

## Efektivitas Penggunaan Difa SS Pada Soil-Bottom Ash Dan Soil Cement Dalam Meminimalkan Kerusakan Sub-Grade Jalan

Sumiati<sup>1)</sup>, Mahmuda<sup>2)</sup>, Siswa Indra<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup> Politeknik Negeri Sriwijaya, Jln. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang  
Email: [sumiati@polsri.ac.id](mailto:sumiati@polsri.ac.id)<sup>\*1)</sup>, [mahmuda@polsri.ac.id](mailto:mahmuda@polsri.ac.id)<sup>2)</sup>, [siswaindra@gmail.com](mailto:siswaindra@gmail.com)<sup>3)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v12i1.690>

(Received: January 2022 / Revised: February 2022 / Accepted: March 2022)

### Abstrak

Salah satu penyebab kerusakan jalan adalah seringnya struktur perkerasan jalan terendam air saat musim hujan. Tanah lempung berplastisitas tinggi mempunyai sifat fisik dan teknik yang kurang baik jika digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*sub grade*), karena mempunyai sifat kembang susut yang tinggi dan nilai CBR yang rendah jika terendam air. Stabilisasi menggunakan *chemical additive* dan limbah pabrik merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik dan teknik tanah, di mana akan memberikan hasil yang memadai jika komposisi campuran yang digunakan sesuai dan tepat. Oleh sebab itu akan diteliti efektifitas penggunaan aditif Difa SS pada *Soil-Bottom ash* dan *Soil-Cement* dengan melakukan pengujian CBR laboratorium *unsoaked* dan *soaked*. Hasil penelitian didapatkan bahwa penambahan Difa SS tidak memberikan peningkatan nilai CBR *soaked* pada *Soil-bottom ash*. Nilai CBR *soaked Soil-Cement* menunjukkan peningkatan dan lebih besar dibandingkan nilai CBR *unsoaked* sehingga Difa SS lebih efektif digunakan sebagai *chemical additive* pada *Soil-Cement* dalam usaha meminimalkan kerusakan jalan.

Kata kunci: *tanah-bottom ash, tanah-semen, Difa soil stabilizer.*

### Abstract

One of the causes of road damage is that the pavement structure is often submerged in water during the rainy season. High plasticity clays soils have poor physical and technical properties when used as a subgrade layer, because they have high swelling and shrinkage properties and low CBR values when submerged in water. Stabilization using chemical additives and factory waste is one way to improve the physical and engineering properties of the soil, which will give adequate results if the composition of the mixture used is appropriate and appropriate. Therefore, the effectiveness of the use of Difa SS additive in Soil-Bottom ash and Soil-Cement will be investigated by conducting unsoaked and soaked laboratory CBR testing. The results showed that the addition of Difa SS did not increase the soaked CBR value in soil-bottom ash. Soil-Cement soaked CBR value shows an increase and is greater than the unsoaked CBR value so that Difa SS is more effectively used as a chemical additive in Soil-Cement in an effort to minimize road damage.

Keywords: *soil-bottom ash, soil-cement, Difa soil stabilizer*

## 1. Latar Belakang

Struktur lapis perkerasan jalan pada umumnya terdiri dari lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface*), di mana lapisan-lapisan tersebut terletak di atas tanah dasar (*sub-grade*) (Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018). Tanah dasar yang digunakan biasanya menggunakan tanah yang berada di lokasi di tempat yang akan dibangun jalan, namun tanah di lokasi tidak selalu memenuhi kriteria persyaratan daya dukung yang diinginkan, seperti: tanah lempung, tanah lempung ekspansif dan tanah gambut, di mana tanah tersebut mempunyai daya dukung yang rendah dan sifat fisik yang kurang baik jika digunakan sebagai lapisan tanah dasar (*sub-grade*) setelah konstruksi jalan dilalui kendaraan.

Tanah lempung (tanah lempung ekspansif), memiliki plastisitas yang tinggi, daya dukung yang rendah dan nilai kembang susut yang tinggi. Sifat fisik dan teknik tanah lempung sangat terpengaruh oleh air, hal ini terlihat jika dalam keadaan kering, lempung akan bersifat keras dan retak-retak (Gambar 1.a), sedangkan dalam keadaan basah akan bersifat lunak plastis dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang sangat besar, dan sering mengalami masalah dalam pembangunan konstruksi sipil terutama konstruksi jalan. Tanah lempung yang tidak memenuhi spesifikasi, sulit dalam pengerjaannya dan bermasalah ini masih dapat digunakan jika distabilisasi dengan salah satu cara yaitu menambahkan bahan tambah (*additives*) berupa bahan hasil olahan pabrik ataupun limbah pembuangan pabrik, seperti: kapur, semen, abu terbang (*fly ash*), *bottom ash* dan aspal, di mana jika ditambahkan dalam perbandingan yang tepat dapat memperbaiki sifat fisik dan teknis tanah, seperti: kekuatan/daya dukung, kemudahan pengerjaan (*workability*), sifat plastisitas dan kembang susut tanah.

Bahan tambah kimia (*Chemical Additive*) seperti: *chlorides*, *salt*, *calcium chloride*, *magnesium chloride*, *sodium chloride* dan *clay additives* juga dapat ditambahkan, bertujuan untuk memadatkan dan memaksimalkan ikatan antara tanah dan bahan tambah (*additives*), di mana pemilihan bahan ini tentunya harus mempertimbangkan jenis tanah, efektifitas dan nilai ekonomis.

*Bottom ash* merupakan produk sisa pembakaran batu bara yang mengendap di bawah, mempunyai kandungan mineral silikat dan aluminat dan bersifat non plastis. Penelitian (Gupta, Arora and Biswas, 2017), bahwa *bottom ash* mengandung mineral: SiO<sub>2</sub> (44,82 %), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (10,50%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (26,27%), CaO (5,83 %), MgO (1,15 %), Na<sub>2</sub>O (0,40 %), K<sub>2</sub>O (0,28 %), SO<sub>3</sub> (0,39%) dan Loss of ignition (9,44%), di mana mineral *bottom ash* ini mempunyai unsur yang sama dengan semen *Portland*, namun mempunyai komposisi yang berbeda.

Bahan tambah kimia (*Chemical Additive*) DIFA *Soil Stabilization* merupakan material yang berbentuk serbuk halus dengan komposisi mineral anorganik, sebagai bahan aditif berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) tanah secara fisik-kimia, sehingga dapat memaksimalkan ikatan tanah dan semen. DIFA SS dapat dicampur dengan bahan stabilisasi lain seperti: *flyash*, semen, abu sekam padi dan *cementitious* material lainnya, sehingga dapat meningkatkan daya dukung tanah dan menjadikan *soil-cement* tidak *brittle* karena bersifat semakin terendam air akan semakin baik, hasil stabilisasi *soil-cement* dan

DIFA *Soil Stabilization* di lapangan dapat dilihat pada (Gambar 1.b), di mana komposisi umum campuran yang digunakan adalah semen 8-15% dari berat kering tanah dan DIFA SS 2-2,5% dari berat semen.

Penelitian stabilisasi menggunakan *bottom ash* dan semen telah banyak dilakukan diantaranya: (Navagire, Sharma and Rambabu, 2021), menstabilisasi tanah lempung ekspansif/*black cotton soil* menggunakan *coal bottom ash* bervariasi 0%, 10%, 20% 30% dan 40%, didapatkan bahwa kekuatan tanah meningkat dan mengurangi sifat kembang susut/*shrinkage* dari tanah lempung ekspansif di mana nilai kuat tekan bebas dan *California bearing ratio* optimum didapatkan pada penambahan *coal bottom ash* sebesar 30%.



a. Tanah lempung



b. Soil-cement-difa SS

Gambar 1 Kondisi tanah lempung

Penelitian (Sharma and Sharma, 2019), melakukan stabilisasi tanah menggunakan *bottom ash* dan *fly ash* dengan variasi berbeda sebanyak 21 variasi didapatkan bahwa nilai *California bearing ratio* (CBR) tertinggi diantara campuran yang digunakan didapatkan sebesar 13,7% pada campuran yang menggunakan 12% *bottom ash*, 18% *fly ash* dan 70% tanah.

Penelitian (Ahmadi Chenarboni *et al.*, 2021), menggunakan *chemical additive* berupa *zeolite* bervariasi: 0%, 10%, 30%, 50%, 70% dan 90% sebagai pengganti semen yang bervariasi: 6%, 8%, 10% dan 12% pada stabilisasi *soil-cement*. Hasil pengujian nilai kuat tekan bebas (UCS) *soil-cement* optimum setelah pemeraman 28 hari, didapatkan pada campuran menggunakan semen 12% dengan mengganti kadar *zeolite* sebesar 30% terhadap berat semen.

Penelitian (Sumesh *et al.*, 2020), menggunakan semen yang bervariasi: 1%, 2% dan 3% dan *coal ash* bervariasi: 20%, 35% dan 50% untuk menstabilisasi tanah *red soil*(MH), didapatkan bahwa nilai CBR optimum pada campuran menggunakan 20% *coal ash* sebesar 11,69%. Nilai CBR penggantian semen akan bertambah seiring dengan persentase semen yang dicampurkan untuk semen 1% sebesar 15,08% ; semen 2% sebesar 22,81% dan semen 3% sebesar 28,60%.

Penelitian stabilisasi tanah menggunakan *bottom ash* dan semen telah banyak dilakukan, pada dasarnya dapat meningkatkan nilai daya dukung tanah(CBR), namun pada penelitian ini akan membandingkan penggunaan *bottom ash* dan semen pada tanah lempung, dengan menambahkan *Chemical Additive* berupa DIFA *Soil Stabilization* (DIFA SS) karena karbon dalam *bottom ash* mempunyai sifat yang cenderung tidak reaktif dan tidak bersifat *cementitious* seperti semen, sehingga dengan menambahkan *Chemical Additive* diharapkan akan memperbaiki sifat fisik dan daya dukung campuran tanah.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menganalisa efektifitas penggunaan Difa SS pada *soil-bottom ash* dan *soil-cement*, sehingga akan didapatkan kesimpulan apakah mineral anorganik pada Difa SS yang berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) dapat meminimalkan kerusakan jalan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Pengujian Tanah Politeknik Negeri Sriwijaya, menggunakan bahan aditif *bottom ash* berasal dari pembakaran abu batu bara PLTU Bukit Asam, semen dengan merk Baturaja dan tanah yang akan distabilisasi berasal dari quarry. Tanah dan *bottom ash*, sebelum distabilisasi akan dilakukan pengujian sifat fisik terlebih dahulu untuk menentukan klasifikasi tanah/jenis tanah dan sifat fisik *bottom ash*, meliputi pengujian: analisa saringan tanah dan analisa *hydrometer*, (Badan Standardisasi Nasional, 2008), *specific gravity*, (Badan Standardisasi Nasional, 2008), batas-batas konsistensi tanah, meliputi batas cair (Badan Standardisasi Nasional, 2008) dan batas plastis (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Berdasarkan *Indiana Departement of Transportation* (Management, 2020) kadar bahan tambah yang digunakan untuk stabilisasi diantaranya: kapur 3-9%, semen 3-10% dan abu terbang 10-25% maka pada penelitian ini akan menggunakan *bottom ash* 5-25%, semen 5-15% di mana komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan bahan chemical Difa SS yang akan dicampurkan pada air sebesar 2,5% terhadap berat air.

Campuran *soil-cement* dan campuran *soil-bottom ash* yang telah ditentukan komposisinya, dicampur dan dibungkus dalam kantong plastik untuk menghindari perubahan kadar air, lalu dilakukan pemadatan berdasarkan pemadatan standar (Badan Standardisasi Nasional, 2008), sebelum terjadinya waktu ikat awal. Hasil pengujian pemadatan akan didapatkan kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum (rumus 1), di mana dapat dijadikan acuan dalam membuat benda uji CBR berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2012), masing-masing komposisi campuran dibuat sebanyak 2 benda uji. Berdasarkan hasil penelitian (Yoobanpot and Jamsawang, 2016), menggunakan *bottom ash* sebagai aditif pada stabilisasi tanah, didapatkan bahwa waktu pemeraman hasil pengujian kuat tekan bebas/Unconfined Compressive strength (UCS) akan meningkat secara signifikan terjadi pada umur 3 dan 7 hari, sedangkan pada umur 28 dan 90 hari terjadi peningkatan yang cenderung konstan dan penelitian (Kristiadi and Marzuko, 2016), yang menstabilisasi *soil-cement* pada tanah berbutir halus menggunakan Difa SS, di mana didapatkan nilai CBR akan naik seiring dengan lamanya waktu pemeraman 0, 1, 3 dan 7 hari. Oleh sebab itu pada penelitian ini benda uji CBR *unsoaked* akan dilakukan pengujian setelah dilakukan pemeraman dengan dibungkus plastik untuk menjaga kehilangan kadar air selama 7 hari, sedangkan untuk benda uji *soaked* dilakukan pemeraman selama 3 hari dan direndam selama 4 hari dalam air.

Klasifikasi *tanah-bottom ash* dan *soil-cement* dapat dilakukan dengan melakukan pengujian batas-batas konsistensi sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan.

Data hasil pengujian akan dianalisa menggunakan rumus-rumus sebagai berikut dan disajikan dalam bentuk kurva dan tabel sehingga akan didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian ini.

a. Pematatan

$$\rho = \frac{\text{berat tanah}}{\text{volume}}; \rho_{dry} = \frac{\rho}{1+w}; \left(\frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}\right); \rho_{zavd} = \frac{G_s \rho_w}{1+wG_s} \tag{1}$$

di mana:

- $\gamma$  = berat isi basah,
- $\gamma_{dry}$  = berat isi kering,
- w = kadar air (dalam decimal),
- $G_s$  = *specific gravity*,
- $\gamma_{zavd}$  =  $\gamma$  zero void air degree

b. California Bearing Ratio (CBR)

Nilai CBR yang biasanya digunakan untuk menghitung daya dukung tanah adalah nilai pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{nilai CBR 1"} = \frac{\text{beban pada saat penetrasi 2,54mm (kN)}}{13,24 \text{ (kN)}} \times 100\% \tag{2}$$

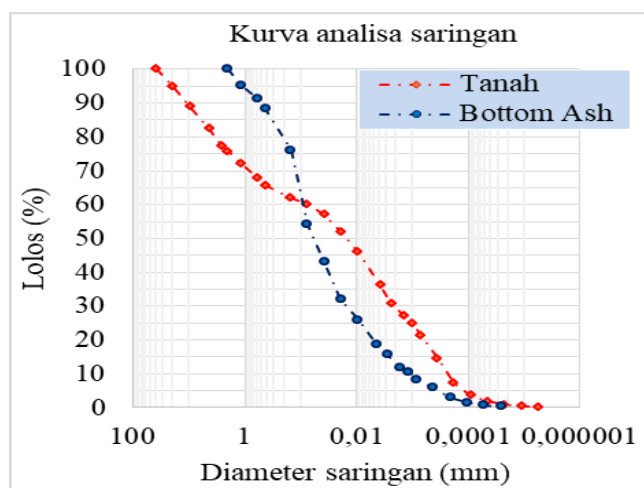
$$\text{nilai CBR 2"} = \frac{\text{beban pada saat penetrasi 2,54mm (kN)}}{19,96 \text{ (kN)}} \times 100\% \tag{3}$$

**3. Hasil dan Pembahasan.**

Data hasil pengujian sifat fisik dan teknik dari tanah yang diambil dari *quarry* dapat dilihat pada Tabel 1, jika diklasifikasikan berdasarkan (ASTM D-2487 *classification of soils for engineering purposes unified soil classification system*) merupakan tanah lempung berplastisitas tinggi(CH). Hasil pengujian analisa saringan tanah dan *bottom ash* ditampilkan pada Gambar 2, di mana *bottom ash* mempunyai ukuran butiran < 0,002 mm yang bergradasi lebih kasar dibandingkan tanah lempung yang akan distabilisasi.

Tabel 1 Sifat fisik dan teknik tanah lempung

Sampel	Spe cific gra vity	Lolos Saringan(%) (mm)			Batas-batas konsistensi (%)		Klasi fikasi tanah	Klasi Pematatan		CBR	
		2,0	0,425	0,075	LL	PL		USCS	$\gamma_{d_{max}}$	$W_{opt}$	Un soaked
Tanah	2,61	76,9	72,6	66,1	69,0	10,9	CH	1,493	26,7 0	10,06	1,76
Bottom Ash	2,55	100			Non plastis		-	-	-	-	-

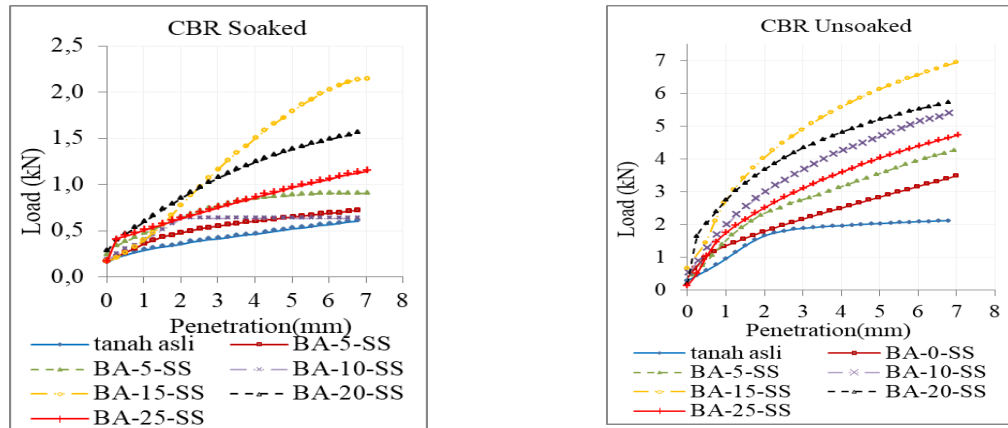
Gambar 2 Kurva analisa saringan tanah dan *bottom ash*

Hasil pengujian (Tabel 2) penggunaan Difa SS pada *soil-Bottom ash* dapat menjadikan tanah lempung (CH) menjadi partikel berbutir sehingga menurunkan kadar air untuk mencapai batas cair tanah sedangkan kadar air untuk mencapai batas plastis campuran *soil-bottom ash* akan bertambah sehingga Indeks plastisitas akan menurun, hal ini mendukung hasil penelitian (Dissanayake, Senanayake and Nasvi, 2017), di mana pada penggantian tanah lempung dengan bottom ash sebesar 15%, jika diklasifikasikan maka tanah lempung berplastisitas tinggi (CH) akan menjadi tanah lempung berplastisitas rendah (CL). *Chemical additive* Difa SS yang ditambahkan pada *soil-cement* menyebabkan penambahan kadar air untuk mencapai batas cair dan batas plastis sehingga pada penggantian semen sebesar 7,5% jika diklasifikasikan *soil-cement* akan menjadi tanah lanau berplastisitas tinggi (MH) (Tabel 2).

Tabel 2 Komposisi campuran, hasil pengujian sifat fisik dan teknik stabilisasi tanah.

No.	tanah (%)	semen (%)	Bottom Ash (%)	Klasi fikasi tanah USCS	$W_{opt}$ (%)	$\gamma_{dry}$ mak gr/cm <sup>3</sup>	CBR(%)			
							Unsoaked		Soaked	
							1"	2"	1"	2"
Tanah	100	0	0	CH	26,70	1,493	1,39	8,73	1,76	1,83
Tanah-SS	100	0	0	CH	24,76	1,552	2,54	12,62	2,64	2,36
C-5-SS	95	5	0	CH	24,33	1,564	13,26	16,72	10,62	10,97
C-7,5-SS	92,5	7,5	0	CH	23,53	1,581	20,85	23,03	16,39	16,91
C-10-SS	90	10	0	MH	23,30	1,589	20,63	28,42	25,53	23,84
C-12,5-SS	87,5	12,5	0	MH	23,67	1,595	29,49	35,90	34,56	31,03
C-15-SS	85	15	0	MH	23,45	1,600	33,65	35,87	34,44	36,31
BA-5-SS	95	0	5	CH	26,40	1,518	17,99	18,56	3,58	3,23
BA-10-SS	90	0	10	CH	25,45	1,521	21,23	21,32	4,40	5,76
BA-15-SS	85	0	15	CL	25,30	1,534	33,56	30,55	6,05	8,47
BA-20-SS	80	0	20	CL	25,12	1,506	28,72	25,01	5,12	5,50
BA-25-SS	75	0	25	CL	24,15	1,489	20,13	19,44	3,96	4,03

Hasil pengujian *California Bearing Ratio soil-bottom ash* dapat dilihat pada Gambar 3.a merupakan grafik hubungan antara beban dan penetrasi benda uji CBR soaked, sedangkan untuk CBR *unsoaked* Gambar 3.b.

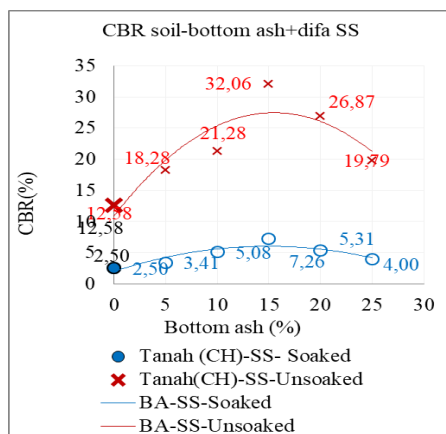


a. Grafik CBR soaked

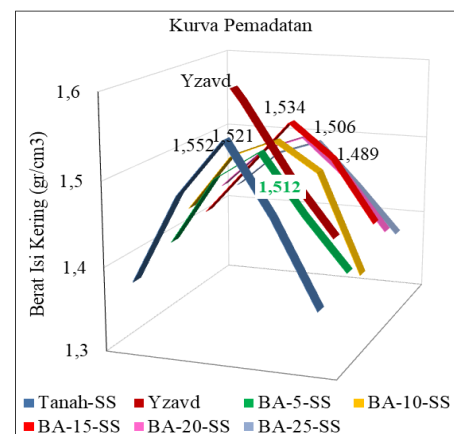
b. Grafik CBR unsoaked

Gambar 3 Grafik nilai CBR soil-bottom ash

Hasil Pembacaan beban pada penetrasi 0,1” (2,5 mm) dan 0,2” (5mm), dengan menggunakan rumus (2) dan (3) akan didapatkan nilai CBR seperti tertera pada Tabel 2 sehingga nilai CBR rata-rata dapat dilihat pada Gambar 4.a untuk CBR soaked dan CBR unsoaked sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai CBR soil-bottom ash akan naik seiring dengan bertambahnya bottom ash, namun setelah tercapai batas optimum yaitu sebesar 15% maka nilai CBR akan turun. Nilai CBR rata-rata optimum unsoaked sebesar 27,5%, sedangkan nilai CBR rata-rata soaked sebesar 7,26%.



a. Nilai CBR soaked dan unsoaked



b. Grafik pemadatan

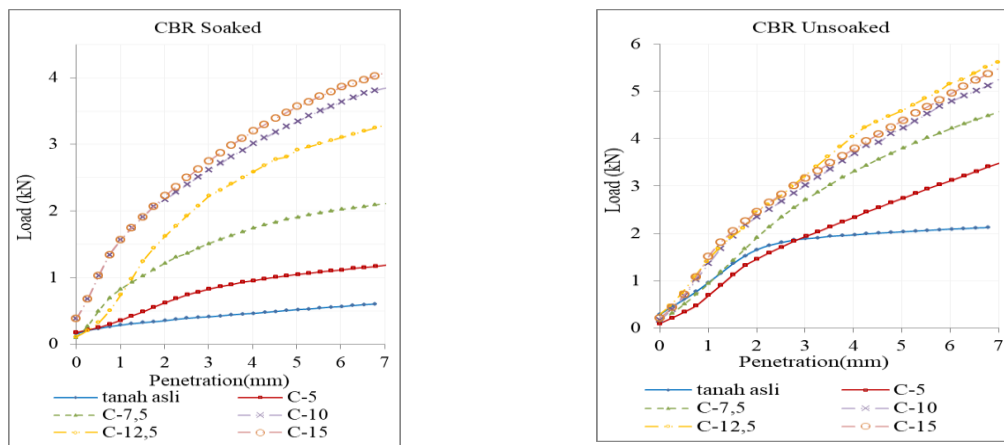
Gambar 4 Nilai CBR soil-bottom ash dan Kurva pemadatan

Difa SS yang ditambahkan sebesar 2,5% terhadap berat air akan mengurangi penggunaan air dan memperbaiki *workability* campuran, hal ini terlihat saat pencampuran dan pemadatan dilakukan tanah lebih tercampur serta kepadatan

bertambah. Nilai CBR *soaked soil-bottom ash* tidak memberikan peningkatan setelah dilakukan perendaman, hal ini disebabkan *bottom ash* tidak mempunyai sifat *cementitious* seperti semen, jadi penggantian sebagian *bottom ash* hanya mengubah sifat fisik dan ukuran partikel. Difa SS yang ditambahkan pada campuran *soil-bottom ash* tidak efektif, hal ini terlihat pada nilai CBR *soaked* yang tidak mengalami peningkatan.

Hasil pengujian pemadatan tanah dihitung menggunakan rumus (1) maka dapat di gambarkan kurva hubungan kadar air *versus* kepadatan tanah (Gambar 4.b). Nilai CBR dan kepadatan tanah *soil-bottom* mempunyai hubungan di mana jika kepadatan tanah *soil-bottom* bertambah maka nilai CBR juga akan bertambah, namun akan berkurang jika kepadatannya berkurang.

Gambar 5.a merupakan hasil pengujian *California Bearing Ratio soil-cement* benda uji CBR *soaked*, sedangkan untuk CBR *unsoaked* Gambar 5.b, di mana semen yang menggantikan sebagian tanah digunakan sebanyak 5-15%. Data pengujian CBR *soil-cement* pada penetrasi 0,1” dan 0,2” dapat dilihat pada Tabel 2, dimana terjadi peningkatan nilai CBR seiring dengan bertambahnya semen namun jika terlalu banyak semen yang ditambahkan tentunya akan menjadikan *soil-cement* bersifat getas, *brittle* dan tidak ekonomis. Penambahan Difa SS pada *soil-cement* dapat meningkatkan nilai CBR *soaked* hingga menjadi lebih besar dibandingkan dengan nilai CBR *unsoaked*, hal ini disebabkan semen mempunyai sifat *cementitious* dan *chemical* pada Difa SS ketika beraksi dengan semen dan terendam air akan menjadikan *soil-cement* tidak *brittle* karena bersifat semakin terendam air akan semakin baik sehingga daya dukung *soil-cement* akan meningkat dan *sub-grade* akan tahan lama serta dapat meminimalkan kerusakan jalan.



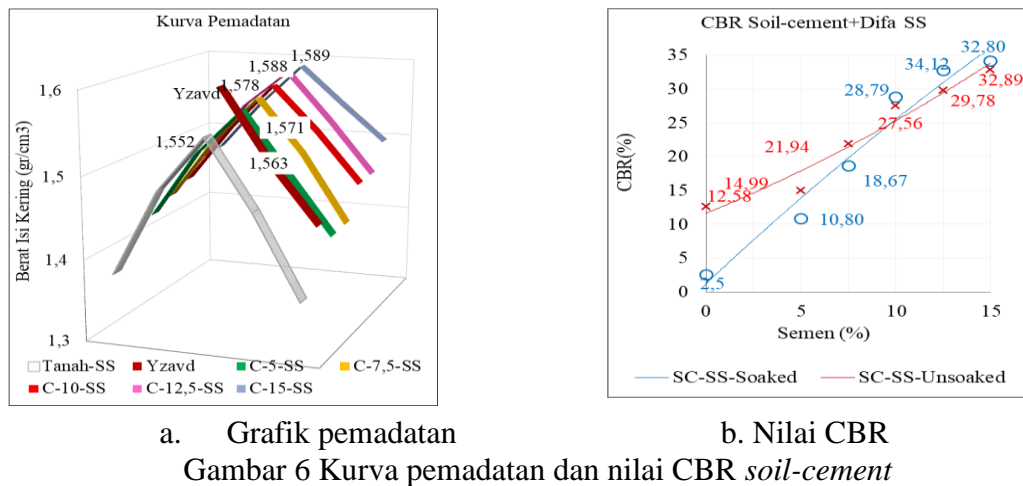
a. Grafik CBR *soaked*

b. Grafik CBR *unsoaked*

Gambar 5 Grafik nilai CBR *soil-cement*

Gambar 6.a merupakan grafik hubungan antara kadar semen dan nilai CBR, sedangkan Gambar 6.b merupakan grafik hubungan antara kadar semen dan kepadatan tanah terlihat bahwa nilai CBR dan kepadatan tanah akan naik seiring dengan penambahan semen, berbeda dengan *soil-bottom ash* saat penambahan *bottom ash* mencapai optimum maka kepadatan dan nilai CBR *soil-bottom ash* akan turun.





a. Grafik pemadatan  
b. Nilai CBR  
Gambar 6 Kurva pemadatan dan nilai CBR *soil-cement*

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa data mengenai efektifitas penggunaan *chemical additive* (Difa SS) dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai CBR *soaked soil-bottom ash* tidak terjadi peningkatan namun nilai CBR *soaked soil-cement* meningkat seiring penambahan semen, jadi *chemical-additive* (Difa SS) akan efektif jika digunakan pada *soil-cement*.
2. Mineral anorganik pada Difa SS selain berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (*stabilizer*) juga dapat memperbaiki sifat fisik dan *workability* stabilisasi tanah sehingga menjadikan *soil-cement* tidak *brittle* karena bersifat semakin terendam air akan semakin baik.

### 4.2 Saran

Bahan tambah aditif dan *chemical additive* sebelum dilakukan pencampuran di lapangan, agar didapatkan hasil yang optimal sebaiknya dilakukan pengujian terlebih dahulu di laboratorium karena tidak semua bahan tambah dapat meningkatkan sifat teknik dari tanah campuran. *Bottom ash* jika akan digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah sebaiknya dikombinasikan dengan semen yang bersifat *cementitious*.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Sriwijaya yang telah memberikan bantuan dana PNBPN dalam riset Kerdosma, mahasiswa dan teknisi yang telah membantu pelaksanaan hingga selesainya penelitian ini serta para Editor Teras jurnal yang telah bersedia menerbitkan artikel ini.

### Daftar Kepustakaan

- Ahmadi Chenarboni, H. *et al.* (2021) 'The effect of zeolite and cement stabilization on the mechanical behavior of expansive soils', *Construction and Building Materials*, 272, p. 121630. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121630.

- Astm d-2487 classification of soils for engineering purposes unified soil classification system
- Badan Standardisasi Nasional (2008a) 'Cara uji analisis ukuran butir tanah SNI 3423:2008', pp. 1–27.
- Badan Standardisasi Nasional (2008b) 'Cara uji penentuan batas cair tanah', *SNI 1967:2008*, pp. 1-25.
- Badan Standardisasi Nasional (2008c) 'SNI 03-1966:2008 Batas Plastis dan Indeks Plastis'.
- Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (2018) 'Spesifikasi Umum 2018 Divisi 5 Perkerasan Berbutir Dan Perkerasan Beton Semen', pp. 1–72.
- Dissanayake, T. B. C. H., Senanayake, S. M. C. U. and Nasvi, M. C. M. (2017) 'Comparison of the Stabilization Behavior of Fly Ash and Bottom Ash Treated Expansive Soil'.
- Gupta, A., Arora, V. K. and Biswas, S. (2017) 'Contaminated dredged soil stabilization using cement and bottom ash for use as highway subgrade fill', *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1). doi: 10.1186/s40703-017-0057-8.
- Kristiadi, A. and Marzuko, A. (2016) 'Pengaruh Penambahan Bahan Additif Berupa Campuran Semen dengan Difa ® SS pada Tanah Butir Halus Terhadap Nilai CBR (California Bearing Ratio) Jurnal Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia.
- Management, A. (2020) 'Design Procedures for Soil Modification or Stabilization'.
- Navagire, O. P., Sharma, S. K. and Rambabu, D. (2021) 'Stabilization of black cotton soil with coal bottom ash', *Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.10.447>.
- Sharma, A. and Sharma, R. K. (2019) 'Effect of addition of construction demolition waste on strength characteristics of high plastic clays', *Innov Infrastructure Solution*, 4. doi: 10.1007/s41062-019-0216-1.
- SNI 1744 (2012) 'Metode uji CBR laboratorium', *Sni 1744:2012*, pp. 1-28.
- SNI 1964:2008 (2008) 'Cara uji berat jenis tanah', *Badan Standardisasi Nasional*, pp. 1-14.
- SNI 1742 (2008) 'Cara uji kepadatan ringan untuk tanah', *Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional*, pp. 1–20.
- Sumesh, M. *et al.* (2020) 'Effect of coal ash on strength characteristics of clayey silt soil treated with cement', *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.247.
- Yoobanpot, N. and Jamsawang, P. (2016) 'Impact of Fineness on Strength Behavior of Bottom Ash Stabilized Soil', *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 21(15), pp. 5129–5141.