

# PERBAIKAN TANAH MENGGUNAKAN BUBUK KARANG LAUT DAN ABU SEKAM PADI PADA TANAH LEMPUNG

Hasanah Fitriyah Masril<sup>1\*</sup>, Nanda<sup>2</sup>, Rita Nasmirayanti<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.  
Email: hasanahfitriyah6@gmail.com

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Padang.

<sup>3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang, Padang.

## ABSTRACT

The subgrade in Koto Baru Nan XX Village, Padang City needs further analysis because it indicates clay soil. To overcome this problem, one of the methods used is to improve the quality of the original soil (stability) with additional ingredients (additives) sea coral powder and rice husk ash. The addition of sea coral powder can cause physical and mechanical changes to the soil. The use of rice husk ash as a stabilizing material in clay soil is possible because this material contains a lot of silicate (SiO<sub>2</sub>) and aluminate (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) elements, so it is categorized as a pozzolan (a material containing silica and alumina compounds). By carrying out specific weight tests, soil consistency limits, compaction tests, and CBR. The results of soil consistency limit testing show that the greater the rice husk ash content in the soil, the liquid limit values and CBR values of 0.1" and 0.2" increase, while the plastic limit value and plasticity index decrease. From all the research that has been tested, the percentage value for soil improvement with a mixture using rice husk ash and sea coral powder is at a percentage of 2% rice husk ash and 5% sea coral powder.

**Keywords :** rice husk ash, sea shell powder, specific gravity, atterberg limit, ucst, compaction and cbr.

## ABSTRAK

Tanah dasar di Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang perlu dilakukan analisa lebih lanjut karena terindikasi tanah lempung. Untuk mengatasi permasalahan ini salah satu cara atau metode yang dipergunakan adalah memperbaiki kualitas tanah asli (stabilitas) dengan bahan tambahan (additive) bubuk karang laut dan abu sekam padi. Penambahan bubuk karang laut dapat menyebabkan perubahan fisis dan mekanis pada tanah. Penggunaan abu sekam padi sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung dimungkinkan karena material ini banyak mengandung unsur silikat (SiO<sub>2</sub>) dan aluminat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), sehingga dikategorikan sebagai pozzolan (bahan yang mengandung senyawa silika dan alumina). Dengan melakukan pengujian berat spesifik, batas-batas konsistensi tanah, uji pemadatan, dan CBR. Dari hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah menunjukkan bahwa semakin besar kandungan abu sekam padi dalam tanah, maka nilai-nilai batas cair dan nilai CBR 0,1" dan 0,2" meningkat, sedangkan nilai batas plastis dan indeks plastisitas menurun. Dari semua penelitian yang sudah diuji maka nilai persentase untuk perbaikan tanah dengan bahan campuran menggunakan abu sekam padi dan bubuk karang laut yaitu di persentase 2% abu sekam padi dan 5% bubuk karang laut.

**Kata Kunci :** abu sekam padi, bubuk karang laut, berat spesifik, batas-batas konsistensi tanah, ucst, pemadatan dan cbr.

## 1. PENDAHULUAN

Penelitian terdahulu mengemukakan bahwa perkembangan infrastruktur di Indonesia semakin hari semakin mengalami kemajuan. Kebutuhan fasilitas infrastruktur yang memadai meningkat seiring dengan meningkatnya perkembangan suatu wilayah. Dengan infrastruktur yang memadai akan membuat sektor ekonomi negara semakin berkembang. Untuk itu, dalam merencanakan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terlebih dahulu terhadap karakteristik dan kekuatan tanah, terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya (Lestari, 2014).

Tanah dasar di Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang perlu dilakukan analisa lebih lanjut karena terindikasi tanah lempung. Apabila kondisi tanah dasarnya berupa tanah lempung, maka salah satu usaha peningkatan atau perbaikan sifat mekanis tanah lempung adalah dengan cara teknis stabilisasi yang dikenal dengan *soil stabilization* (Enita Suardi, 2005). Jika tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah, maka bangunan yang ada sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi tanah. Salah satu penyebabnya adalah kembang susut yang tinggi dan kurang baik daya dukungnya (Das, 1994). Untuk mengatasi permasalahan ini salah satu cara atau metode yang dipergunakan adalah memperbaiki kualitas tanah asli (stabilitas) dengan bahan tambahan (*additive*) bubuk karang laut dan abu sekam padi. Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah tertentu agar memenuhi syarat teknis tertentu (Hardiyatmo, 2010).

Menurut penelitian Muntohar dan Hantoro (2000), penambahan serbuk karang laut dan abu sekam padi pada tanah lempung ternyata dapat mengurangi kemampuan untuk mengembangnya tanah ekspansif. Agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan lancar dan memperoleh hasil yang sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, yaitu: Mengetahui dan menganalisis sifat-sifat fisis dan mekanis dari kondisi tanah lempung, perbandingan berapa besar pengaruh persentase penambahan bubuk karang laut dan abu sekam padi terhadap stabilitas tanah lempung, dan klasifikasi tanah sebelum dan sesudah ditambah dengan bubuk karang dan abu sekam padi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan tanah asli dari Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Komposisi Campuran untuk Benda Uji

Benda uji untuk masing-masing perlakuan terdiri atas tanah asli di daerah Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang dengan persentase tanah asli yang digunakan yaitu 10%, 12%, 14% dan 16%, serta campuran bubuk karang laut dan abu sekam padi. Persentase yang digunakan adalah 5% bubuk karang laut + 2% abu sekam padi, 5% bubuk karang laut + 5% abu sekam padi, dan 5% bubuk karang laut + 8% abu sekam padi dari berat kering tanah.

## 2.2 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada empat sampel benda uji. Benda pertama dilakukan pada tanah asli dalam keadaan terganggu (*disturbed*) dan keadaan tidak terganggu (*undisturbed*) lalu tiga benda uji lainnya menggunakan bubuk karang laut dan abu sekam padi. Persentase yang digunakan adalah 2% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut, 5% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut, 8% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut dari berat kering tanah.

Tiga sampel benda uji tersebut dilakukan pengujian *index properties* tanah, UCST (*Unconfined Compressive Strength Test*), *Compection Test*, dan uji CBR (*California Bearing Ratio*). *Index properties* tanah ini terdiri dari batas-batas konsistensi tanah (*Atterberg Limit*) dan *Specific Gravity*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Sifat Fisik Tanah Asli

Sampel diambil dari Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang. Untuk menentukan klasifikasi tanah tersebut maka dilakukan pengujian karakteristik sifat fisik tanah di laboratorium yang meliputi pengujian *specific gravity*, batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas. Tabel 1 dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian sifat fisik tanah asli yang saya lakukan sendiri di Laboratorium.

**Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisis tanah asli**

<b>No</b>	<b>Jenis Penelitian</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>
1	Berat Jenis ( <i>Specific gravity</i> ) <i>disturbed</i>	2,52	
2	Berat Jenis ( <i>Specific gravity</i> ) <i>undisturbed</i>	2,64	
3	Batas-batas Konsistensi Tanah ( <i>Atterberg limit disturbed</i> )		
	- Batas Cair ( <i>Liquid limit</i> )	73,75	%
	- Batas Plastis ( <i>Plastic limit</i> )	53,77	%
	- Indeks Plastisitas ( <i>Plasticity indeks, PI</i> )	19,98	%
4	Batas-batas Konsistensi Tanah ( <i>Atterberg limit undisturbed</i> )		
	- Batas Cair ( <i>Liquid limit</i> )	49,18	%
	- Batas Plastis ( <i>Plastic limit</i> )	39,70	%
	- Indeks Plastisitas ( <i>Plasticity indeks, PI</i> )	9,47	%

### 3.2 Sifat Mekanis Tanah Asli

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan pengujian sifat-sifat mekanis tanah asli didapat hasil seperti yang disajikan dalam tabel berikut:

**Tabel 2. Hasil pengujian sifat mekanis tanah asli**

<b>No</b>	<b>Jenis Penelitian</b>	<b>Hasil</b>	<b>Satuan</b>
1	Uji Kuat Tekan Bebas ( <i>UCST</i> )		
	- <i>qu Undisturbed</i>	0,723	kg/cm <sup>2</sup>
	- <i>qu Remoulded</i>	0,327	kg/cm <sup>2</sup>
	- <i>ST (Sensitivity tanah)</i>	2,21	
3	Uji Pemadatan ( <i>Compaction test</i> )		
	- Kadar air optimum ( <i>w<sub>opt</sub></i> )	48,06	%
	- Berat volume kering ( <i>γ<sub>d</sub></i> )	1,28	gr/cm <sup>3</sup>
4	Uji CBR ( <i>California bearing ratio</i> )		
	- 0,1"	2,651	%
	- 0,2"	2,373	%

Tabel 2 di atas ini merupakan table hasil pengujian sifat fisik tanah asli yang saya lakukan sendiri di Laboratorium. Berdasarkan Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa tanah di daerah Kelurahan Koto Baru Nan XX, Kota Padang dapat dikelompokkan Berdasarkan klasifikasi AASHTO dapat diketahui bahwa sampel tanah tersebut termasuk kedalam kelompok A-2-7 yang berjenis tanah lempung dengan sifat sedang sampai buruk. Sedangkan klasifikasi tanah dengan menggunakan klasifikasi USCS dapat diketahui bahwa tanah tersebut termasuk kedalam kelompok MH & OH, karena indeks plastisitas berada dalam daerah MH & OH, maka tanah tersebut bersifat lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

### 3.3 Pemeriksaan Specific Gravity

*Specific Gravity* adalah nilai perbandingan antara berat butir tanah dan berat air dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Uji *Specific Gravity* adalah jenis pengujian yang bertujuan untuk menentukan *Specific Gravity* suatu contoh tanah yang digunakan sebagai bahan uji.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian berat spesifik ini yaitu tanah asli, abu sekam padi dan bubuk karang laut. Tanah asli yang diberi bahan campuran terdapat 3 variasi yaitu 2% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut, 5% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut, dan 8% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut.

<b>Bahan</b>	<b>Berat Jenis</b>
Tanah Asli	2,61

<b>Hasil <i>Specific</i></b>	Tanah Asli + 2% RHA + 5% SSP	2,68	<b>Tabel 3. pengujian <i>Gravity</i></b>
	Tanah Asli + 5% RHA + 5% SSP	2,71	
	Tanah Asli + 8% RHA + 5% SSP	2,29	

Dari hasil pengujian tabel di atas didapatkan nilai *Specific Gravity* untuk tanah asli yaitu 2,61. *Specific Gravity* mengalami kenaikan ketika tanah asli ditambahkan dengan bahan campuran abu sekam padi dan bubuk karang laut kecuali tanah asli mengalami penurunan ketika ditambahkan dengan bahan campuran 8% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah diketahui dapat diambil kesimpulan bahwa dengan semakin banyak bertambahnya persentase bahan campuran berupa bubuk karang laut dan abu sekam padi yang di tambahkan pada tanah asli maka mengakibatkan penurunan terhadap *Specific Gravity* tanah.

### 3.4 Pemeriksaan Batas-batas Konsistensi Atterberg Limit

Pengujian batas atterberg meliputi pengujian batas susut (*shrinkage limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Di dalam penelitian ini, pengujian batas atterberg dilakukan pada tanah asli dan juga pada tanah asli yang telah diberi bahan campuran untuk stabilisasi berupa serbuk *gypsum* dan abu sekam padi sesuai dengan komposisi yang ditentukan. Berikut ini hasil dari pengujian batas-batas konsistensi tanah:

**Tabel 4. Hasil pengujian batas-batas konsistensi tanah**

<b>Komposisi Tanah</b>	<b>LL</b>	<b>PL</b>	<b>PI</b>
Tanah Asli + 0% RHA + 0% SSP	73,75%	53,77%	19,98%
Tanah Asli + 2% RHA + 5% SSP	49,67%	40,97%	8,70%
Tanah Asli + 5% RHA + 5% SSP	49,63%	29,86%	19,76%
Tanah Asli + 8% RHA + 5% SSP	50,67%	37,50%	13,17%

Pada tabel diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan bahan campuran berupa abu sekam padi dan bubuk karang laut pada tanah asli menyebabkan nilai indeks plastisitas mengalami penurunan. Selain itu penambahan campuran dapat menaikkan nilai batas plastis tanah diikuti dengan penurunan nilai batas cairnya.

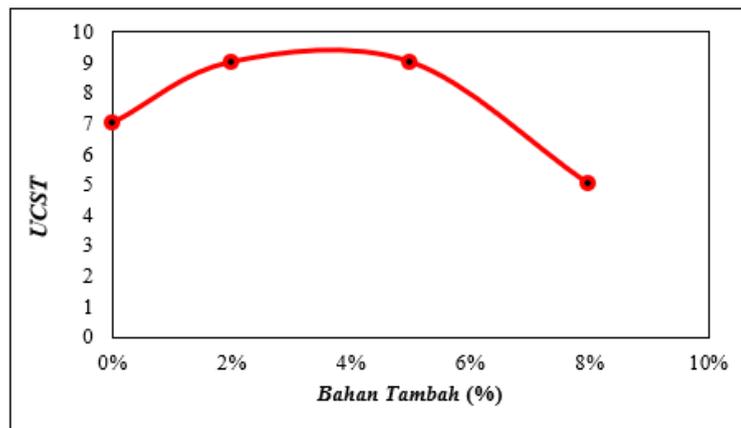
Menurunnya batas cair sejalan dengan berkurangnya ikatan antar butiran akibat peningkatan persentase bahan campuran pada tanah, maka tanah perlu tambahan air untuk mempertahankan sifat plastisnya, akibatnya PL tanah juga mengalami penurunan.

### 3.5 Pengujian UCST (Unconfined Compressive Strength Test)

Didalam penelitian ini, pengujian kuat tekan bebas dilakukan pada tanah asli dan juga pada tanah asli yang telah diberi bahan campuran berupa abu sekam padi dan bubuk karang laut untuk menentukan sensitifitas tanah sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

**Tabel 5. Pengujian UCST**

Jenis Pengujian	Hasil UCST
Tanah Asli (qu Remoulded)	0,330 kg/cm <sup>2</sup>
Remoulded + 2% RHA + 5% SSP	0,441 kg/cm <sup>2</sup>
Remoulded + 5% RHA + 5% SSP	0,389 kg/cm <sup>2</sup>
Remoulded + 8% RHA + 5% SSP	0,219 kg/cm <sup>2</sup>



**Gambar 1. Grafik hasil pengujian ucst tiap variasi bahan**

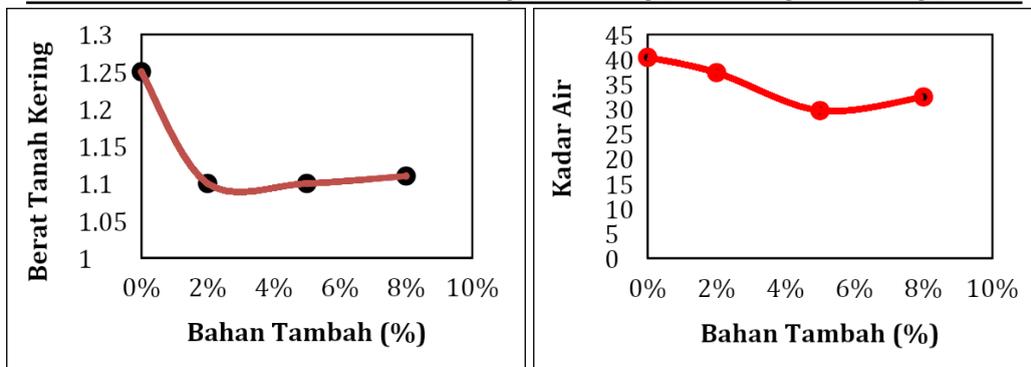
Dari grafik di atas dapat dilihat nilai kuat tekan bebas maksimum pada keadaan sampel asli lebih kecil dari pada nilai kuat tekan bebas maksimum pada keadaan tanah asli yang sudah ditambahkan abu sekam padi dan bubuk karang laut. Dari perbandingan tersebut dapat kita analisa bahwa jika keadaan struktur tanah tidak sesuai dengan kondisi aslinya maka nilai kekuatan tanahnya akan semakin meningkat, tetapi pada saat tanah asli ditambah 8% abu sekam padi dan 5% bubuk karang laut nilai kekuatan tanahnya menurun. Berkurangnya nilai kekuatan tanah ini yang menunjukkan kesensitifan tanah. Sehingga dapat disimpulkan nilai sensitifitas tanah (ST) yang diuji termasuk sensitif tingkat menengah.

### 3.6 Pengujian Pemadatan (Compaction Test)

Uji pemadatan dilakukan terhadap tanah asli dan tanah asli yang telah ditambahkan dengan bahan campuran sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan dan variasi kadar air dicoba-coba sampai menemukan kadar air puncaknya. Berikut adalah hasil pengujian pemadatan pada tanah asli serta tanah yang telah dicampur abu sekam padi dan bubuk karang laut:

**Tabel 6. Hasil pengujian compaction**

No	Jenis Penelitian	Hasil			
		T. Asli	T. Asli + 2% RHA + 5% SSP	T. Asli + 5% RHA + 5% SSP	T. Asli + 8% RHA + 5% SSP
1	Kadar Air Optimum ( $w_{opt}$ )	40,40%	37,33%	29,70%	32,44%
2	Berat Volume Kering ( $\gamma_{dry}$ )	1,25 gr/cm <sup>3</sup>	1,1 gr/cm <sup>3</sup>	1,1 gr/cm <sup>3</sup>	1,11 gr/cm <sup>3</sup>



**Gambar 2. Grafik Pemadatan Berat Volume Kering dan Kadar Air**

Dari tabel dan grafik di atas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) untuk tanah asli sebesar 40,40% dengan berat isi kering maksimum sebesar 1,25 gr/cm<sup>3</sup>. Seiring dengan penambahan bahan campuran pada tanah asli, berat isi kering maksimum mengalami penurunan. Sedangkan untuk kadar air optimum juga mengalami penurunan.

Hal tersebut disebabkan karena penambahan bahan campuran dapat mengisi ruang pori tanah dan karena sifat dari bahan campuran yang dapat mengeras apabila dicampur dengan air maka menjadikan tanah menjadi keras sehingga akan menurunkan nilai kadar air optimum dan berat isi kering tanah.

### 3.7 Pengujian CBR (California Bearing Ratio)

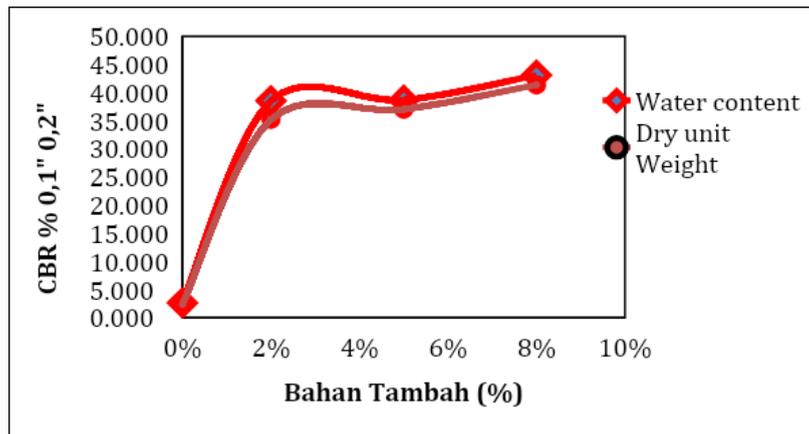
Kekuatan tanah dasar tertentu banyak tergantung pada kadar airnya. Kadar air pada pengujian CBR ini berasal dari kadar air optimum pada uji pemadatan. Tanah yang digunakan pada pengujian ini yaitu tanah permukaan (*Surface*), karena tanah dipermukaan yang langsung berhubungan dengan beban yang akan diterimanya. Dengan penambahan abu sekam padi persentase 0%, 2%, 5%, 8%, dan 5% bubuk

karang laut tanpa pemeraman, pada nilai CBR 0,1” dan 0,2” didapatkan hasil yang sangat baik karena nilainya meningkat. Semakin sedikit penambahan air pada sampel tersebut maka tanahnya semakin kuat.

**Tabel 7. Hasil Pengujian CBR dengan Bahan Tambah**

No	Jenis Penelitian	Hasil			
		T. Asli	T. Asli + 2% RHA + 5% SSP	T. Asli + 5% RHA + 5% SSP	T. Asli + 8% RHA + 5% SSP
1	CBR 0,1”	2,650%	38,54%	38,65%	43,07%
2	CBR 0,2”	2,370%	35,22%	37,02%	41,34%

Hasil yang didapatkan pada nilai CBR 0,1” berturut-turut yaitu 2,650%, 38,54%, 38,65%, dan 43,54%. Hasil yang didapatkan pada nilai CBR 0,2” juga meningkat dimulai dengan hasil 2,370%, 35,22%, 37,02%, dan 41,34%.



**Gambar 3. Grafik Pengaruh Persentase RHA dan SSP terhadap Nilai CBR**

Pada gambar diatas, CBR warna merah menunjukkan hasil yang didapatkan pada nilai CBR 0,1 dan CBR warna orange hasil yang didapatkan pada nilai CBR 0,2.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan bahan tambah abu sekam padi dan bubuk karang laut dapat disimpulkan bahwa dari semua penelitian yang sudah di uji maka nilai persentase untuk perbaikan tanah dengan bahan campuran menggunakan abu sekam padi dan bubuk karang laut yaitu di persentase 2% abu sekam padi dan 5% bubuk karang laut yaitu di persentasi 2% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut yaitu 0,441 kg/cm<sup>2</sup> dan hasil pengujian CBR 0,1” dan CBR 0,2” di persentasi 2% abu sekam padi + 5% bubuk karang laut yaitu 38,54% dan 35,22%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Denny Boy Pinasang, O. S. 2016. Analisis Campuran Kapur-Fly Ash dan Kapur-Abu Sekam Padi Terhadap Lempung Ekspansif. *Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.6 No.3, September 2016 (535-546) ISSN: 2087-9334, 6, 535-546.*
- Hendra Suryadharma, J. T. 2020. Perbaikan Tanah Lempung Berkapur dengan Abu Sekam Padi. *Vol. 17, No: 1, April 2020, p-ISSN:1907-5243, e-ISSN:2655-8416, 17, 1-13.*
- Muhammad Rifqi Abdurrozak, D. N. 2017. Stabilitas Tanah Lempung dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur pada Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknisia, Volume XXII, No. 2, November 2017, XXII, 416-424.*
- Muhammad Rifqi Abdurrozak, D. N. 2017. Stabilitas Tanah Lempung dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur pada Subgrade Perkerasan Jalan. *Jurnal Teknisia, Volume XXII, No. 2, November 2017, XXII, 416-424.*
- Saleh, A. R. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Lunak dengan Abu Sekam Padi (RHA) dan Kapur (CaCO<sub>3</sub>) di Kampung Satu Kota Tarakan. *Jurnal Teknik UBT Vol. 1, No. 1, (2017), 1-6.*
- Analisa Perbandingan Penurunan Fondasi Dangkal di Tanah Gambut dengan Stabilisasi Kapur dan Abu Sekam Padi. (JMST: Jurnal Mitra Teknik Sipil Vol. 4, No. 1, Februari 2021: hlm 233-248). *Chaidir Anwar Makarim, 4, 233-248.*
- Amran, Y. 2018. Analisis Perbaikan Sub Gradei Tanah Dasar Menggunakan Bahan Tambahan Kapur dan Abu Sekam Padi pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara. *TAPAK Vol. 8 No. 1 November 2018, 8, 1-8.*
- Zhou, G. 2019. Utilization of Cementitious Material from Residual Rice Husk Ash and Lime in Stabilization of Expansive Soil. *Advances in Civil Engineering Volume 2019, Article ID 5205276, 17 pages, 1-17.*
- Das, B. M. 2015. *Principles Of Geotechnical Engineering*. America: Global Engineering.
- Highway, A. A. 2012. *AASHTO LRFD BRIDGE*. American: LRFDUS-6.
- Grytan Sarkar, M. R. 2015. Interpretation of Rice Husk Ash on Geotechnical Properties of Cohesive Soil. *Volume 12 Issue 2 Version 1.0 February 2012, 1-7.*
- Huang, Z. 2019. Analysis of Strength Development and Soil–Water Characteristics of Rice Husk Ash–Lime Stabilized Soft Soil. *Materials 2019, 12, 3873; doi:10.3390/ma12233873, 2-19.*
- Hary Christady.H. 1992. *Mekanika Tanah I dan II*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Bowles, J. E., 1989, *Sifat-sifat Fisis dan Geotek Tanah (Mekanika Tanah)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Hardiyatmo, H. C., 1992, *Mekanika Tanah*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Widhiarto, H., Andriawan, A.H., & Matulesy, A., 2015., Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Campuran Abu-Sekam dan Kapur, *Jurnal Pengabdian LPPM Untag*, Surabaya.

Budi,G.S, Ariwibowo, D.S., dan Jaya, A.T., 2002, Pengaruh Pencampuran Abu Sekam Padi untuk Stabilisasi Tanah Ekspansif, *Dimensi Teknik Sipil ISSN 1410-9530*, Universitas Kristen Petra, Surabaya.