putra, MT., dan Ir. AAKN Tjerita, MSc. 2015 *Pengaruh Pemeraman Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Yang Ditambahkan Semen Dan Abu Sekam Padi Sebagai Subgrade Jalan:* Universitas Udayana.
- Muhammad Rifqi Abdurrozak, Dan Dillah Nurfathiyah Mufti. 2017 *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi Dan Kapur Pada Subgrade Perkerasan Jalan.* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Sri Prabandiyani Retno Wardani, Muhrozi, Andi Retno Ari Setiaji, Dan Danny R. Riwu. 2018 *Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Menggunakan Tanah Putih Untuk Tanah Dasar Di Daerah Godong, Kabupaten Grobogan Jawa Tengah.* Semarang : Universitas Diponegoro

