

## Zero Air Void pada Berbagai Campuran Bahan Stabilisasi Bata *Compressed Stabilized Earth Block* (CSEB)

Andrian Kaifan<sup>1</sup>, Munardy<sup>2</sup>, Irham<sup>3</sup>, Fauzi A. Gani<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Banda Aceh - Medan Km. 280, Buketrata 24301, INDONESIA

<sup>1</sup>andriankaifan@pnl.ac.id

**Abstrak** — Uji pemadatan tanah di laboratorium dimaksudkan untuk menentukan kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum. Kadar air dan kepadatan maksimum ini dapat digunakan untuk menentukan syarat yang harus dicapai pada pekerjaan pemadatan tanah di lapangan, termasuk juga pada penyiapan benda uji Bata CSEB. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kurva Zero Air Void (ZAV) yang mendeskripsikan secara teoritis kondisi pori tanah yang terisi penuh oleh air tanpa tersisa udara pada berbagai campuran tanah lempung. Kurva ZAV ini tidak akan berpotongan dengan kurva hubungan kadar air optimum dengan berat isi kering maksimumnya. Benda uji yang dipersiapkan adalah pada kondisi tanah lempung normal (original tanah lempung), tanah lempung + 8% Portland Cement (PC), tanah lempung + 4% PC + 4% rice husk ash (RHA), dan tanah lempung + 4% PC + 4% kapur. Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini adalah cetakan, alat penumbuk, alat pengeluar benda uji, timbangan, oven pengering, pisau perata, saringan, alat pencampur, dan cawan. Uji pemadatan dilakukan dengan berpedoman pada SNI 1742:2008. Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan kurva ZAV relatif masih tetap berada pada posisi tetap di kondisi ZAV original tanah lempung walaupun sudah ditambah dengan berbagai bahan tambahan pada tanah lempung.

**Kata kunci**— zero air void, kadar air optimum, berat isi kering maksimum, pemadatan tanah.

**Abstract** — Soil compaction tests in the laboratory are intended to determine the optimum water content and maximum dry density. This maximum water content and density can be used to determine the requirements that must be achieved in soil compaction work in the field, including in the preparation of CSEB Brick test specimens. This research was conducted to obtain a Zero Air Void (ZAV) curve which theoretically describes the condition of soil pores that are completely filled with water without remaining air in various clay soil mixtures.. This ZAV curve will not intersect with the curve of the relationship between optimum water content and maximum dry unit weight. The test specimens prepared are in normal clay soil conditions (original clay soil), clay soil + 8% Portland Cement (PC), clay soil + 4% PC + 4% rice husk ash (RHA), and clay soil + 4% PC + 4% lime. The equipment used for this research is a mould, pounding tool, test object removal tool, scales, drying oven, levelling knife, sieve, mixing tool, and cup. The compaction test was carried out guided by SNI 1742:2008. The results of this research show that the trend of the ZAV curve remains relatively at a fixed position in the original ZAV condition of clay soil even though various additional materials have been added to the clay soil.

**Keywords**— zero air void, optimum water content, maximum dry density, soil.

### I. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan timbunan tanah untuk jalan raya, dam, dan banyak struktur teknik lainnya, tanah yang lepas (*loose*) harus dipadatkan agar berat volumenya meningkat. Pemadatan tanah tersebut berguna untuk meningkatkan kekuatan tanah yang akan meningkatkan daya dukung pondasi di atasnya. Pemadatan tanah ini juga akan mengurangi besarnya penurunan tanah yang tidak diinginkan dan meningkatkan kemampuan lereng timbunan. Hal yang sama juga berlaku pada pembuatan bata kompres (*Compressed Stabilized Earth Block*, CSEB), yang umumnya menggunakan semen sebagai bahan stabilisasinya. Tanah lempung sebagai bahan utama bata CSEB harus dipadatkan agar kekuatan tanah meningkat. Stabilisasi tanah bata CSEB dengan semen juga akan lebih meningkatkan kekuatan tanah tersebut sesuai standar kekuatan tekan bata yang jadi acuan.

Dalam industri pembuatan bata, telah dilakukan penelitian-penelitian tentang cara menggunakan kembali produk limbah yang berbeda sebagai stabilizer untuk menghasilkan bata dengan kualitas yang lebih baik [1], [2], [3]. Namun, meskipun *rice husk ash* (RHA) umumnya digunakan dalam stabilisasi tanah lempung, namun jarang diterapkan pada bata. [4] meneliti adanya peningkatan kuat tekan bata CSEB yang efektif dengan stabilizer semen dan kapur dari pada hanya menggunakan semen saja sebagai stabilizer. Untuk bata dengan stabilizer semen saja, biasanya digunakan proporsi semen sebesar 8% sampai 10% [5]. Selain itu, bata CSEB yang menggunakan material tanah lempung harus dipadatkan pada kadar air optimum untuk mendapatkan berat isi maksimum sehingga tercapai kekuatan bata maksimal.

Zero air void (ZAV) dalam konteks tanah lempung adalah kondisi di mana tidak ada ruang udara yang tertinggal di antara partikel-partikel tanah lempung. Hal ini menjadi krusial dalam studi geoteknik karena kepadatan dan kestabilan tanah lempung secara langsung terkait dengan jumlah air void yang ada di dalamnya. Pemahaman yang mendalam mengenai konsep ini memainkan peran penting dalam rekayasa geoteknik, terutama dalam perencanaan konstruksi pondasi dan proyek rekayasa sipil lainnya. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan kurva Zero Air Void (ZAV) yang dapat mendeskripsikan secara teoritis kondisi pori tanah yang terisi penuh oleh air tanpa tersisa udara pada berbagai campuran tanah lempung sebagai bahan utama bata CSEB.

Untuk menggambarkan kondisi Zero Air Void, diperkenalkan istilah derajat kejenuhan. Derajat kejenuhan  $S_r$  adalah perbandingan antara volume air dengan volume rongga. Zero air void (ZAV) adalah suatu keadaan di mana pori-pori tanah tidak mengandung udara sama sekali atau  $S_r = 100\%$ . Hubungan antara  $S_r$  dan ZAV dapat ditulis [6]:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} \tag{1}$$

Volume air dalam tanah:

$$V_w = \frac{w \times \gamma_d}{\gamma_w} \tag{2}$$

dengan kadar air  $w$  dalam angka desimal.

Volume rongga pori:

$$V_v = 1 - V_s = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_w G_s} \tag{3}$$

dalam hal ini  $G_s = \text{specific gravity}$ .

Substitusikan persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1), maka:

$$S_r = \frac{w \times \gamma_d}{\gamma_w \left(1 - \frac{\gamma_d}{G_s \times \gamma_w}\right)} \tag{4}$$

$$S_r \times \gamma_w - \frac{S_r \times \gamma_d}{G_s} - w \times \gamma_d = 0 \tag{5}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + \frac{G_s \times w}{S_r}} \tag{6}$$

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 + G_s \times w} \tag{7}$$

Garis teoritis ZAV menunjukkan kerapatan kering pada saat kejenuhan (*saturation*) 100% ( $S_r = 100\%$ ) dan langsung dapat dihitung dengan Persamaan 7.

### II. METODOLOGI PENELITIAN

Tanah lempung pada penelitian ini diambil dari Kecamatan Nisam. Sementara bahan tambahan yaitu abu sekam padi (Rice Husk Ash, RHA) diperoleh dari pabrik padi di Desa Alue Awe. Untuk semen yang dibeli adalah Portland Cement (PC) Type 1. Bahan tambahan kapur diperoleh dari pembelian kapur bangunan di Kota Banda Aceh.

Sebanyak 2,5 kg tanah lempung untuk uji pemadatan yang sudah disaring lolos pada saringan lolos saringan Mesh 4 dicampur air pada 5 bagian dengan kadar air 10%, 13%, 16%, 19%, dan 22%. Selanjutnya, pada benda uji dengan perlakuan penambahan 8% PC, 4% PC + 4% RHA, dan 4% PC + 4% Kapur dicampur air pada kadar air yang sama.

Pengujian pemadatan dikerjakan dengan Standard Proctor merujuk kepada pedoman [7] Untuk pengujian *Specific Gravity* berpedoman kepada [8].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian *specific gravity* diperoleh nilai  $G_s = 2,66$ . Secara lengkap hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah

Pengujian	Standar	Hasil
Lolos ayakan Mesh 200	SNI 03-1968-1990	97,33%
Liquid Limit (LL)	SNI 03-1966-1990	39,75%
Plastic Limit (PL)	SNI 03-1966-1990	23,97%
Plasticity Index (PI)	SNI 03-1966-1990	15,78%

Dari hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah seperti pada Tabel 1, maka klasifikasi tanah yang digunakan pada penelitian ini termasuk pada klasifikasi tanah AASHTO berupa tanah lanau-lempung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan Mesh 200). Dari pengujian  $LL = 39,75\% \leq 40\%$  dan diperoleh nilai  $PI = 15,78\% \geq 11$ , maka tanah contoh masuk ke dalam klasifikasi tanah A-6 atau tanah berlempung.

Nilai berat isi tanah ZAV yang didapat dari penelitian ini untuk berbagai campuran tanah dan kadar air diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan berat isi tanah ZAV

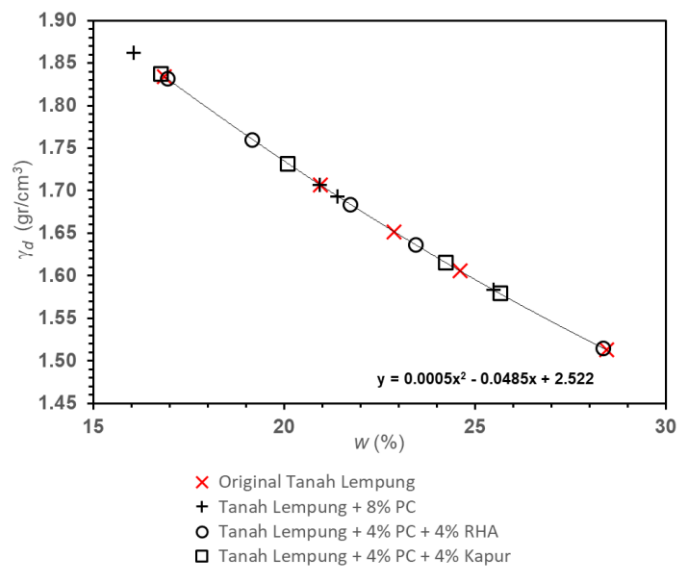
	Tanah lempung				
Kadar air (w, %)	16.86	20.94	22.88	24.61	28.45

$\gamma_{ZAV}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.71	1.65	1.61	1.51
Tanah lempung + 8% PC					
Kadar air (w, %)	13.15	16.05	20.93	21.40	25.49
$\gamma_{ZAV}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.97	1.86	1.71	1.69	1.58
Tanah lempung + 4% PC + 4% RHA					
Kadar air (w, %)	16.94	19.17	21.73	23.45	28.36
$\gamma_{ZAV}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.83	1.76	1.68	1.64	1.51
Tanah lempung + 4% PC + 4% Kapur					
Kadar air (w, %)	14.95	16.78	20.08	24.23	25.67
$\gamma_{ZAV}$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.84	1.73	1.62	1.58

Pada nilai  $w = 16,86\%$  dari Tabel 2, dengan  $G_s = 2,66$ ,  $\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$ , diperoleh nilai  $\gamma_{ZAV}$  yang dihitung berdasarkan Persamaan 7, sebesar:

$$\gamma_{ZAV} = \frac{2,66 \times 1}{1 + 2,66 \times 0,1686} = 1,83$$

Nilai-nilai berat isi tanah ZAV pada Tabel 2, selanjutnya diplot pada grafik *scatter plot* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik berat isi ZAV berbagai campuran tanah lempung

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa untuk berbagai kondisi tanah lempung yang dicampur bahan tambahan maupun tidak, kondisi ZAV-nya masih cenderung mengikuti tipikal kurva berat isi ZAV pada kondisi original tanah lempung. Hal ini berarti secara teoritis kondisi seluruh pori tanah jenuh air pada berbagai tambahan bahan terhadap tanah lempung relatif tidak menunjukkan perubahan dibandingkan dengan kondisi ZAV original tanah lempung.

Kondisi ZAV selalu dalam keadaan teoritis karena kondisi ini tidak akan dapat tercapai pada kenyataannya. Kurva ZAV biasanya dibentuk salah satunya sebagai kontrol terhadap *plotting* kurva kadar air versus berat isi kering tanah. Kedua kurva tidak akan berpotongan.

## IV. KESIMPULAN

Pada berbagai kondisi tanah lempung baik yang original tanah lempung maupun dengan perlakuan penambahan 8% PC, 4% PC + 4% RHA, dan 4% PC + 4%, pada kadar air 10%, 13%, 16%, 19%, dan 22% kondisi ZAV-nya relatif tidak menunjukkan perubahan dibandingkan dengan kondisi ZAV original tanah lempung.

## REFERENSI

- [1] T. E. Elahi, A. R. Shahriar, and M. S. Islam, "Engineering characteristics of compressed earth blocks stabilized with cement and fly ash," *Constr Build Mater*, vol. 277, p. 122367, Mar. 2021, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2021.122367.
- [2] K. C. P. Faria, R. F. Gurgel, and J. N. F. Holanda, "Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks," *J Environ Manage*, vol. 101, pp. 7–12, Jun. 2012, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2012.01.032.
- [3] M. S. Islam, T. E. Elahi, A. R. Shahriar, and N. Mumtaz, "Effectiveness of fly ash and cement for compressed stabilized earth block construction," *Constr Build Mater*, vol. 255, p. 119392, Sep. 2020, doi: 10.1016/J.CONBUILDMAT.2020.119392.
- [4] H. B. Nagaraj, M. V. Sravan, T. G. Arun, and K. S. Jagadish, "Role of lime with cement in long-term strength of Compressed Stabilized Earth Blocks," *International Journal of Sustainable Built Environment*, vol. 3, no. 1, pp. 54–61, 2014, doi: 10.1016/j.ijse.2014.03.001.
- [5] S. N. Malkanthi, N. Balthazaar, and A. A. D. A. J. Perera, "Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt," *Case Studies in Construction Materials*, vol. 12, p. e00326, 2020, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00326.
- [6] B. M. Das, *Mekanika tanah: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis. Edisi I*. Jakarta, 1994.
- [7] SNI 1742:2008, *Cara uji kepadatan ringan untuk tanah*. Bandung: Badan Standarisasi Nasional, 2008.
- [8] SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan penyerapan air agregat halus*. Jakarta, 1990.