

PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH PADA SOIL – CEMENT

Ade K.W.¹, Calvin², Sugie Prawono³ & Gogot Setyo Budi⁴

ABSTRAK : *Soil cement* telah umum digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah liat lunak yang mempunyai daya dukung rendah dan penurunan yang besar. Penggunaan semen dalam jumlah besar menyebabkan metode ini menjadi mahal. Pada penelitian ini, kadar semen dikurangi dengan penggunaan *fly ash* dengan kadar tertentu. 8 tangki dengan diameter 46 cm diisi dengan tanah liat lunak setinggi 75 cm, lalu *soil cement column* dibuat pada tanah liat lunak pada setiap tangki. Pencampuran *soil cement* dan variasi kadar *fly ash* menggunakan dua cara yaitu dengan bubuk semen + *fly ash* (BS) dan semen cair + *fly ash* (SC). Untuk kadar *fly ash* yang diteliti adalah 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen. Sampel dari tiap campuran *soil cement* dilakukan pengetestan *UC test* dan *CBR test*. Hasil *UC test* pada sampel 28 hari, untuk campuran BS dengan kadar 10%, 15%, 20%, dan 25% mencapai kekuatan sebesar 20.8, 14.3, 22.8, dan 17.3 (kg/cm²), sedangkan campuran SC mencapai kekuatan sebesar 15.9, 12.71, 10.83, dan 17.3 (kg/cm²). Selanjutnya nilai CBR dengan kadar *fly ash* 10%, 15%, 20%, dan 25% menghasilkan nilai sebesar 72.5%, 55.4%, 60.7%, dan 44.3% untuk BS, dan 52.3%, 53.9%, 60.7%, dan 42.7% untuk SC.

KATA KUNCI : *soil cement*, *fly ash*, tanah liat lunak, perbaikan tanah

1. LATAR BELAKANG

Tanah liat lunak selalu menimbulkan masalah penurunan yang cukup besar bilamana dibebani dengan beban yang berat. Melihat dari penelitian terdahulu (Hindrawan & Harlim, 2015), bila tanah liat yang dicampur semen dengan kadar tertentu akan membuat tanah tersebut menjadi keras. Campuran antara tanah dan semen ini disebut *soil cement mix*. Pada umumnya, *soil cement mix* dibuat *in situ* menggunakan alat pengaduk untuk mencampur tanah dengan semen sampai kedalaman tertentu lalu terjadi reaksi kimia antara semen dan tanah, sehingga tanah menjadi lebih kuat berupa kolom. (Rashid, Black, Kueh, & Noor, 2015).

Penggunaan semen dalam hal ini menimbulkan harga *mix design* yang mahal. Oleh karena itu, dalam penelitian ini campuran *fly ash* digunakan untuk mereduksi penggunaan semen dalam pembuatan *soil cement*. Melihat dari kesimpulan penelitian terdahulu pula (Hindrawan & Harlim, 2015), diketahui bahwa penggunaan *fly ash* dalam campuran *soil cement* dinilai menguntungkan karena kekuatan campuran yang dihasilkan hampir sama, tetapi semen yang digunakan menjadi lebih sedikit sehingga biaya pembuatan *soil cement* menjadi lebih ekonomis. Penggunaan kadar *fly ash* yang divariasi dalam penelitian ini diteliti dalam pembentukan *soil cement column*.

2. STUDI LITERATUR

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, adekurniaw94@gmail.com

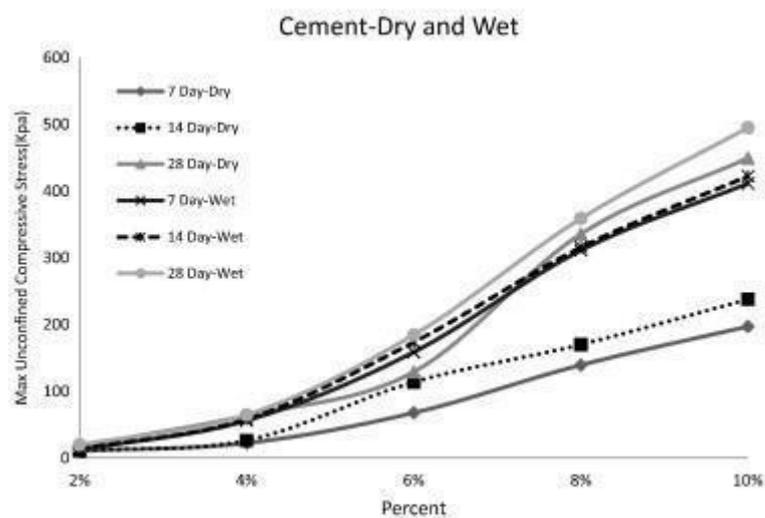
² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, calvinchenz66@yahoo.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, supra@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@peter.petra.ac.id

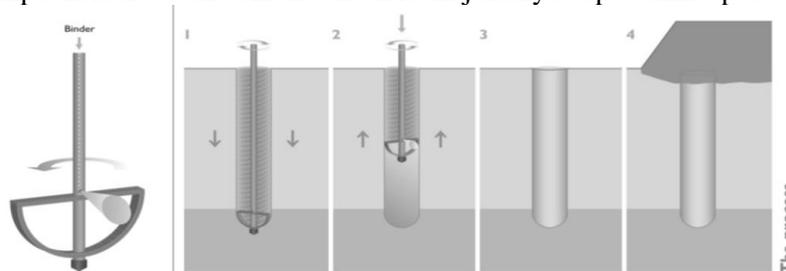
Soil cement adalah campuran antara tanah/agregat, semen, dan air yang akan mengalami pengikatan erat sehingga menjadi padatan yang keras. Dalam arti luas, *soil cement* dapat diartikan sebagai material yang didapat dari pencampuran dari tanah, semen, air, dan zat kimia untuk membentuk suatu karakteristik tertentu. (Adaska, 1990)

Pencampuran *soil cement* ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dalam bentuk kering (*dry*) dan cair (*wet/slurry*). Pada *soil cement dry* menggunakan semen dalam bentuk bubuk langsung dicampur dengan tanah, sedangkan *soil cement slurry* menggunakan semen yang telah dicampur dengan air agar menjadi cairan kemudian dicampur dengan tanah. Perbedaan hasil antara metode *dry* dan *wet* ini dapat dilihat pada **Gambar 1** (Pakbaz & Farzi, 2014).



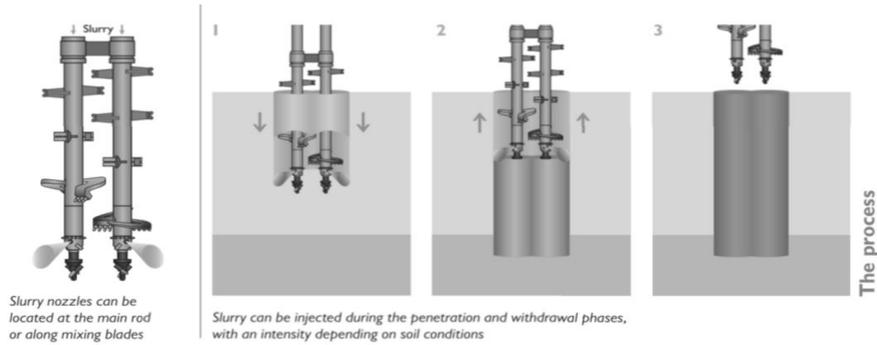
Gambar 1. Perbandingan *Unconfined Compressive Stress* Maksimum dengan Persentase Semen dalam Bentuk *Dry* ataupun *Wet* (Pakbaz M. S. & Farzi M., 2014)

Dalam pengaplikasiannya di lapangan, *soil cement mix* memiliki bermacam metode, diantaranya adalah metode milik Keller Group dengan menggunakan alat khusus. Keller membaginya menjadi dua, yaitu *dry method* dan *wet method*. Pada *dry method*, alat bor yang digunakan memiliki lubang kecil di bagian mata bor untuk tempat keluar bubuk semen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. *Dry Method* Milik Keller Group

Sedangkan untuk *wet method*, digunakan alat yang berbeda dalam pelaksanaannya. Alat bor yang digunakan memiliki lubang di ujung bor untuk tempat keluarnya cairan semen, dan sayap-sayap yang berfungsi sebagai pengaduk semen cair dengan tanah (**Gambar 3**).



Gambar 3. *Wet Method* Milik Keller Group

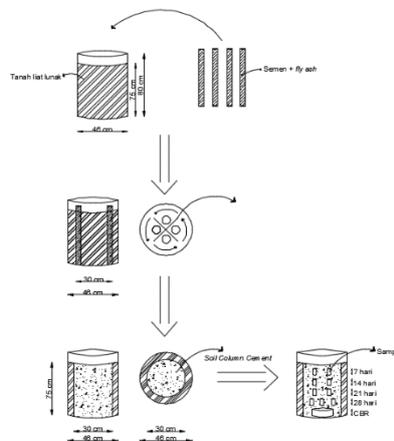
3. METODOLOGI PENELITIAN

Tanah diambil dari Margomulyo pada kondisi *undisturbed* dan diteliti *soil properties*nya yang meliputi: kadar air (w_c), *liquid limit* (w_L), *plastic limit* (w_P), berat volume (γ), dan berat jenis (G_s).

3.1. Pembuatan dan Pencampuran Tanah Percobaan

Tanah dimasukkan ke dalam tangki berdiameter 46 cm dan tinggi 80 cm dan dibuat *soil cement column* dengan diameter 30 cm di tengah pusat dari tangki dan tinggi 75 cm. Setelah tangki berisi tanah dengan w_c yang diinginkan, campuran semen dimasukkan menggunakan pipa PVC sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Sebelum dimasukkan salah satu ujung pipa di tutup menggunakan plastik yang kemudian pipa PVC dirojok sambil ditarik pelan - pelan sehingga semen yang tadinya di dalam pipa tertinggal bercampur dengan semen. Pada penelitian ini dibuat 8 campuran dimana terdapat campuran semen bubuk dengan semen *slurry* dengan campuran semen yang digunakan sebanyak 35% dari berat kering tanah, dimana 35% berat semen tersebut kemudian dikurangi dengan *fly ash* sebesar 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat semen, kemudian akan dicampur *superplasticizer* sebesar 0.5% dari berat semen mula - mula.

Pada masing-masing tangki akan dicelupkan *mold* CBR pada bagian dasar yang akan di tes hasilnya setelah 28 hari dan di atasnya dicelupkan *mold* berdiameter 3.6 cm dengan tinggi 7.2 cm sebanyak 9 buah yang akan di tes kuat tekannya dengan *unconfined compression strength* untuk 7 hari, 14 hari, dan 21 hari masing - masing 2 mold dan untuk 28 hari 3 mold seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Metodologi

3.2. Unconfined Compression Test

- Tanah dalam mold dikeluarkan dari tangki pada umur-umur tertentu dari waktu pengadukan (7, 14, 21, 28 hari)
- *Stress-Strain* diagram dari tes ini akan digambarkan sehingga peningkatan *undrained modulus*nya dapat diketahui
- Nilai *unconfined* dari masing-masing *sample* akan diteliti untuk mendapatkan nilai *strength* berbanding dengan waktu

3.3. CBR Test

- Sampel tanah untuk CBR akan diambil dari campuran tanah setelah 28 hari dari tiap campuran untuk dibandingkan nilainya.

4. HASIL PENELITIAN

4.1. Karakteristik Tanah

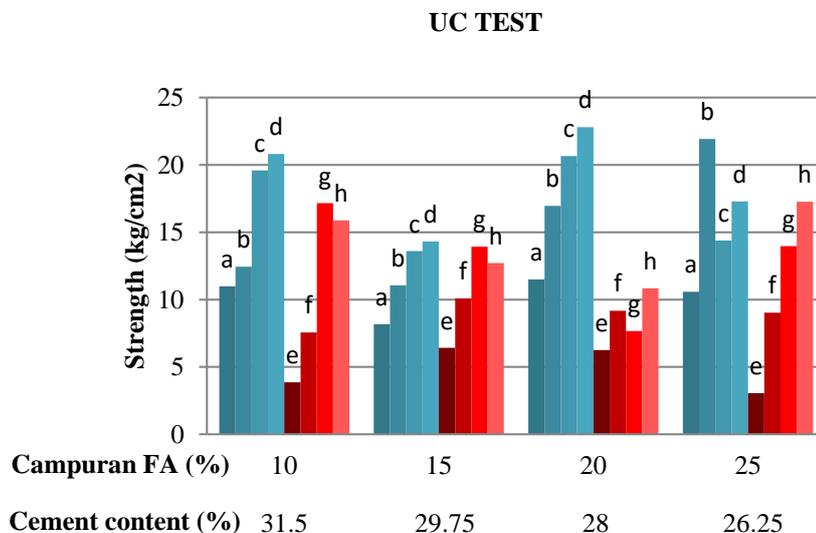
Tanah asal diambil dari lokasi dalam keadaan *undisturbed*. Sampel tanah tersebut kemudian dibawa ke laboratorium dan diteliti *soil properties*nya. *Soil properties* yang diteliti di laboratorium meliputi kadar air, *plastic limit*, *liquid limit*, dan *unconfined strength*. Hasil dari penelitian karakteristik tanah asal dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik Tanah Uji

Sampel	wc(%)	LL(%)	PL(%)	$\gamma(t/m^3)$	$\gamma_{dry}(t/m^3)$	Gs
1	73	96.8	26.7	1.57	0.9	2.5
2	74.25	92	33	1.51	0.87	2.3
3	74	91	33	1.54	0.89	2.7
Rata - Rata	73.75	93.3	31	1.54	0.89	2.5

4.2. Ringkasan Hasil Penelitian

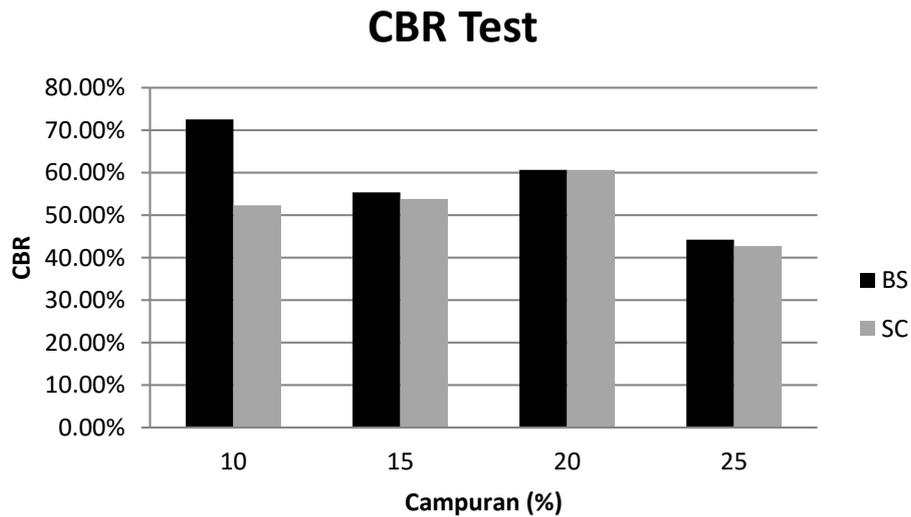
Hasil kumpulan tes yang dilaksanakan dalam bentuk grafik hubungan waktu dan persentase campuran baik kekuatannya maupun nilai *CBR* nya seperti pada **Gambar 5** untuk nilai *Unconfined Strength* dan **Gambar 6** untuk nilai *CBR Test*.



Gambar 5. Hasil UC Test

Keterangan:

- a : BS 7 hari
- b : BS 14 hari
- c : BS 21 hari
- d : BS 28 hari
- e : SC 7 hari
- f : SC 14 hari
- g : SC 21 hari
- h : SC 28 hari



Gambar 6. Hasil CBR Test

Hasil *UC test* menunjukkan bahwa campuran semen bubuk + *fly ash* (BS) merupakan campuran yang lebih baik daripada campuran semen cair + *fly ash* (SC). Campuran dengan kadar 15% merupakan campuran yang memiliki kuat tekan kurang baik. Untuk *CBR test*, pada campuran semen bubuk + *fly ash* memiliki kapasitas yang cenderung menurun dengan adanya penambahan *fly ash*, sedangkan pada campuran semen cair + *fly ash* memiliki kapasitas geser yang cenderung sama meskipun adanya penambahan *fly ash*. Data lengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji UC Tes dan CBR

No	Campuran	Sampel	*Kadar Semen (%)	**Fly Ash (%)	***SP (%)	UC Test (kg/cm ²)				CBR (%)	
						Hari ke				0.1"	0.2"
						7	14	21	28		
1	BS 10	1	31.5	10	0.5	12.2	11.9	23.1	23.0	28.44	52.33
		2	31.5	10	0.5	9.8	13.0	16.1	21.1	-	-
		3	31.5	10	0.5	-	-	-	18.3	-	-
2	BS 15	1	29.75	15	0.5	8.1	8.7	14.0	14.5	53.85	53.85
		2	29.75	15	0.5	8.3	13.4	13.2	15.7	-	-
		3	29.75	20	0.5	-	-	-	12.8	-	-
3	BS 20	1	28	20	0.5	11.2	18.4	22.5	26.0	21.99	28.31
		2	28	20	0.5	11.8	15.5	18.8	22.1	-	-
		3	28	20	0.5	-	-	-	20.3	-	-
4	BS 25	1	26.25	25	0.5	9.0	19.3	15.7	18.9	37.16	42.72
		2	26.25	25	0.5	12.1	24.5	13.1	19.0	-	-
		3	26.25	25	0.5	-	-	-	14.0	-	-
5	SC 10	1	31.5	10	0.5	4.5	7.7	27.3	21.8	68.26	72.55
		2	31.5	10	0.5	3.2	7.4	7.0	12.9	-	-
		3	31.5	10	0.5	-	-	-	12.9	-	-
6	SC 15	1	29.75	15	0.5	6.4	10.6	8.5	11.5	30.34	55.36
		2	29.75	15	0.5	7.3	9.6	19.3	17.3	-	-
		3	29.75	15	0.5	-	-	-	9.4	-	-
7	SC 20	1	28	20	0.5	6.1	7.4	7.6	8.7	63.70	60.67
		2	28	20	0.5	6.4	10.9	7.7	18.0	-	-
		3	28	25	0.5	-	-	-	5.8	-	-
8	SC 25	1	26.25	25	0.5	2.6	7.1	12.9	18.0	50.81	44.24
		2	26.25	25	0.5	3.5	11.0	15.1	18.0	-	-
		3	26.25	25	0.5	-	-	-	15.8	-	-

* Kadar semen: untuk kadar semen yang semula 35% dari berat kering tanah kemudian dikurangi berat fly ash yang dipakai.

**Fly ash: untuk kadar fly ash diukur dari berat semen sebesar 35%

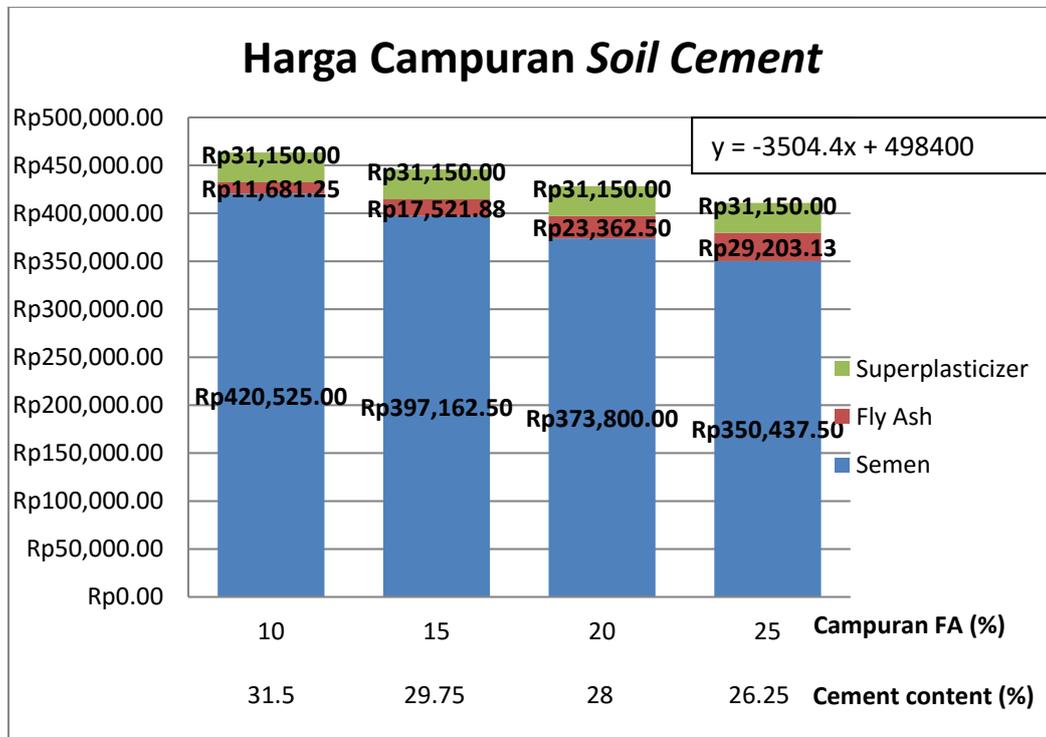
***Superplasticizer: untuk superplasticizer digunakan sebanyak 0,5% dari berat semen

- BS: campuran tanah + bubuk semen + fly ash

- SC: campuran tanah + cairan semen + fly ash

4.3. Rangkuman Harga Campuran Soil Cement Setiap 1m³

Penelitian ini dilakukan untuk menemukan komposisi campuran yang efisien terhadap harga dan kekuatannya. Oleh karena itu, terhitung biaya material *Soil Cement Mix* dengan harga satuan yang telah ditentukan dan disajikan pada **Gambar 7**. Harga yang digunakan dalam perhitungan didapat berdasar rata-rata dari beberapa sumber yang didapat oleh penulis. Terlihat pada **Gambar 7** harga *soil cement* sangat terpengaruh oleh semen, sedangkan harga *fly ash* hanya 25% dari harga semen. Berdasarkan itu, penggunaan *fly ash* dengan kadar tertentu dalam campuran *soil cement* sangat disarankan untuk menghemat biaya pembuatannya.



Gambar 7. Harga Soil Cement Tiap Campuran per m³

4.4. Perbandingan Penggunaan Fly Ash terhadap Berat Volume Soil Cement

Fly ash memiliki berat volume yang ringan, sehingga secara teoritis berat volume dari campuran *soil cement* lebih kecil dibandingkan berat volume tanah asli. Maka dari itu, diteliti berat volume dari masing-masing sampel yang disajikan dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Berat Volume Masing-masing Sampel UC Test dalam t/m³

Umur (Hari)	BS 10	BS 15	BS 20	BS 25	SC 10	SC 15	SC 20	SC 25
7	1.533	1.483	1.502	1.468	1.431	1.478	1.489	1.457
	1.540	1.462	1.476	1.504	1.489	1.470	1.571	1.369
14	1.526	1.530	1.463	1.427	1.499	1.506	1.498	1.427
	1.494	1.490	1.469	1.378	1.920	1.446	1.441	1.461
21	1.520	1.454	1.515	1.410	1.501	1.499	1.428	1.342
	1.547	1.497	1.444	1.464	1.526	1.438	1.445	1.450
28	1.486	1.554	1.450	1.344	1.405	1.274	1.373	1.444
	1.496	1.436	1.401	1.340	1.427	1.419	1.450	1.500
	1.499	1.485	1.442	1.442	1.448	1.404	1.373	1.378
Rata-rata	1.516	1.488	1.462	1.420	1.516	1.437	1.452	1.425

5. KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yaitu :

1. Campuran BS 20 merupakan campuran yang paling efisien berdasar harga dan kekuatannya, dimana pada umur 28 hari BS 20 memiliki kekuatan rata-rata sebesar 22.8 kg/cm^2 yang melebihi kekuatan rata-rata BS 10 yaitu 20.81 kg/cm^2 .
2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran semen bubuk + *fly ash* (BS) dan campuran semen *slurry* + *fly ash* (SC) dari percobaan *Unconfined Compression Test* memiliki kekuatan yang hampir sama.
3. Dari hasil uji *California Bearing Ratio Test* campuran semen bubuk + *fly ash* (BS) memiliki hasil yang tinggi tetapi menurun pada saat *fly ash* ditambahkan, sedangkan pada campuran semen *slurry* + *fly ash* (SC) relatif stabil.
4. Penggunaan *fly ash* dalam campuran *soil cement* adalah solusi yang bagus untuk mereduksi biaya pembuatan *soil cement*.
5. Penambahan *fly ash* menyebabkan berat volume *soil cement* mengecil.

Untuk peneliti selanjutnya, penulis menyarankan untuk untuk mempersiapkan alat pengaduk yang memiliki daya yang lebih besar dan kecepatan rotasi yang lebih dari 1,100 rpm agar campuran menjadi lebih merata, dan membuat caping pada masing-masing sampel saat pengetesan agar permukaan sampel menjadi rata.

6. DAFTAR REFERENSI

- Adaska, W.S. (1990). "State of the Art Report on Soil Cement". *ACI Materials Journal* 87(4):395-417.
- Hindrawan, Y., Harlim, K.H., (2015). "*Pengaruh Kadar Semen Terhadap Soil Cement Column pada Tanah Margomulyo – Surabaya*". Skripsi No: 21012057/SIP/2015. Universitas Kristen Petra, Surabaya.
- Keller Group plc. (2016). "*Improvement of Weak Soils by the Deep Soil Mixing Method*".
- Pakbaz, M., Farzi, M. (2014). "Comparison of the Effect of Mixing Methods (Dry vs. Wet) on Mechanical and Hydraulic Properties of Treated Soil with Cement or Lime." *Applied Clay Science* 105-106, 156-169.
- Rashid, A.S.A., Black, J.A., Kueh, A.B.H., Noor, N.M. (2015). "Behaviour of Weak Soils Reinforced with Soil Cement Columns Formed by the Deep Mixing Method: Rigid and Flexible Footings." *Measurement* 68, 262-279.