

## PENINGKATAN KUAT TEKAN BEBAS (UCS) TANAH LEMPUNG (CH) TERHADAP PENAMBAHAN SEMEN DAN LIMBAH *FLY ASH*

Raflyatullah<sup>1)</sup>, Soewignjo Agus Nugroho<sup>2)</sup>, Syawal Satibi<sup>2)</sup>

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

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

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

Email : [Raflyatullah.r@student.unri.ac.id](mailto:Raflyatullah.r@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*High plasticity clay is categorized as soft soil which has low strength and bearing capacity, high compressibility and large shrinkage, so that to increase strength and improve bearing capacity it is necessary to make stabilization efforts on the soil. The stabilization effort carried out in this study was mixing of additives in the form of fly ash and cement. The method used was a laboratory experimental method by testing UCS samples. The sample mix that has been made was varied based on curing days, namely 0 days, 7 days and 28 days with variations of cement mixture 3%, 5% and a mixture of fly ash 5%, 10%, and 15%. A sample naming method is also provided to make it easier to summarize the results of each planned test variation. Based on the test results, the addition of cement and fly ash increases the value of free compressive strength ( $C_u$ ) and compressive strength ( $q_u$ ). The highest increase in UCS occurred in soil with 5% cement and 15% fly ash with 28 days curing. The increase in  $q_u$  in the UCS sample is the largest in the variation of the sample T0-S5-FA15-C28 with a value of 218.41 kPa, this increase is 89.91% when compared with the  $q_u$  TA value of 22.04 kPa.*

*Keywords: Cement, Fly Ash, UCS.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan fondasi dasar bagi suatu konstruksi, yaitu berperan untuk menerima dan menahan beban di atasnya. Sehingga tanah dasar harus memiliki daya dukung yang bagus terhadap beban kendaraan dan lingkungan terutama air yang akan mempengaruhi mekanisme tanah dan perilaku fisis (Das, 1994). Tanah yang plastisitas tinggi atau tanah lempung dikategorikan sebagai tanah ekspansif yang memiliki kekuatan serta daya dukung yang rendah serta mempunyai sifat yang dapat mengembang disebabkan oleh

meningkatnya kadar air. Oleh karena itu sifat yang mengembang ini dapat terjadi ketika tanah ekspansif memiliki jenis mineral tertentu akibatnya tanah menjadi ekspansif dan menjadikan besar permukaan yang bertambah luas serta penyerapan akan menjadi mudah.

Apabila suatu konstruksi dibangun ditanah ekspansif maka kerusakan-kerusakan dapat terjadi antara lain: retakan pada perkerasan jalan dan jembatan, terangkatnya struktur plat dan kerusakan jaringan pipa (Hartosukma, 2005). Permasalahan tersebut, Salah satu upaya yang dilakukan untuk mendapatkan sifat

asal tanah dan memperbaiki daya dukung tanah yaitu dengan melakukan stabilisasi tanah, baik itu secara kimiawi maupun mekanis. *Fly ash* merupakan bahan *additive* yang cukup populer saat ini untuk digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam campuran beton, dan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah ekspansif. *Fly ash* bersifat *pozzolan* sehingga dapat mengikat material menjadi padat yang dapat mengurangi kembang susut tanah dan menambah nilai kekuatan tanah.

Menurut Kementerian ESDM, (2019) produksi batu bara nasional sebesar 548 juta ton. Sedangkan pada tahun 2018 jumlah produksi yang menghasilkan limbah dari *bottom ash* dan *fly ash* sebesar 5%-6% dari total produksi atau sebesar 27 juta ton sampai 37,4 juta ton. "PT. Indah Kiat Pulp and Paper (IKPP) Perawang, Riau" merupakan salah satu perusahaan pengguna batu bara sebagai bahan bakar. Menurut Anam (2008) konsumsi batubara oleh PT. IKPP Perawang pada tahun 2005 sebesar 530.440 ton. Sedangkan, PP No. 101 tahun 2014 yang memasukkan *fly ash* dan *bottom ash* sebagai limbah B3, sebab jika tidak dikelola dengan baik maka akan menjadi permasalahan terhadap lingkungan hidup. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memfungsikan *fly ash* ditambah semen sebagai bahan tambah dalam usaha stabilisasi tanah lunak.

Semen PCC (*Portland Composite Cement*) pada dasarnya bersifat menambah kuat material yang dicampur, pada penelitian terdahulu (Lesmana, Muhardi, & Nugroho, 2013) penggunaan semen jenis PCC ini lebih efektif dibandingkan dengan semen jenis OPC sebagai *subbase* struktur jalan, karena sudah memenuhi syarat kekuatan, lebih mudah didapat dan harganya lebih murah. Selain itu, hidrasi pada semen PCC lebih rendah sehingga mengurangi keretakan di dalam material.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan limbah *fly ash* dikombinasikan dengan semen dengan persentase campuran yang direncanakan terhadap lama waktu pemeraman. Hal ini diharapkan mampu meningkatkan daya dukung tanah dengan kondisi tanpa rendaman, serta dapat mengatasi masalah stabilisasi tanah lunak dan permasalahan lingkungan industri yang pengguna bahan bakarnya adalah batu bara. Batasan masalah pada penelitian ini mengambil tanah asli dalam keadaan terganggu (*disturbed*) dan menggunakan semen dengan persentase kadar 3% dan 5%, sementara limbah *fly ash* sebesar 5%, 10%, dan 15%. Perlakuan terhadap sampel meliputi tanpa pemeraman untuk sampel tanah asli dan pemeraman *curing* 0, 7, dan 28 hari pada sampel campuran.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang sebagian besar butirannya terdiri dari ukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel, mineral-mineral lempung dan mineral-mineral yang sangat halus lainnya. Menurut Das (1995), beberapa tanah yang lolos dari penyaringan dengan saringan nomor 200. Merupakan tanah yang telah diklasifikasikan berdasarkan *unified system* yaitu tanah lempung dengan butiran yang sangat halus umumnya mempunyai kembang-susut akibat perubahan kadar air dan menjadikannya mengalami perubahan volume.

Butiran-butiran tanah lempung kurang lebih kecil dari 0,002 mm, Ukuran ini merupakan salah satu sifat yang dimiliki tanah lempung ini serta permeabilitas rendah, yang akan menyebabkan kenaikan air kapiler tinggi,

dan dapat mengakibatkan proses konsolidasi lambat, sangat kohesif, serta kembang susut kadar yang menjadi tinggi (Hardiyatmo, 2002).

Air sangat mempengaruhi tanah lempung, sebab butiran dari tanah lempung sangat halus, sehingga luas permukaan spesifiknya jadi lebih besar. Pertemuan molekul air serta partikel lempung hendak memunculkan lekatan kokoh, karena air hendak tertarik secara elektrik serta air hendak terletak disekitar partikel lempung yang disebut air susunan ganda, sebaliknya air yang terletak pada susunan dalam disebut air resapan. Susunan air inilah yang memunculkan gaya tarik menarik antar partikel lempung yang disebut *Unhindered Moisture Film*. Semakin luas permukaan spesifik tanah lempung, air yang tertarik secara elektrik disekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda jumlahnya akan semakin besar. Fenomena ini menunjukkan bahwa kemampuan mineral lempung menarik molekul air ataupun menampilkan kapasitas sikap plastis tanah lempung.

## 2.2 Semen PCC

Bahan dasar semen pada biasanya terdapat 3 macam yaitu klinker/ terak (70% sampai 95%, ialah hasil olahan pembakaran batu kapur, pasir Silika, pasir besi serta lempung), Gypsum (dekat 5%, sebagai zat pelambat pengerasan) serta material ketiga semacam batu kapur, Pozzolan, abu terbang, serta lain- lain. Bila faktor ketiga tersebut tidak lebih dari dekat 3% biasanya masih terpenuhi mutu jenis 1 ataupun OPC (*Ordinary Portland Cement*). Tetapi apabila isi material ketiga lebih besar sampai dekat 25% maksimum, maka semen tersebut hendak berubah jenis jadi PCC (*Portland Composite Cement*). Stabilisasi semen dengan tanah lempung merupakan proses kimia yang dapat mengubah struktur tanah dengan cara membentuk butiran agregat yang lebih

besar sehingga memberikan pengaruh yang sangat menguntungkan. Peristiwa kimia ini terjadi ketika keduanya dicampur dan menambahkan sejumlah air, dengan demikian bisa mengurangi porositas dari tanah lempung dan bersamaan dengan ini terjadi peningkatan kekuatan dan ketahanan.

Hidrasi dari semen akan meningkatkan derajat keasaman (pH) tanah yang berakibat pada peningkatan kapasitas pertukaran kation. Tidak hanya itu, silica (SiO<sub>2</sub>), serta alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dari semen bercampur dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung serta menutupi pori- pori tanah. Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan sementasi yang lebih susah ditembus air bisa membuat kombinasi tanah-semen lebih tahan terhadap penyerapan air sehingga merendahkan watak plastisnya. untuk menguranginya *shrinkage* serta *cracking problem* pada stabilisasi dengan semen maka pada stabilisasi tanah ini juga akan ditambah dengan *fly ash*.

## 2.3 Fly Ash

*Fly ash* ialah bagian terbanyak dari abu batu bara yang mempunyai dimensi butiran yang halus serta menampilkan corak kelabu-abuan. Pemanfaatan *fly ash* ini buat stabilisasi tanah sebab *fly ash* memiliki watak pozzolanik serta pula bisa kurangi *shrinkage* serta *cracking problem* yang umumnya mencuat pada pemakaian semen sebagai bahan stabilisasi tanah.

Menurut ASTM C618 *fly ash* terbagi menjadi dua yang pertama kelas F, yang kedua kelas C. Yang membedakan kedua *fly ash* ini yaitu beberapa komponen didalamnya seperti kadar besi, *Silika*, *Calcium*, serta *aluminium*. Kelas F mempunyai sifat *Pozzolanik*, untuk mendapatkan sifat *Cementitious*, *Fly ash* kelas F mempunyai kadar kapur yang rendah (CaO < 10%).

*Fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silica (SiO<sub>2</sub>), alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), fero oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO<sub>2</sub>), alkalin (Na<sub>2</sub>O dan K<sub>2</sub>O), sulfur trioksida (SO<sub>3</sub>), pospor oksida (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dan carbon. Perbaikan tanah dapat menggunakan *fly ash* kelas C dan kelas F. Pada *fly ash* kelas F diperlukan bahan tambahan kapur atau semen, sedangkan jika menggunakan *fly ash* kelas C tidak diperlukan bahan tambahan semen atau kapur karena *fly ash* kelas C mempunyai sifat *self cementing*. Panas yang dihasilkan *fly ash* bisa mengurangi kandungan air pada tanah basah. Tanah lempung dengan isi pozzolan yang sangat baik bereaksi dengan *fly ash* buat membentuk sesuatu massa yang keras serta kaku (Hartosukma, 2005).

## 2.4 Uji Tekan Bebas (UCS)

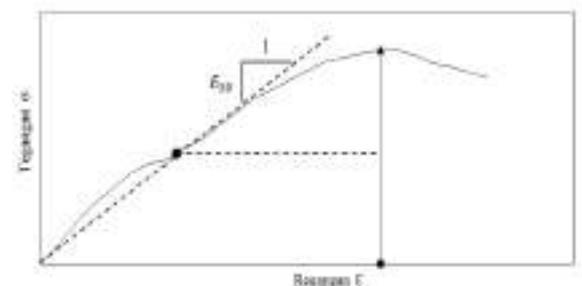
Harga tegangan aksial maksimum yang tertahan oleh benda uji silindris adalah salah satu tahapan pengujian propertis sebelum keruntuhan pergeseran saat regangan aksial memenuhi 20%. Pengujian ini berfungsi untuk menentukan kuat tidaknya tekanan tanah yang kohesif serta pemeriksaan kekuatan bebas tekanan yang dilakukan pada tanah asli ataupun buatan. Tekanan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah hingga benda uji mengalami keruntuhan. Persamaan yang digunakan pada saat keruntuhan benda uji dan dapat dilihat pada persamaan sebagai berikut :

$$c_u = \frac{q_u}{2} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- $c_u$  = Kekuatan geser *undrained* tanah.
- $q_u$  = Tegangan tanah maksimum pada pengujian tekan bebas.

Parameter yang menghubungkan antara tegangan dan regangan ini disebut modulus elastisitas, yang diperoleh dari hasil pengujian UCS (*Unconfined Compression Test*), dari data pengujian yang diplotkan ke grafik maka dapat ditentukan nilai modulus elastisitas tanah. Modulus elastisitas menggambarkan kekakuan suatu material yang berarti jika sesuatu material mempunyai nilai modulus elastisitas yang besar, hingga terus menjadi kecil pergantian wujud yang terjalin apabila diberi tegangan tertentu. Pemakaian nilai modulus elastisitas tanah buat desain struktur tanah memakai nilai E<sub>50</sub>, E<sub>50</sub> ini merupakan nilai modulus elastisitas tanah pada tegangan (*stress*) 50% dari tegangan maksimum.



**Gambar 1.** Penentuan E<sub>50</sub>

Berdasarkan Gambar 1, sesuai dengan angka Modulus Elastisitas 50% (E<sub>50</sub>) dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$E_{50} = \frac{\sigma_{50}}{\epsilon_{50}} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

- $\sigma_{50}$  = Setengah dari kekuatan tekan puncak
- $\epsilon_{50}$  = Regangan yang sesuai dengan  $\sigma_{50}$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Umum

Dalam penelitian ini ada tahapan-tahapan yang dilakukan seperti studi literatur, persiapan peralatan penelitian, persiapan bahan-bahan penelitian yaitu persiapan sampel tanah lunak, penyaringan *fly ash* dan semen, pembuatan sampel uji

serta pengujian sampel di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau.

### 3.2 Lokasi Penelitian

Pengujian serta pembuatan sampel uji ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Pengambilan sampel tanah lunak di Desa Muara Fajar, Kecamatan Rumbai, Kota Pekanbaru, dan pengambilan *Fly Ash* berasal dari “PT. IKPP, kab. Siak”, Riau.

### 3.3 Penamaan Sampel

Untuk memudahkan penelitian maka dilakukan pengkodean nama setiap variasi sampel, berikut jenis dan pengkodean sampel pada riset ini terlihat pada Tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1.** Jenis dan Penamaan Sampe Uji

NO	Jenis Sampel	Variasi Curing
1	TA	C0
2	TO-S3-FA5	C0,C7,C28
3	TO-S3-FA10	C0,C7,C28
4	TO-S3-FA15	C0,C7,C28
5	TO-S5-FA5	C0,C7,C28
6	TO-S5-FA10	C0,C7,C28
7	TO-S5-FA15	C0,C7,C28

Keterangan :

TA	=	Tanah Asli
S3	=	Semen 3%
S5	=	Semen 5%
FA5	=	<i>Fly Ash</i> 5%
FA10	=	<i>Fly Ash</i> 10%
FA15	=	<i>Fly Ash</i> 15%
C0	=	Curing 0 Hari
C7	=	Curing 7 Hari
C28	=	Curing 28 Hari

### 3.4 Persiapan Banda Uji

Benda uji yang disiapkan berupa tanah lempung Plastisitas tinggi (CH), Semen PCC, dan *Fly Ash*. Tanah CH yang digunakan memiliki nilai IP > 17%. Tanah CH yang dipersiapkan merupakan benda uji yang sudah dihancurkan dan disaring

dengan saringan no.4 untuk mendapatkan benda uji dengan ukuran yang diinginkan, dan sudah dikeringkan di dalam oven selama 24 jam untuk mendapatkan kondisi kadar air 0%, sebelum dilakukan pencampuran.

Sama halnya dengan sampel tanah, *fly ash* yang akan digunakan haruslah dalam kondisi berat kering jenuh (SSD). Bedanya *fly ash* yang direncanakan harus melewati tahap penyaringan dengan syarat lolos saringan nomor 200 (0.075 mm). Persentase penggunaan material *fly ash* ini sebesar 5%, 10%, dan 15% pada berat kering tanah. Sedangkan persentase penggunaan semen adalah 3% dan 5%.

### 3.5 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan dengan tahapan : yang pertama uji properties tanah, yang kedua sifat fisik tanah serta akan dilakukan pengujian pemadatan. Pada sifat fisik tanah dan pengujian properties terdapat berat jenis, *atterberg limit*, dan juga *standart proctor*. Fungsi dari pengujian ini adalah sebagai pengklasifikasian tanah, dan mendapatkan kadar air optimum (OMC) serta berat volume kering maksimum (MDD).

### 3.6 Pengujian Utama

Pengujian Utama pada penelitian ini adalah pengujian *Unconfined Compression Strength Test* (UCS) campuran. Pengujian sampel UCS tanah dilakukan pada saat sampel telah mengalami pemeraman di dalam desikator selama 0 hari, 7 hari, dan 28 hari.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil pengujian Propertis Tanah

Pengujian propertis pada sampel tanah lunak ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang akan dipakai, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Pengujian Properties Tanah

No.	Deskripsi Pengujian	Hasil
1.	<i>Spesific Gravity</i>	2,61
3.	<i>Atterberg Limit</i>	
	a. LL	69,59 %
	b. PL	32,39 %
	c. PI	37,20 %
2.	<i>Standart Proctor</i>	
	a. OMC	32,25 %
	b. $\gamma$ dry	1,382 gr/cm <sup>3</sup>

#### 4.2 Hasil Pengujian Propertis Fly Ash

Data-data pengujian propertis fly ash dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Pengujian Propertis Fly Ash

No	Deskripsi Pengujian	Fly Ash
1	<i>Spesific Gravity</i>	2,43
2	Berat Volume	0,75 gr/cm <sup>3</sup>
3	Kadar Air	0,70%
4	Analisa Saringan	Lolos No.200

Hasil pengujian propertis fly ash menunjukkan nilai yang pada umumnya didapat pada kedua material tersebut, seperti nilai GS (*Specific Grafity*) fly ash yang telah dijelaskan pada Tabel 3.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Nainggolan, (2012) terhadap kandungan senyawa kimia fly ash yang berasal dari PT. IKPP Perawang menjelaskan bahwa material tersebut masuk kedalam kelas F dalam penggolngan kelas fly ash.

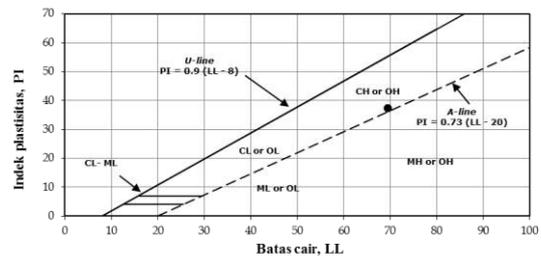
#### 4.3 Spesific Grafity Tanah Asli

Hasil yang didapatkan dari pengujian dapat dilihat di Tabel 2, Tanah Asli tersebut mempunyai Berat Jenis sebesar 2,61, sehingga tanah tersebut dapat disebut atau dikelompokkan sebagai lempung atau tanah lanau

#### 4.4 Atterberg Limit Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian batas cair dan batas plastis, diperoleh nilai batas cair (*liquid limit*) sebesar 69,59%. Dari hasil pengujian batas plastis (*plastic limit*), diperoleh nilai batas plastis sebesar

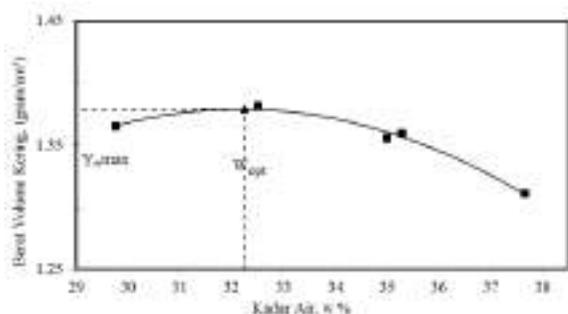
32,39%. Nilai indeks plastisitas (*plasticity index*) merupakan selisih antara nilai batas cair dengan batas plastis, sehingga diperoleh nilai indeks plastisitas sebesar 37,20%. dimana pada grafik klasifikasi tanah antara *liquid limit* vs *plastic limit* terletak pada kelompok tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi (CH), dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik Klasifikasi tanah menurut USCS.

#### 4.5 Standard Proctor Tanah Asli

Hasil dari pemadatan yang telah di uji pada penelitian tersebut menggunakan pengujian pemadatan dengan menggunakan standar sama dengan yang digunakan pada penentuan hasil kadar air optimum (OMC) serata berat isi kering ( $\gamma_{dry}$ ) maksimum, hasil percobaan bisa dilihat di Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil Pengujian Pemadatan Standard Tanah Asli.

Hasil yang diperoleh saat dilakukan uji standard pemadatan dapat dilihat di Gambar 3, maka dapat ditentukan nilai kadar air optimum (OMC) 32,25 % dan berat volume kering ( $\gamma_{dry}$ ) 1,384 gr/cm<sup>3</sup> atau 13,84 kN/m<sup>3</sup>.

#### 4.6 Pengujian UCS Tanah Asli dan Campuran.

Pengujian UCS dilakukan untuk melihat perubahan pada *fly ash* yang telah ditambahkan dan semen pada nilai kekuatan tekan ( $q_u$ ) dan nilai kuat geser tak teralirkan ( $C_u$ ) pada kondisi kadar air awal 50% dari berat kering tanah selanjutnya akan dilakukan pemeraman pada desikator pada hari pertama, ke 7 hari, serta ke 28 hari dari hari pertama pembuatan sampel.

#### 4.7 Kadar Air UCS Sampel Campuran

Kadar air (%) pada sampel UCS Tanah Asli dan Campuran merupakan salah satu elemen penting dalam pengaruhnya terhadap  $\gamma_{dry}$  sampel. Berikut hasil kadar air sampel UCS dapat dilihat di Tabel 4.

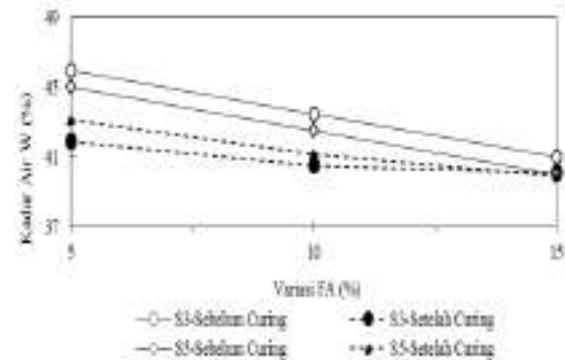
**Tabel 4.** Kadar Air Sampel UCS Campuran.

Jenis Sampel	Persentase Penurunan KA	
	Semen 3%	Semen 5%
TA	50,00	50,00
FA5-C0	41,90	43,14
FA10-C0	40,53	41,19
FA15-C0	40,11	39,92
FA5-C7	43,94	41,70
FA10-C7	42,31	39,52
FA15-C7	39,64	38,41
FA5-C28	42,43	41,79
FA10-C28	40,58	40,25
FA15-C28	39,10	37,31

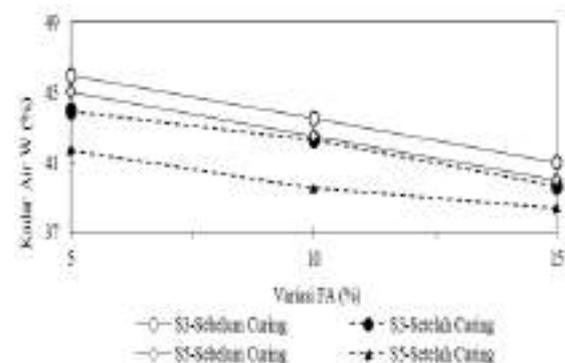
Tabel 4 menjelaskan bahwa kadar air sampel pada tanah asli dengan sampel campuran mengalami penurunan kadar air secara konstan dari kadar semen dan *fly ash* yang terendah ketinggian, serta waktu *Curing* 0 hari ke waktu *Curing* 28 hari.

Sampel yang tanpa mengalami *Curing* pada dasarnya memiliki kadar air yang hampir sama dengan kadar air pada saat pencampuran, sementara sampel yang memiliki masa *Curing* 7 hari dan 28 hari mengalami penurunan kadar air dimana penurunan kadar air dari setiap lonjakan

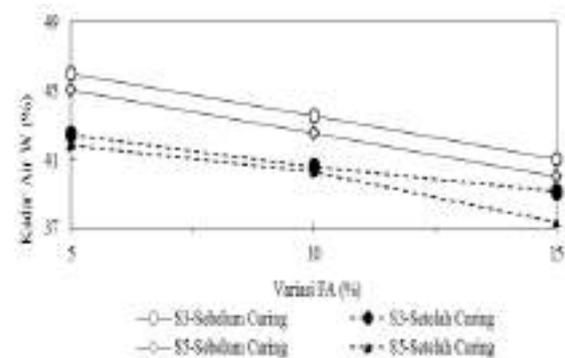
variasi semen dan *fly ash* masih bersifat acak dalam hal besaran penurunannya, seperti yang terlihat pada Gambar 4, 5, dan 6. Nilai yang didapat menunjukkan bahwa pengaruh curing sangat berpengaruh terhadap kadar air sampel uji, semakin lama curing pada sampel, semakin besar penurunan kadar air bila dibandingkan dengan kadar air tanah asli.



**Gambar 4.** Kadar Air UCS Campuran S3 dan S5 *Curing* 0 Hari.



**Gambar 5.** Kadar Air UCS Campuran S3 dan S5 *Curing* 7 Hari.



**Gambar 6.** Kadar Air UCS Campuran S3 dan S5 *Curing* 28 Hari.

Gambar 4, 5, dan 6 menjelaskan bahwa untuk nilai penurunan kadar air sampel UCS terbesar terdapat pada sampel T0-S3-FA5-C0 sebesar 8,90% dan persentase penurunan terendah terdapat pada sampel T0-S5-FA15-C0 0,21%, dapat dilihat di Tabel 5.

**Tabel 5.** Persentase Penurunan Kadar Air UCS Tanah Asli dan Campuran.

Variasi Sampel	Persentase Penurunan Kadar Air (%)	
	Semen 3%	Semen 5%
TA	0,00	0,00
FA5-C0	-8,90	-4,13
FA10-C0	-6,83	-3,09
FA15-C0	-2,16	-0,21
FA5-C7	-4,49	-7,33
FA10-C7	-2,75	-7,01
FA15-C7	-3,32	-3,97
FA5-C28	-7,76	-7,13
FA10-C28	-6,71	-5,30
FA15-C28	-4,63	-6,74

Keseluruhan hasil yang didapat dari tabel di atas menjelaskan bahwa penurunan kadar air masih bersifat acak. Namun secara umum penurunan terbesar berada pada sampel UCS dengan kadar semen 3% dibanding dengan kadar semen 5% dikarenakan variasi semen dan *fly ash* yang sedikit memiliki reaksi yang kecil pula dibandingkan variasi yang besar, sehingga sampel lebih lunak dan basah.

#### 4.8 Hasil Nilai $C_u$ dan $q_u$ UCS Sampel Campuran

Berikut hasil pengujian UCS, nilai kuat geser tanah ( $C_u$ ) dan kuat tekan tanah ( $q_u$ ), yang dapat dilihat pada Tabel 6 serta Tabel 7.

**Tabel 6** Nilai  $C_u$  Pengujian UCS

Jenis Tanah	Kuat Geser Tanah, $C_u$ (kPa)		
	Masa <i>Curing</i>		
	C0	C7	C28
TA	11,02		
T0-S3-FA5	15,83	19,46	24,22
T0-S3-FA10	20,60	26,21	46,53
T0-S3-FA15	35,82	42,78	74,91

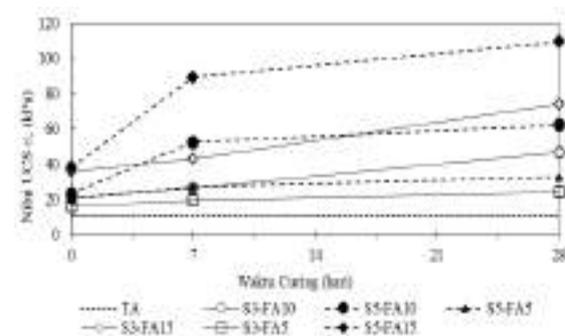
Jenis Tanah	Kuat Geser Tanah, $C_u$ (kPa)		
	Masa <i>Curing</i>		
	C0	C7	C28
T0-S5-FA5	20,42	26,90	32,63
T0-S5-FA10	23,11	52,35	62,14
T0-S5-FA15	38,00	89,27	109,20

**Tabel 7** Nilai  $q_u$  Pengujian UCS

Jenis Sampel	Kuat Tekan Tanah, $q_u$ (kPa)		
	Masa <i>Curing</i>		
	(C0)	(C7)	(C28)
TA (Tanah Asli)	22,04		
T0-S3-FA5	31,65	38,92	48,88
T0-S3-FA10	41,20	52,43	93,05
T0-S3-FA15	71,64	85,55	147,82
T0-S5-FA5	40,84	53,79	65,25
T0-S5-FA10	46,22	104,70	124,28
T0-S5-FA15	76,00	178,54	218,41

#### Perbandingan Nilai UCS Terhadap Variasi *Fly Ash* dan *Curing*

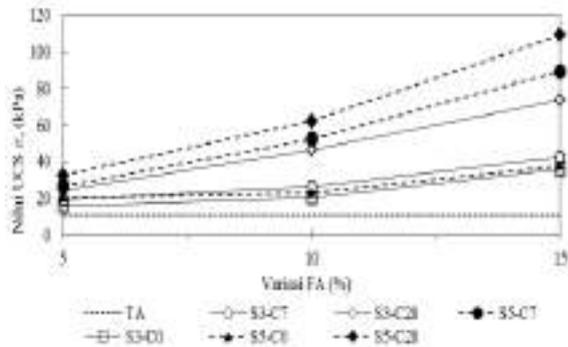
Nilai  $C_u$  setiap sampel UCS jika dibandingkan dengan tanah asli dan digambar dalam bentuk diagram garis maka akan tampak pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Pengaruh *Curing* Terhadap Nilai  $C_u$  UCS.

Gambar 7 menjelaskan pengaruh *Curing* terhadap sampel campuran. Secara keseluruhan waktu *curing* sangat berpengaruh sekali dalam reaksi campuran, hal ini berkaitan pula dengan reaksi antara semen dan *fly ash* terhadap campuran tanah. Jika lama hari *curing* hanya sebentar maka reaksi campuran belum maksimal sehingga sifat plastis campuran masih seperti tanah asli dan regangan

terhadap tekanan semakin panjang namun nilai ( $q_u$ ) rendah, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan jika dilihat dari pengaruh persentase *fly ash* terhadap nilai  $C_u$  UCS campuran dalam bentuk diagram garis maka akan tampak pada Gambar 9.



**Gambar 9.** Pengaruh Semen dan *Fly Ash* Terhadap Nilai  $C_u$  UCS.

Gambar 9 Secara umum menjelaskan bahwa nilai  $C_u$  campuran dibanding tanah asli pada variasi semen 3% ditambah *fly ash* 5% menuju *fly ash* 15%, tidak mengalami perubahan yang cukup signifikan. Sementara nilai  $C_u$  UCS yang cukup signifikan terdapat pada curing 7 hari menuju curing 28 hari disemua variasi sampel UCS, dan variasi semen 5% ditambah *fly ash* 10% menuju *fly ash* 15% dicuring 28 hari menjadi yang terbesar pada variasi tersebut.

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan ini didasari oleh hasil pembahasan serta pengujian pada riset ini, yaitu :

1. Hasil pengujian bahwa penambahan semen dan *fly ash* pada stabilisasi tanah lunak plastisitas tinggi dapat meningkatkan kekuatan pada tekan bebas ( $C_u$ ) serta pada nilai kekuatan tekan ( $q_u$ ), peningkatan nilai tersebut mengakibatkan meningkatnya nilai E50 atau meningkatkan kekakuan sampel UCS.

2. Peningkatan nilai  $q_u$  pada sampel UCS terbesar pada variasi sampel T0-S5-FA15-C28 dengan nilai 218,41 kPa, peningkatan ini sebesar 89,91% jika dibandingkan dengan nilai  $q_u$  TA sebesar 22,04 kPa.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, B. (2009). Penggunaan Abu Batu Bara PLTU MPANAU Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung.
- ASTM C618. (2017). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*.
- Das, B. M. (2008). *Advanced Soil Mechanics*. In *Eos, Transactions American Geophysical Union*.
- ESDM, K. (2019). *Laporan Kerja Kementrian ESDM*. (Vol. 53, pp. 1689–1699).
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah 1*.
- Hartosukma, E. W. (2005). perilaku tanah lempung ekspansif karangawen demak akibat penambahan semen dan fly ash sebagai stabilizing agents.
- K, R. I., Mina, E., & Rahman, T. (2016). Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Jurnal Fondasi*, Vol 5.
- Lesmana, R. I., Muhandi, & Nugroho, S. A. (2013). Stabilitas tanah plastisitas tinggi dengan semen. *JOM FTEKNIK*, vol. 3, no.2.
- PP N0 85 Tahun 1999 Tentang : Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan
- Terzaghi & Peck, T. J. O. G. (1949). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Karl Terzaghi, Ralph B. Peck. In *The Journal of Geology*.