

# Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA)

**Charles AN<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Muhardi<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, <sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293

E-mail: *Charles\_an1989@yahoo.com*

## ***ABSTRACT***

*Clays are soft soil which have a low bearing capacity and potentially to failure. Utilization of additive material is an one way that can be applied to stabilize the clay. This study was conducted to determine the effectiveness of using POFA which is a local available material as an one alternative in stabilizing the clay by increasing its bearing capacity. The research focused on the influence of the POFA percentage with CBR value and the value of Cu in the clay stabilization. The results showed that the increasing of POFA percentage and curing process resulted in the increasing CBR and Cu values.*

*The average increase in the value of CBR curing method 1 to CBR without curing by 0,07% at the top and the bottom of the CBR. whereas for the curing method 2 by 2,29% at the top of CBR and 2,41% at the bottom of CBR. For  $c_u$  values, the average increase by 1,10 kPa for curing method 1, and 14.65 kPa for curing method 2. It shows an increase in the value of the bearing capacity of the clay.*

**Key Words:** *CBR value,  $c_u$  value, clay, POFA.*

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam pembangunan suatu konstruksi. Akan tetapi tidak semua tanah dapat digunakan sebagai bahan konstruksi. Tanah lempung pada umumnya merupakan tanah lunak (*Soft Soil*) yang sifatnya mudah berubah apabila dipengaruhi oleh air. Menurut Suyono (1983), tanah lunak memiliki sifat kekuatan gesernya rendah, penurunannya besar, permeabilitasnya tinggi, deformasi relatif tinggi dan daya dukungnya rendah. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah lempung tersebut yang memenuhi persyaratan teknis dan parameter tertentu. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan metode stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu stabilisasi mekasnis, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi kimiawi ini dilakukan dengan cara menambahkan bahan tambahan (*additive*) pada tanah yang akan distabilisasi. Bahan *additive* ini antara lain adalah *portland cement* (PC), dan bahan sintesis. Namun saat ini, penggunaan bahan *additive* tersebut masih cukup mahal, maka diusahakan menggunakan bahan limbah yang ada disekitar kita, salah satunya limbah abu

kelapa sawit atau *Palm Oil Fuel Ash* (POFA).

Pada umumnya POFA memiliki sifat *pozzolanic*, yaitu bahan halus yang mengandung silica dan alumina yang dapat bereaksi dan membentuk bahan semen. Sifat *pozzolanic* ini sangat bermanfaat pada proses stabilisasi tanah, karena dapat meningkatkan daya ikat antar partikel tanah yang distabilisasi.

Pada stabilisasi tanah, persyaratan teknis dan parameter yang sangat berpengaruh meliputi nilai proktor (*Proctor Test*), nilai CBR (*California Bearing Ratio*) dan nilai kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength*) dari tanah yang distabilisasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Edison (2003), menyatakan semakin tinggi kadar abu sawit menyebabkan naiknya kadar air optimum dan menurunkan berat volume kering maksimum. Penambahan abu sawit hingga 20% pada tanah lempung meningkatkan nilai kuat tekan bebas (UCS) tanah sehingga berpengaruh terhadap stabilitas dan menambah kekuatan pada tanah tersebut. Selain itu, proses pemeraman dapat meningkatkan nilai UCS, penambahan abu sawit 20% dengan masa pemeraman 7 hari nilai UCS meningkat sebesar 21,8% dari tanah asli. Sedangkan, untuk masa pemeraman

28 hari nilai UCS meningkat 40% dari tanah asli.

Fitri, dkk (2009) pada pengujian geser langsung menyatakan meningkatnya POFA pada tanah lempung asli dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah. Peningkatan kuat geser tertinggi pada pencampuran persentase 14% POFA (lulus saringan 450 $\mu\text{m}$ ) dan 10% POFA (lulus saringan 300 $\mu\text{m}$ ).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai CBR dan nilai  $c_u$  pada tanah lempung asli dan tanah lempung yang distabilisasi dengan POFA. Selain itu, untuk melihat pengaruh pemeraman.

## **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

### **Tanah**

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) material-material yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangan-ruangan kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Partikel tanah berukuran sangat beragam dengan variasi yang cukup besar (Sudirja, 2008).

### **Tanah Lempung**

Tanah lempung (*clays*) merupakan tanah yang sebagian besar terdiri dari ukuran mikrokopis sampai dengan sub mikrokopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clays mineral*), dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (*kohesif*) dan sangat lunak (Das, 1985).

### **Abu Kelapa Sawit atau *Palm Oil Fuel Ash* (POFA)**

Abu kelapa sawit yang disebut juga dengan *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) dihasilkan dari pembakaran limbah padat kelapa sawit pada suhu sekitar 800 - 1.000°C pada pembangkit listrik tenaga uap di pabrik kelapa sawit (Tangchirapat, dkk. 2009).

## Pemanfaatan POFA

Mohamed, dkk (2007) meneliti perilaku tanah granit yang distabilisasi dengan POFA dan kapur. POFA pada penelitian tersebut diambil dari PKS di Johor, Malaysia. Mohamed, dkk (2007) menggunakan POFA yang disaring hingga berukuran 300  $\mu\text{m}$  hingga 425  $\mu\text{m}$ . Ukuran ini menurut standar ASTM adalah POFA yang lolos saringan No. 40 dan tertahan saringan No.50.

Fitri, dkk (2007) meneliti POFA sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung yang terganggu. POFA pada penelitian tersebut diambil dari PKS di Malaysia. Dalam penelitiannya, Fitri, dkk (2007) menggunakan POFA yang berukuran 300  $\mu\text{m}$  hingga 425  $\mu\text{m}$ . Ukuran ini menurut standar ASTM, adalah POFA yang lolos saringan No. 40 dan tertahan saringan No.60.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Riau. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian karakteristik fisis dan mekanis.

Pengujian karakteristik fisis benda uji meliputi analisa saringan, berat jenis, kadar air dan uji batas atterberg (konsistensi tanah). Sedangkan pengujian karakteristik mekanis meliputi uji protor, uji CBR dan uji UCS.

Pengujian proktor dilakukan untuk memperoleh kadar air optimum (*optimum moisture content*), kemudian kadar air ini digunakan sebagai kadar air campuran pada pembuatan benda uji. Penelitian ini dilanjutkan dengan pemeraman benda uji dengan masa pemeraman 0 – 28 hari.

Sistem pemeraman yang digunakan terdiri dari dua metode, yaitu metode pertama pemeraman dalam plastik (kondisi benda uji dalam keadaan lepas pada saat pemeraman) dan metode kedua pemeraman dalam *mould* (kondisi benda uji padat sebelum pemeraman).

Benda uji yang digunakan merupakan benda uji terganggu (*disturbed sample*) yaitu campuran antara tanah lempung dan POFA, persentase masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Campuran Benda Uji

| No. | Variasi | Deskripsi Tanah        |
|-----|---------|------------------------|
| 1   | POF_0   | 100% Lempung           |
| 2   | POF_10  | 90% Lempung + 10% POFA |
| 3   | POF_12  | 88% Lempung + 12% POFA |
| 4   | POF_14  | 86% Lempung + 14% POFA |
| 5   | POF_16  | 84% Lempung + 16% POFA |
| 6   | POF_18  | 82% Lempung + 18% POFA |

POFA yang digunakan berasal dari pabrik PT. Sarikat Putera Riau di di Sorek, Kabupaten Pelalawan, dan tanah lempung berasal dari Km. 11 Simpang Inpress Tualang Perawang.

## ANALISA HASIL PENELITIAN

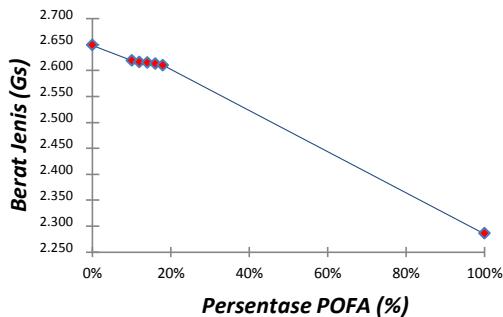
### Hasil Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan pengujian berat jenis, diperoleh nilai *specific gravity* dari setiap variasi benda uji, seperti pada Tabel 1.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Benda Uji

| No. | Variasi | Berat Jenis (Gs) |
|-----|---------|------------------|
| 1   | POF_0   | 2.648            |
| 2   | POF_10  | 2.619            |
| 3   | POF_12  | 2.616            |
| 4   | POF_14  | 2.614            |
| 5   | POF_16  | 2.613            |
| 6   | POF_18  | 2.610            |
| 7   | POF_100 | 2.285            |

Berikut ini grafik pengaruh POFA terhadap berat jenis.



Gambar 1. Pengaruh POFA terhadap Berat Jenis.

Berdasarkan Gambar 1, dilihat bahwa semakin meningkatnya persentase POFA pada benda uji mengakibatkan menurunnya nilai berat jenis benda uji, hal tersebut karena berat jenis POFA lebih kecil daripada tanah lempung.

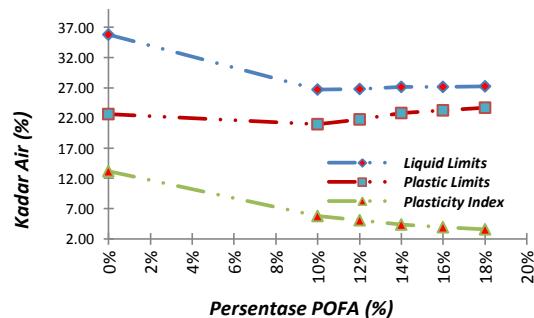
### Hasil Pengujian Batas-batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limits*)

Berdasarkan pengujian batas-batas konsistensi tanah, diperoleh nilai *Liquid limits*, *Plastic limits* dan *Index plasticity*, seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Batas-batas Konsistensi Benda Uji

| No. | Variasi | Liquid Limits (LL) | Plastic Limits (PL) | Index Plasticity (IP) |
|-----|---------|--------------------|---------------------|-----------------------|
| 1   | POF_0   | 35.82%             | 22.66%              | 13.16%                |
| 2   | POF_10  | 26.68%             | 20.92%              | 5.76%                 |
| 3   | POF_12  | 26.78%             | 21.76%              | 5.02%                 |
| 4   | POF_14  | 27.10%             | 22.78%              | 4.32%                 |
| 5   | POF_16  | 27.18%             | 23.22%              | 3.96%                 |
| 6   | POF_18  | 27.23%             | 23.68%              | 3.55%                 |

Berikut ini grafik pengaruh POFA terhadap batas konsistensi tanah.



Gambar 2. Pengaruh POFA terhadap Batas Konsistensi Tanah.

Berdasarkan Gambar 2. semakin tinggi persentase POFA pada tanah lempung maka cenderung meningkatkan nilai batas plastis dan batas cairnya, sehingga menyebabkan nilai indeks plastisitas menurun. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase POFA yang dicampur dengan tanah lempung, maka tanah campuran tersebut cenderung semakin baik karena berkurangnya sifat plastisitas tanah.

#### **Klasifikasi Benda Uji menurut USCS dan AASHTO**

Berdasarkan sifat-sifat fisis tanah yang telah diperoleh, maka dapat ditentukan klasifikasi dari tanah yang digunakan pada pengujian. Klasifikasi tanah ditentukan dengan menggunakan sistem klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO, seperti pada Tabel 4.

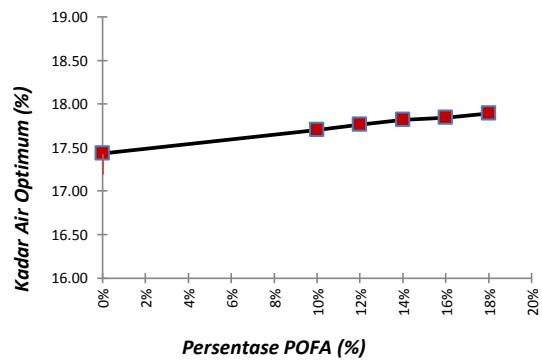
**Tabel 4. Klasifikasi Benda Uji menurut USCS dan AASHTO**

| No. | Variasi | Lolos #200 (%) | Lolos #40 (%) | LL (%) | PI (%) | USCS    | AASHTO |
|-----|---------|----------------|---------------|--------|--------|---------|--------|
| 1   | POF_0   | 93,37          | 99,91         | 35.82% | 13.16% | CL      | A-6    |
| 2   | POF_10  | 84,32          | 99,93         | 26.68% | 5.76%  | CL - ML | A-4    |
| 3   | POF_12  | 82,95          | 99,92         | 26.78% | 5.02%  | CL - ML | A-4    |
| 4   | POF_14  | 80,99          | 99,91         | 27.10% | 4.32%  | ML      | A-4    |
| 5   | POF_16  | 79,81          | 99,91         | 27.18% | 3.96%  | ML      | A-4    |
| 6   | POF_18  | 79,12          | 99,90         | 27.23% | 3.55%  | ML      | A-4    |

Berdasarkan klasifikasi USCS benda uji cenderung termasuk kedalam jenis tanah lempung anorganik atau dan lanau anorganik dengan plastisitas rendah (CL dan ML). Sedangkan system AASHTO terlihat tanah lempung asli masuk kedalam kelompok tanah berlempung (A-6), sedangkan semua tanah campuran termasuk kedalam kelompok jenis tanah berlanau (A-4).

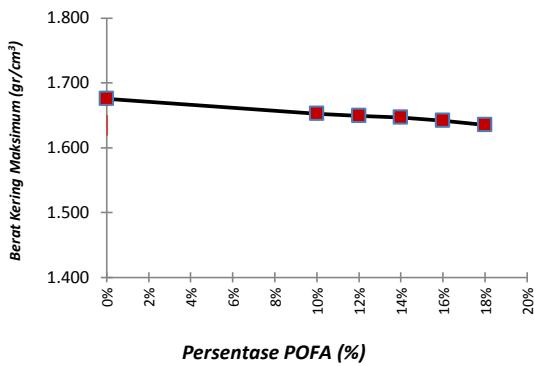
#### **Hasil Pengujian Proktor Standar (Compaction)**

Berdasarkan hasil pengujian ini, dapat dianalisa pengaruh POFA terhadap kadar air optimum dan berat volume kering benda uji. Analisa pengaruh tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. dan Gambar 4.



**Gambar 3. Pengaruh POFA terhadap Kadar Air Optimum**

Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bawah semakin meningkatnya persentase POFA dalam benda uji, maka nilai kadar air optimum semakin meningkat (17,43-17,89%).

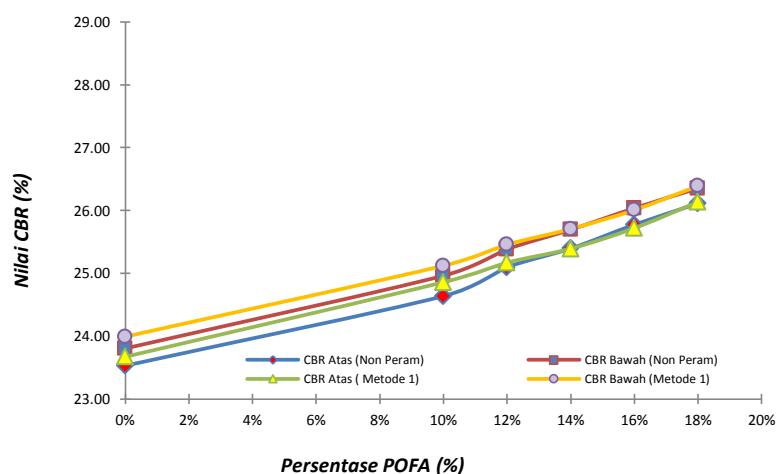


Gambar 4. Pengaruh POFA terhadap Berat Kering Maksimum

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bawah semakin meningkatnya persentase POFA dalam benda uji, maka nilai berat kering cenderung menurun (1,675-1,635gr/cm<sup>3</sup>).

### Hasil Pengujian CBR

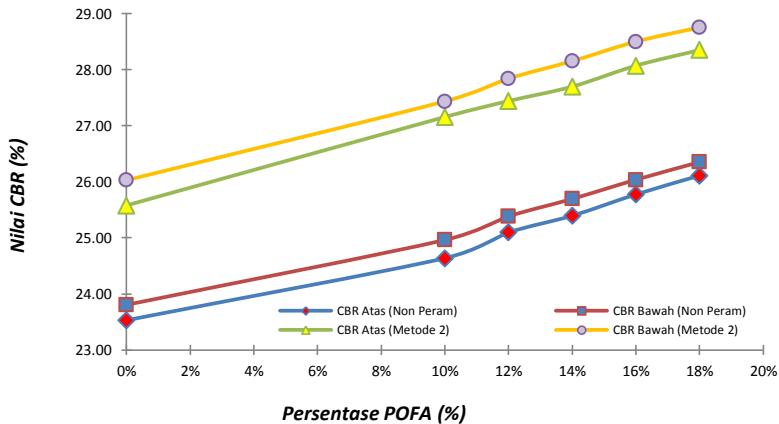
Pengujian CBR dilakukan untuk mendapatkan nilai CBR. sehingga dapat dianalisa perubahan nilai CBR setelah dilakukan pemeraman terhadap nilai CBR tanpa pemeraman).



Gambar 5. Hubungan Persentase POFA dengan Nilai CBR tanpa Pemeraman dan CBR Pemeraman Metode 1

Berdasarkan Gambar 5. dapat dilihat rerata peningkatan nilai CBR tanpa pemeraman terhadap nilai CBR

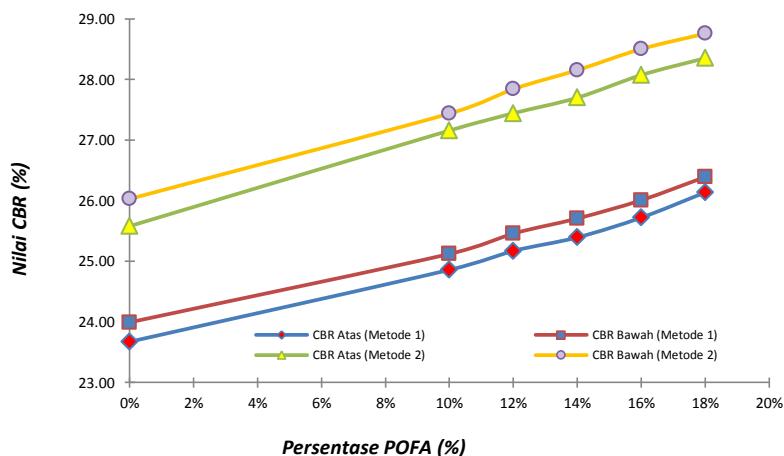
pemeraman metode 1 sebesar 0,07% pada bagian atas maupun bagian bawah.



Gambar 6. Hubungan Persentase POFA dengan Nilai CBR tanpa Pemeraman dan CBR Pemeraman Metode 2

Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat rerata peningkatan nilai CBR tanpa pemeraman terhadap nilai CBR

pemeraman metode 2 sebesar 2,29% pada bagian atas dan 2,41% pada bagian bawah.



Gambar 7. Hubungan Persentase POFA dengan Nilai CBR Pemeraman Metode 1 dan CBR Pemeraman Metode 2

Berdasarkan Gambar 7. dapat dilihat nilai CBR dengan pemeraman metode 2 lebih besar daripada nilai CBR metode 1, hal tersebut terjadi karena kondisi benda uji CBR metode 1, saat pemeraman adalah kondisi lepas. Setelah mengalami pemeraman 28 hari, terjadi proses sementasi kemudian dilakukan

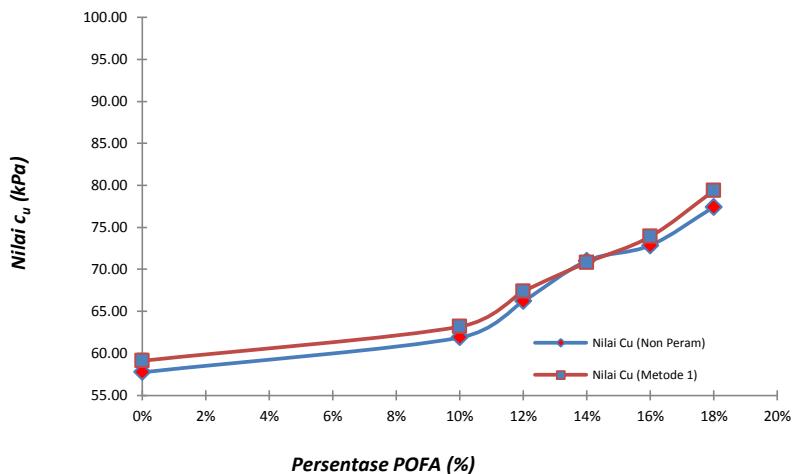
pemadatan. Akibat pemadatan tersebut sementasi benda uji kembali rusak sehingga peningkatan nilai CBRnya kecil.

Selain itu, terdapat perbedaan nilai CBR bagian atas dan bawah, kondisi ini disebabkan oleh perbedaan akumulasi tekanan pada saat pemadatan tanah.

## Hasil Pengujian UCS

Pengujian UCS dilakukan untuk mendapatkan nilai *Coefficient undrain*

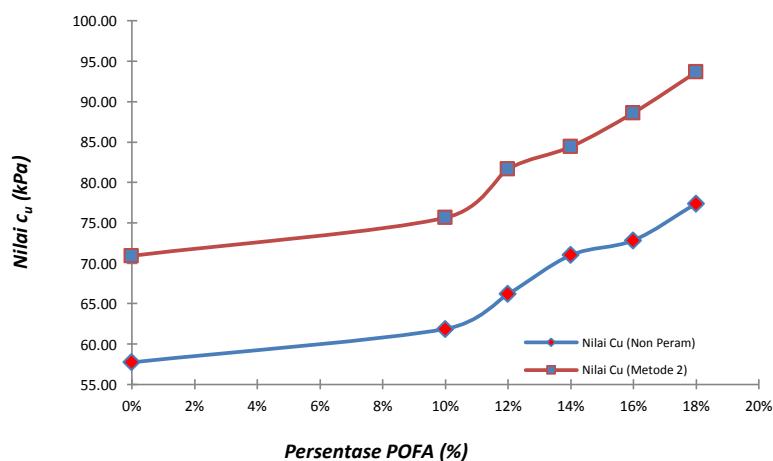
( $c_u$ ), sehingga dapat dianalisa perubahan nilai  $c_u$  setelah dilakukan pemeraman terhadap nilai  $c_u$  tanpa pemeraman.



Gambar 8. Hubungan Persentase POFA terhadap Nilai  $c_u$  tanpa Pemeraman dan Nilai  $c_u$  Pemeraman Metode 1

Berdasarkan Gambar 8. dapat dilihat rerata peningkatan nilai  $c_u$  tanpa

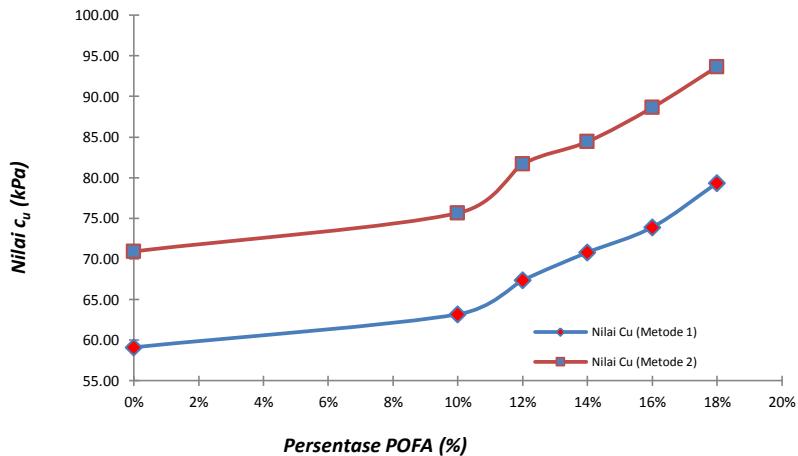
pemeraman terhadap nilai  $c_u$  pemeraman metode 1 sebesar 1,10 kPa.



Gambar 9. Hubungan Persentase POFA terhadap Nilai Cu tanpa Pemeraman dan Nilai Cu Pemeraman Metode 2

Berdasarkan Gambar 9. dapat dilihat rerata peningkatan nilai  $c_u$  tanpa

pemeraman terhadap nilai  $c_u$  pemeraman metode 2 sebesar 14,65 kPa.



Gambar 10. Hubungan Persentase POFA terhadap Nilai  $c_u$  Pemeraman Metode 1 dan Nilai  $c_u$  Pemeraman Metode 2

Berdasarkan Gambar 10. dapat dilihat nilai  $c_u$  dengan pemeraman metode 2 lebih besar daripada nilai  $c_u$  metode 1, hal tersebut terjadi karena kondisi benda uji UCS metode 1, saat pemeraman adalah kondisi lepas. Setelah mengalami pemeraman 28 hari, terjadi proses sementasi kemudian dilakukan pemadatan. Akibat pemadatan tersebut

sementasi benda uji kembali rusak sehingga peningkatan nilai  $c_u$  kecil.

#### Korelasi Nilai CBR dan Nilai $c_u$

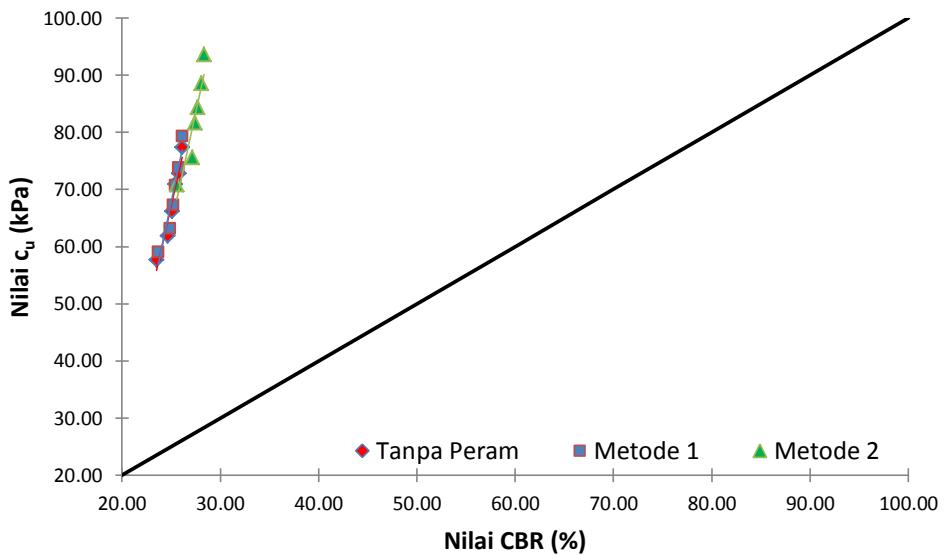
Berdasarkan hasil pengujian CBR dan UCS dapat dilihat korelasi antara nilai CBR terhadap nilai  $c_u$ . Berikut rekapitulasi nilai CBR dan Nilai  $c_u$  dari pengujian.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai CBR dan Nilai  $c_u$

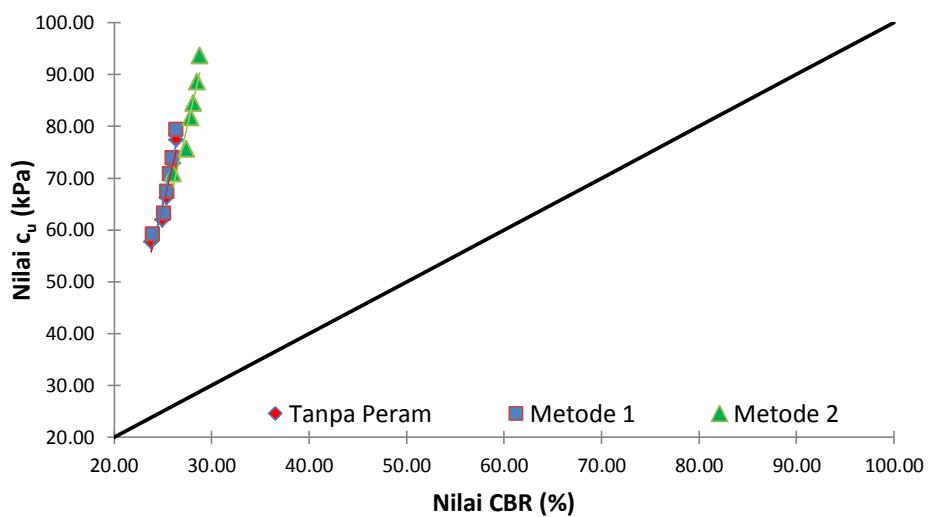
| Variasi | Nilai CBR   |       |          |       |          |       | Nilai UCS   |          |          |
|---------|-------------|-------|----------|-------|----------|-------|-------------|----------|----------|
|         | Tanpa Peram |       | Metode 1 |       | Metode 2 |       | Tanpa Peram | Metode 1 | Metode 2 |
|         | Atas        | Bawah | Atas     | Bawah | Atas     | Bawah |             |          |          |
| POF_0   | 23.53       | 23.81 | 23.67    | 23.99 | 25.58    | 26.03 | 57.74       | 59.11    | 70.92    |
| POF_10  | 24.64       | 24.96 | 24.86    | 25.12 | 27.16    | 27.44 | 61.88       | 63.18    | 75.64    |
| POF_12  | 25.10       | 25.38 | 25.17    | 25.46 | 27.44    | 27.84 | 66.20       | 67.36    | 81.67    |
| POF_14  | 25.40       | 25.70 | 25.39    | 25.71 | 27.70    | 28.15 | 71.01       | 70.80    | 84.43    |
| POF_16  | 25.77       | 26.04 | 25.72    | 26.01 | 28.07    | 28.50 | 72.85       | 73.90    | 88.63    |
| POF_18  | 26.11       | 26.35 | 26.14    | 26.39 | 28.35    | 28.76 | 77.41       | 79.35    | 93.66    |

Adapun korelasi nilai CBR terhadap nilai  $c_u$  dapat dilihat pada

Gambar 11. dan Gambar 12.



Gambar 11. Korelasi Nilai CBR bagian atas terhadap Nilai  $c_u$



Gambar 12. Korelasi Nilai CBR bagian bawah terhadap Nilai  $c_u$

Berdasarkan korelasi nilai CBR dan nilai  $c_u$  menghasilkan hubungan nilai yang *upper estimate*. Pada metode 1 dan tanpa pemeraman menghasilkan hubungan antara nilai CBR dan  $c_u$  yang

relatif sama, kemudian dapat dilihat pada metode 2 menghasilkan nilai  $c_u$  yang relatif besar pada persentase POFA yang sama dengan metode 1 dan tanpa pemeraman.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Meningkatnya persentase POFA pada benda uji cenderung menurunkan nilai berat jenis ( $G_s$ ) dan nilai indeks plastisitas benda uji tersebut.
2. Meningkatnya persentase POFA pada benda uji dapat meningkatkan nilai kadar air optimum (OMC) dan menurunkan berat volume kering benda uji.
3. Proses pemeraman pada benda uji mengakibatkan peningkatan nilai CBR dan nilai  $c_u$  benda uji.
4. Rerata peningkatan nilai CBR, yaitu dari nilai CBR tanpa pemeraman terhadap nilai CBR pemeraman metode 1 sebesar 0,07% pada bagian atas maupun bagian bawah.
5. Rerata peningkatan nilai CBR, yaitu dari nilai CBR tanpa pemeraman terhadap nilai CBR pemeraman metode 2 sebesar 2,29% pada bagian atas dan 2,41% pada bagian bawah.
6. Rerata peningkatan nilai  $c_u$ , yaitu dari nilai  $c_u$  tanpa pemeraman terhadap nilai  $c_u$  dengan pemeraman metode 1 sebesar 1,10 kPa, dan 14,65 kPa pada pemeraman metode 2.
7. Nilai CBR tanpa pemeraman dan nilai CBR dengan pemeraman yang berkisar antara 23,53% sampai 28,35% untuk CBR bagian bawah, sedangkan 23,81% sampai 28,76% untuk CBR bagian bawah, jika dikategorikan berdasarkan kriteria CBR tanah dasar jalan (*subgrade*) termasuk sangat baik.
8. Penggunaan POFA pada stabilisasi tanah lempung kurang efektif karena kandungan kapur (CaO) pada POFA tidak terlalu tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, Braja M.** 1985. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid 1. Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Edison, Rianto.** 2003. *Pengaruh Penambahan Abu Sawit Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Fitri Yulia dan Khan Amir.** 2007. *The Suitability of POFA (Palm Oil Fuel Ash)Treated Clay Soil forLiner Material in Sanitary Landfill*. Journal University Teknologi Tun Husein Onn.

**Khan, A.S., Mohamed, W.S.F., and Aizat, M.Z.** 2007. *The Behaviour of Granitic Residual Soil with POFA and Lime additives*. Journal University Teknologi Tun Husein Onn.

**Sudirja.** 2008. *Pengaruh Penambahan Spent Catalyst pada Stabilisasi Tanah Semen terhadap Kembang Susut dan Daya Dukung Tanah Ekspansif sebagai Subgrade Jalan*. Tesis Program Pasca Sarjana Univesitas Diponegoro: Semarang.

**Suyono, Sosrodarsono.** 1983. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

**Tangchirapat, W., C. Jaturapitakkul and P. Chindaprasirt.** 2009. Use of Palm Oil Fuel Ash as a Supplementary Cementitious Material for Producing High-strength Concrete. *Construction and Building Materials*, 23(7): 2641-2646.

**Yuliana, Rizqi.** 2013. *Karakteristik Fisis dan Mekanis Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) dalam Geoteknik*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.