

# CAMPURAN TANAH LEMPUNG DAN *FLY-ASH* SEBAGAI PENGANTI *BENTONITE* UNTUK INSTRUMENTASI TANAH

James Fransisco Tanduary<sup>1</sup>, David Halim<sup>2</sup>, dan Johanes I. Suwono<sup>3</sup>

**ABSTRAK :** *Inclinometer* adalah salah satu instrumentasi tanah yang dipasang di lubang bor untuk memonitoring gerakan tanah akibat desakan dari suatu pembebanan. Sela antara *Inclinometer* dengan dinding lubang bor biasanya diisi dengan *Grout Cement Bentonite*. Penelitian ini bertujuan untuk menggantikan *grout* tersebut dengan campuran *fly-ash* pada tanah setempat. Campuran dicoba dengan beberapa persentase *fly-ash* pada tiga sample tanah yang diambil dari daerah Tandes, Margomulyo dan Pakuwon Indah. Hal yang dibandingkan dalam penelitian ini adalah besarnya modulus deformasi inisial  $E_i$  serta *undrained shear strength* campuran. Campuran dengan kadar 40% - 50% mendapatkan *undrained shear strength* yang menyamai *standard* dari *Slope Indicator for Inclinometers*.

**KATA KUNCI :** *Inclinometer, Cement Bentonite, Fly-ash.*

## 1. PENDAHULUAN

*Inclinometer* adalah salah satu instrumentasi tanah yang dipasang di dalam untuk memonitoring gerakan tanah akibat desakan dari suatu pembebanan. *Inclinometer System* ditanam dalam lubang bor yang dibuat terlebih dahulu. Sela antara *instrument* dengan dinding lubang bor biasanya diisi dengan *Grout Cement Bentonite*. *Cement Bentonite* digunakan sebagai *grout* untuk menahan *Inclinometer System* di dalam lubang bor sehingga *Inclinometer System* dapat bergerak dan mengikuti sesuai dengan kondisi tanah yang ada. Ada *Standard Mix* untuk membuat *Grout Cement Bentonite*. Pada penelitian ini, peneliti melakukan penelitian guna menggantikan bahan tersebut, salah satu bahan yang memungkinkan yang dapat menggantikan fungsinya adalah campuran tanah lempung+air dengan *fly-ash*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menggantikan fungsi bentonit dalam penggunaannya sebagai *grout* pada alat-alat instrumentasi tanah.

### 1.1. Rumusan Masalah

Bagaimana cara membuat campuran tanah lempung dengan campuran *fly-ash* agar mempunyai modulus elastisitas yang sama dengan campuran bentonit semen?

### 1.2. Tujuan Penelitian

Membuat *grout* tanah lempung yang cukup lunak dan sehingga alat-alat instrumentasi tanah di dalam lubang bor dapat bergerak sesuai dengan kondisi tanah yang ada

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, jamesfranstan@gmail.com

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, dv.halim@gmail.com

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, jsuwono@petra.ac.id

### 1.3. Ruang Lingkup

1. Instrumentasi tanah yang ditinjau hanya *Inclinometer*
2. *Cement Bentonite* sesuai standar *Slope Indicator for Inclinometers*
3. Campuran tanah lempung + air dengan *fly-ash*
4. Tanah lempung yang digunakan tanah daerah Margomulyo, Tandes, dan Pakuwon Indah
5. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah *Unconfined Compression Test* untuk mendapatkan nilai Modulus Elastisitas (E) dan Strength (Su)

## 2. LANDASAN TEORI

Bentonit adalah istilah pada lempung yang mengandung mineral monmorillonit dalam dunia perdagangan dan termasuk kelompok dioktoedral. Berdasarkan tipenya, bentonit dibagi menjadi dua, yaitu Na-bentonit dan Ca-bentonit. Na-bentonit dimanfaatkan sebagai filler lumpur bor, sedangkan Ca-bentonit dipakai sebagai bahan penyerap.

*Inclinometer* adalah salah satu instrumentasi tanah yang dipasang di dalam untuk me-monitoring gerakan tanah akibat desakan dari suatu pembebanan.

Menurut Hanna (1985), *Inclinometer* sendiri terdapat 2 jenis yang sering dijumpai yaitu *Probe Inclinometer* dan *Fixed In-place Inclinometer*.

Menurut Mikkelsen (2002), semen bentonite adalah salah satu material yang paling universal untuk digunakan sebagai *backfilling* untuk lubang bor. Campuran *bentonite grout* yang hanya terdiri dari air dan bentonit saja bisa saja tidak stabil oleh karena itu digunakanlah semen untuk mengurangi sifat *expansive* yang dimiliki campuran ketika campuran semen bentonit mencapai *initial set*. *Grout* semen bentonit lebih mudah digunakan dibandingkan dengan *grout* bentonit dengan air saja, dikarenakan lebih mudah untuk mengatur temperature, pH, dan kebersihan dari air untuk campuran.

Aturan mix design menurut *Slope Indicator for Inclinometers* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Cement-Bentonite Grout Mix for Inclinometers Slope Indicator**  
(<http://www.slopeindicator.com>)

Aplikasi	Grout Untuk Tanah Keras dan Sedang		Grout Untuk Tanah Lunak	
	Berat	Rasio Berat	Berat	Rasio Berat
Air	30 Galon	2.5	75 Galon	6.6
Semen Portland	42.64 Kg	1	42.64 Kg	1
Bentonit	11.34 Kg / 25 lbs	0.3	17.69 Kg/ 39 lbs	0.4
Catatan	Kuat tekan 28 hari dari mix ini $\pm$ 100 psi,		Kuat tekan 28 hari dari mix ini $\pm$ 4 psi,	

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Tanah sampel untuk percobaan diambil di daerah Tandes, Margomulyo, Pakuwon Indah. Tanah tersebut akan dicampur dengan air dan *fly-ash* dan dibuat beberapa macam campuran sebagai berikut: campuran tanah Margomulyo dengan *fly-ash* dan air, campuran tanah Pakuwon dengan *fly-ash* dan air dan campuran tanah Tandes dengan *fly-ash* dan air. Membuat grout bentonit yang sesuai dengan Grout Mix Standard Slope Indicator for Inclinometers yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding untuk membandingkan nilai Modulus Elastisitas (E) antara campuran tanah dengan campuran bentonit. Dalam

hal ini modulus yang digunakan adalah Modulus Initial yang masih dalam bagian elastis. Fly-ash yang digunakan sebagai bahan campuran berkadar 40% dan 50% dari berat kering total benda uji. Untuk mempermudah digunakan **Tabel 2** untuk memperjelas.

**Tabel 2 Kode Untuk Campuran Tanah**

Campuran	Kode
Tanah Tandes + <i>Fly-ash</i> + Air	TF
Tanah Margomulyo + <i>Fly-ash</i> + Air	MF
Tanah Pakuwon + <i>Fly-ash</i> + Air	PF
Bentonite Cement	BC

Campuran Tanah	Kadar <i>Fly-ash</i>
TF 50%	50%
TF 40%	40%
MF 50%	50%
MF 40%	40%
PF 50%	50%
PF 40%	40%

Pada tahap pertama dilakukan pengambilan tanah dari Tandes, Margomulyo dan Pakuwon barat pada kondisi *disturbed* dan diteliti *soil properties*-nya (*Liquid Limit*, *Plastic Limit*) kemudian tanah dimasukkan kedalam oven, didinginkan kemudian ditumbuk dan disaring, kemudian mencampur serbuk tanah dengan air dan *fly-ash* sesuai dengan kadar yang diinginkan. Adukan masing-masing campuran dimasukkan ke dalam mold UC sebanyak 60 buah berdiameter 3.6cm dan tinggi 7.2cm. Pada tahap kedua dilakukan pembuatan *Grout Cement Bentonite* sesuai dengan *Slope Indicator for Inclinator*. Pertama campuran air dan semen diaduk terlebih dahulu kemudian dicampurkan bentonit sesuai dengan standard *Slope Indicator*. Adukan tersebut kemudian dimasukkan kedalam mold UC sebanyak 8 buah yang berdiameter 3.6cm dan 7.2cm. Pada tahap ketiga dilakukan pengujian tanah percobaan dan bentonit dengan menggunakan *Unconfined Compression Test*.

#### 4. PEMBAHASAN

Tanah asal diambil dari lokasi dalam keadaan *disturbed*. Sampel tanah tersebut kemudian dibawa ke laboratorium dan diteliti *soil properties*nya. *Soil properties* yang diteliti di laboratorium meliputi *plastic limit*, *liquid limit* dan *unconfined strength*. Hasil dari penelitian karakteristik tanah asal dapat dilihat pada **Tabel 3**.

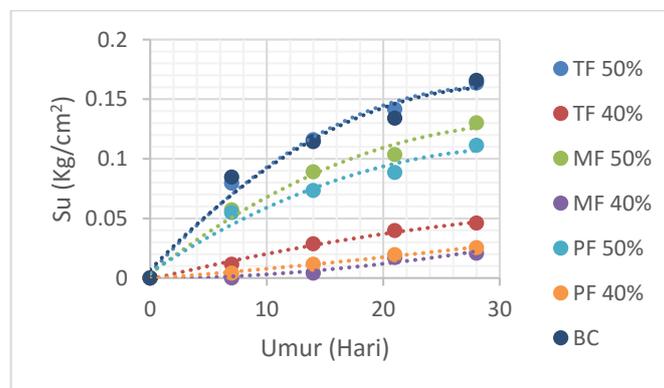
**Tabel 3. Karakteristik Tanah**

Tanah	LL(%)	PL(%)	$\gamma(t/m^3)$	$\gamma_{dry}(t/m^3)$
Tandes	115.6	35.4	1.52	1.023
Margomulyo	125.6	37.2	1,6	1.0054
Pakuwon	114.3	43.7	1.705	1.211

**Tabel 4. Nilai Su dari Pengujian UC Test**

No	Campuran	Sampel	Kadar Fly-ash (%)	Su (Kg/cm <sup>2</sup> )			
				7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	TF 50%	1	50%	0,079	0,116	0,142	0,163
		2	50%	0,074	0,100	0,133	0,136
2	TF 40%	1	40%	0,012	0,029	0,040	0,046
		2	40%	0,009	0,017	0,034	0,044
3	MF 50%	1	50%	0,057	0,089	0,103	0,130
		2	50%	0,051	0,111	0,111	0,130
4	MF 40%	1	40%	0,004	0,017	0,021	0,023
		2	40%	0,003	0,015	0,020	0,022
5	PF 50%	1	50%	0,055	0,073	0,088	0,111
		2	50%	0,058	0,080	0,095	0,083
6	PF 40%	1	40%	0,004	0,012	0,020	0,025
		2	40%	0,004	0,009	0,015	0,024
7	BC	1	-	0,079	0,120	0,142	0,168
		2	-	0,085	0,114	0,134	0,166

Pada **Tabel 4** menunjukkan hasil nilai Su 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari setelah pembuatan benda uji untuk masing-masing campuran tanah dan campuran bentonit. Pada **Gambar 1** menunjukkan nilai Su untuk semua campuran baik campuran tanah dengan *fly-ash* dan air dan campuran Bentonit dengan semen terhadap waktu.



**Gambar 1. Nilai Su terhadap Waktu**

Dari **Tabel 4** dapat dilihat adanya kenaikan kekuatan campuran baik campuran tanah dan campuran bentonit dari 7 hari hingga 28 hari pengujian setelah pembuatan benda uji. Untuk semua campuran tanah dengan kadar *fly-ash* sebesar 40% baik tanah Tandes, Margomulyo dan Pakuwon memiliki nilai Su yang lebih kecil dari campuran tanah dengan kadar *fly-ash* sebesar 50%. tanah tandes dengan campuran 50% *fly-ash* pada 28 hari memiliki nilai Su sebesar 0.163 Kg/cm<sup>2</sup> yang mendekati nilai Su campuran Semen Bentonit pada 28 hari yaitu sebesar 0.168 Kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan campuran lainnya memiliki nilai Su lebih kecil dari campuran tanah Tandes dengan *fly-ash* 50%.

Campuran tanah Tandes dan *fly-ash* 50% pada 28 hari mempunyai kuat tekan maksimum sebesar 4.25 psi (0.2992 kg/cm<sup>2</sup>) yang mendekati syarat campuran *Slope Indicator for Inclonometers* yaitu sebesar 4 psi (0.2813 kg/cm<sup>2</sup>). Sedangkan campuran tanah Margomulyo dan *fly-ash* 50% pada 28 hari mempunyai kuat tekan 3.42 psi (0.2408 kg/cm<sup>2</sup>) dan campuran tanah Pakuwon dan *fly-ash* 50% pada 28 hari mempunyai kuat tekan 2.77 psi (0.195 kg/cm<sup>2</sup>).

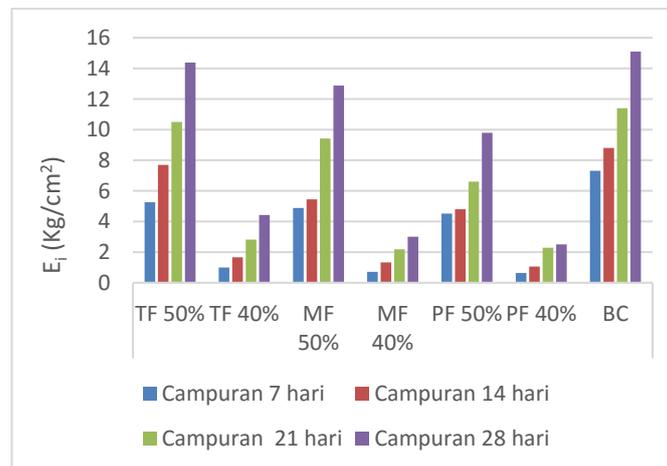
Campuran tanah dan *fly-ash* 40% pada 28 hari mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan syarat kuat tekan *Slope Indicator*. Untuk campuran tanah Tandes dan *fly-ash* 40% memiliki kuat tekan maksimum sebesar 1.27 psi (0.089 kg/cm<sup>2</sup>), untuk campuran tanah Margomulyo dan *fly-ash* 40% sebesar 0.7 psi (0.049 kg/cm<sup>2</sup>), sedangkan campuran tanah Pakuwon dan *fly-ash* 40% sebesar 0.64 psi (0.045 kg/cm<sup>2</sup>) pada 28 hari. Hasil tersebut jauh dibandingkan dengan syarat *Slope Indicator Grout mix for Inclimeters* yaitu sebesar 4 psi.

Nilai  $E_i$  untuk semua campuran baik campuran tanah dan campuran bentonite ditunjukkan dalam **Tabel 5** dan **Gambar 2**.

**Tabel 5. Nilai  $E_i$**

No	Campuran	Kadar Fly-ash (%)	$E_i$ (Kg/cm <sup>2</sup> )			
			7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
1	TF 50%	50%	5.26	7.7	10.5	14.38
2	TF 40%	40%	0.99	1.66	2.817	4.42
3	MF 50%	50%	4.88	5.44	9.42	12.88
4	MF 40%	40%	0.71	1.33	2.18	3
5	PF 50%	50%	4.52	4.8	6.6	9.79
6	PF 40%	40%	0.64	1.055	2.283	2.5
7	BC	-	7.313	8.8	13.4	15.1

Dari **Tabel 5** dapat dilihat bahwa campuran tanah Tandes dengan 50% *fly-ash* pada 28 hari memiliki nilai  $E_i$  yang mendekati nilai  $E_i$  campuran semen bentonit. Sedangkan campuran tanah Margomulyo dan tanah Pakuwon dengan 50% *fly-ash* pada 28 hari memiliki nilai  $E_i$  yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $E_i$  semen bentonit. Untuk campuran tanah Tandes, Margomulyo dan Pakuwon dengan 40% *fly-ash* pada 28 hari menunjukkan nilai  $E_i$  yang lebih kecil dibandingkan dengan campuran tanah Tandes, Margomulyo dan Pakuwon dengan 50% *fly-ash*



**Gambar 2. Hasil  $E_i$  Terhadap Waktu**

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa data yang dilakukan, dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu kenaikan *Strength* untuk UC test pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari untuk semua campuran baik tanah+air+*fly-ash* maupun *cement*

*bentonite* menunjukkan kenaikan. *Fly-ash* memiliki peranan penting untuk menambah kekuatan *Strength* dari campuran tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *fly-ash* sebanyak 50% terhadap campuran Tanah memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan *fly-ash* sebanyak 40% terhadap campuran Tanah dan memiliki perbedaan kekuatan yang signifikan. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lokal dapat menggantikan fungsi *Cement Bentonite* sebagai *grout* untuk instrumentasi tanah *Inclinometer*.

## 5.2. SARAN

Dilanjutkan untuk instrumentasi tanah *Piezometer*.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Mikkelsen, P.Erik. (2002). "Geotechnical Instrumentation News." *Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments*.
- Hanna, Thomas.H. (1985). *Field Instrumentation in Geotechnical Engineering*. Trans Tech Publications, Germany.
- Slope Indicator. (2002). *Grout Mixes for Inclinometers*, <<http://www.slopeindicator.com/support/supporthome.php>> (Juni 6, 2016)