

PENGARUH PENAMBAHAN ABU SISA PEMBAKARAN BATU BATA TERHADAP NILAI SWELLING POTENTIAL (AHSPBB) DAN CBR PADA TANAH EKSPANSIF**Khamdam^{1*}, Hamdani Abdulgani¹, Sudirja¹**¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213
Email: khamdam121@gmail.com**Abstract**

Soil conditions in the field sometimes do not always match the requirements set. Therefore, an effort is needed to strengthen the subgrade by means of soil stabilization. Soil stabilization aims to increase the bearing capacity of the soil. In this study, ash from the burning of bricks was used. This study aims to analyze the effect of adding ash from the combustion of bricks on the swelling potential of expansive soil. The results showed that the swelling potential value decreased with the addition of variations in ash resulting from burning bricks, but was unable to change the classification of the degree of development. The swelling potential value of the original soil is 49.49%. In the soil variation + 3% AHSPBB the swelling potential value becomes 44.73%. In the soil variation + 6% AHSPBB the swelling potential value of the soil is 37.69%. In the soil variation + 9% AHSPBB the swelling potential value is 35.68%. In the soil variation + 12% AHSPBB the swelling potential value is 33.01%. The results showed that the average CBR value increased with the addition of variations in ash from the burning of bricks. In the original soil, the average CBR value is 4.15%. In soil variation + 3% AHSPBB the average CBR value is 4.84%. In soil variation + 6% AHSPBB the average CBR value is 4.91%. In soil variation + 9% AHSPBB the average CBR value is 5.06%. In the soil variation + 12% AHSPBB, the average CBR value is 5.25%.

Keywords: brick burning ash, swelling potential, CBR, expansive soil

Abstrak

Kondisi tanah di lapangan terkadang tidak selalu sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu usaha untuk memperkuat tanah dasar yaitu dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah. Dalam penelitian ini digunakan abu hasil sisa pembakaran batu bata. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata terhadap *swelling potential* tanah ekspansif. Hasil penelitian menunjukkan nilai *swelling potential* semakin menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata, akan tetapi tidak mampu merubah klasifikasi derajat pengembangan. Nilai *swelling potential* tanah asli sebesar 49,49%. Pada variasi tanah + 3% AHSPBB nilai *swelling potential* menjadi 44,73%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai *swelling potential* tanah sebesar 37,69%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai *swelling potential* sebesar 35,68%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB nilai *swelling potential* sebesar 33,01%. Hasil penelitian menunjukkan nilai CBR rata-rata meningkat seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada tanah asli nilai CBR rata-rata sebesar 4,15%. Pada variasi tanah + 3% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 4,84%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 4,91%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 5,06%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB, nilai CBR rata-rata sebesar 5,25%.

Kata kunci: Abu pembakaran batu bata, *swelling potential*, CBR, tanah ekspansif

I. PENDAHULUAN

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah lempung yang memiliki nilai kembang susut yang tinggi. apabila suatu konstruksi dibangun di atas tanah ekspansif maka akan terjadi kerusakan-kerusakan antara lain retakan pada terangkatnya struktur plat terangkat, kerusakan jaringan pipa,

perkerasan jalan dan jembatan, longsor, dan sebagainya [1]. Apabila tanah lempung digunakan untuk *subgrade* atau tanah dasar jalan maka harus memenuhi kriteria yang disyaratkan dalam SNI 03-1732-1989, yaitu minimal 4% pada kondisi terendam air, 6% pada kondisi kering. Umumnya pada perencanaan jalan, dukung tanah dasar

(DDT) didasari oleh korelasi nilai CBR lapangan atau CBR laboratorium [2]. Secara umum Stabilisasi Tanah adalah proses perbaikan dari sifat-sifat tanah dengan memberi bahan tambahan terhadap tanah agar dapat kekuatan tanah meningkat serta dapat mempertahankan kekuatan geser tanahnya [3].

Beberapa perlakuan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah diantaranya meningkatkan kerapatan tanah, mengganti tanah yang buruk, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, serta menurunkan muka air tanah (drainase tanah) [4].

Penelitian ini bertujuan pengaruh penambahan abu sisa pembakaran batu bata terhadap nilai *swelling potential* dan CBR pada tanah ekspansif.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan metode komparatif, yang berarti melakukan pengujian objek penelitian di laboratorium dan membandingkan hasil perlakuan terhadap objek penelitian dengan material dasar sebagai acuan. Dalam penelitian ini akan membandingkan *swelling potential* dan CBR tanah ekspansif dengan variasi penambahan Abu Hasil Sisa Pembakaran Batu Bata (AHSPBB).

2.1 Sampel pengujian dan variasi penambahan abu sisa pembakaran batu bata

Penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata berupa abu sekam padi dan abu kayu bakar pada tanah ekspansif dimaksudkan agar terbentuk reaksi *pozzolanic*, yaitu reaksi antara kalsium dan silika yang terdapat pada abu hasil sisa pembakaran batu bata (abu sekam padi dan abu kayu bakar) dengan alumina dan silikat yang terdapat pada tanah, sehingga menghasilkan masa yang keras dan kaku. Penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata selain memperkaya kandungan alumina dan silika pada tanah, juga memperbaiki gradasi tanah, sehingga diharapkan karakteristik tanah ekspansif akan stabil. Oleh karena itu, dalam penelitian ini tanah ekspansif akan diberikan variasi penambahan

3%, 6%, 9% dan 12% abu hasil sisa pembakaran batu bata. Diharapkan dari penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata dapat memperbaiki karakteristik tanah ekspansif. Penentuan sampel dan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Variasi dan Sampel Pengujian

Varians	Pengujian					
	Analisa Saringan	Berat Jenis	Uji Atterberg	Proctor	Swelling Potential	CBR (basah) Soaked
Abu hasil sisa pembakaran batu bata (AHSPBB)	-	1	-	-	-	-
Tanah Asli (0% AHSPBB)	1	1	1	5	2	2
Tanah + 3% AHSPBB	1	1	1	5	2	2
Tanah + 6% AHSPBB	1	1	1	5	2	2
Tanah + 9% AHSPBB	1	1	1	5	2	2
Tanah + 12% AHSPBB	1	1	1	5	2	2
Total Sampel	6	6	5	25	10	10

2.2 Metode pengujian sampel

Metode atau standar pengujian yang digunakan untuk pengujian fisik dan mekanik tanah diuraikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Standar pengujian

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian
1.	Uji Analisis Ukuran Butiran Tanah	SNI 3423 : 2008
2.	Uji Berat jenis	SNI 1964 : 2008
3.	Uji Batas Atterberg	SNI 03-1967-1990 SNI 3422 : 2008 SNI 1966 : 2008
4.	Uji Pemadatan Ringan Tanah (uji proctor)	SNI 1742 : 2008
5.	Uji CBR Laboratorium	SNI 1744 : 1989
6.	Uji Swelling	SNI 6424-2008

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil pengujian tanah asli

3.1.1 Analisa saringan tanah asli

Berikut adalah analisa saringan tanah asli.

Tabel 3. Analisa saringan tanah asli

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan (mm)	Berat tanah yang tertahan saringan	% berat tanah tertahan saringan	% kumulatif dari tanah yang tertahan	% tanah yang lolos saringan
(1)	(2)	(3)	(4) = (3/W)	(5)	(6)
4	4,75	0	0	0	100
10	2,00	0	0	0	100,000

20	0,850	0,400	0,200	0,200	99,800
40	0,425	0,550	0,275	0,475	99,525
60	0,250	0,720	0,360	0,835	99,165
140	0,106	0,940	0,470	1,305	98,695
200	0,075	1,200	0,600	1,905	98,095
PAN		95,350			
Berat Total (W1)		99,160			

Dari 3 diatas diketahui bahwa tanah asli yang lolos saringan No. 200 sebesar 98,095% dari berat sampel pengujian sebesar 100 gram. Tanah yang hilang selama pengujian analisa saringan, yaitu:

Tanah yang hilang

$$= \frac{w-w_l}{w} \times 100\%$$

$$= \frac{100-99.160}{100} \times 100\% = 0.84\%$$

Tanah yang hilang selama pengujian sebesar 0,84% < 2%. Artinya pengujian analisa saringan tanah asli memenuhi persyaratan pengujian

3.1.2 Pengujian berat jenis tanah asli dan hasil sisa pembakaran batu bata

Berikut adalah hasil pengujian berat Jenis untuk tanah asli dan abu sisa pembakaran batu bata.

Tabel 4. Hasil berat jenis tanah asli dan hasil sisa pembakaran batu bata

Variasi sampel	Berat jenis (gs) (gram/cm ³)
Tanah asli	2,355
AHSPBB	1,946

Dari Tabel 4 diatas diketahui hasil uji berat jenis tanah asli sebesar 2,355 gr/cm³. Berdasarkan tabel 2.6 hasil pengujian berat jenis tanah asli tersebut termasuk ke dalam kategori lempung organik. Sedangkan, hasil pengujian berat jenis abu hasil pembakaran batu bata sebesar 1,946 gr/cm³.

3.1.3 Uji batas-batas Atterberg tanah asli

Uji batas-batas Atterberg terdiri atas uji batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) serta analisis indeks plastisitas yang merupakan selisih batas cair dan batas plastis. Tabel Berikut adalah hasil batas-batasnya.

Tabel 5. Hasil pengujian batas-batas atterberg tanah asli

Variasi Sampel	Rata-Rata Batas Cair (%)	Rata-Rata Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)	Jenis Tanah	Sifat Tanah
----------------	--------------------------	-----------------------------	------------------------	-------------	-------------

Tanah Asli	82,25	23,78	58,47	Lempung	Plastisitas Tinggi
------------	-------	-------	-------	---------	--------------------

Dari tabel 5 diatas diketahui bahwa rata-rata batas cair tanah asli sebesar 82,25%, rata-rata batas plastis tanah asli sebesar 23,78% dan indeks plastisitas tanah asli sebesar 58,47%. Nilai indeks plastisitas sebesar 58,47%, berdasarkan tabel 2.7 tanah asli memiliki jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

3.1.4 Klasifikasi tanah asli

Setelah mendapatkan data analisa saringan dan batas-batas Atterberg tanah asli, maka selanjutnya adalah meng-klasifikasikan jenis tanah menggunakan metode *AASHTO* seperti pada tabel berikut.

Tabel 6. Klasifikasi tanah asli

Variasi Sampel	Berat lolos saringan no. 200 (%)	Rata-Rata LL (%)	IP (%)	Klasifikasi
Tanah Asli	98,095	82,25	58,47	A-7

tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar serta buruk untuk dijadikan *subgrade*

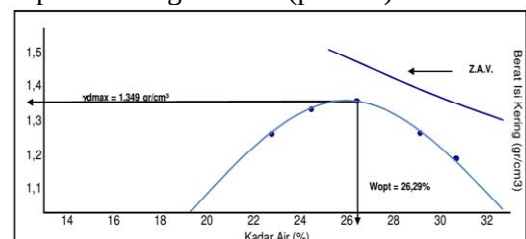
Dari tabel diatas diketahui bahwa berat lolos saringan no. 200 tanah asli sebesar 98,095% > 35% untuk masuk dalam klasifikasi tanah A-4 sampai A-7. Kemudian, nilai rata-rata *liquid limit* (LL) sebesar 82,25% > 41%, sedangkan nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 58,47% > 11%. Dari nilai LL dan IP tanah asli tersebut, berdasarkan klasifikasi tanah metode *AASHTO* pada tabel 2.1, maka tanah asli termasuk ke dalam kategori A-7, yaitu tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar dan termasuk buruk untuk digunakan sebagai *subgrade*.

3.2 Hasil pengujian mekanik tanah asli

Pengujian mekanik tanah asli terdiri dari uji kepadatan ringan tanah (uji proktor), uji *swelling potential* dan uji CBR.

3.2.1 Uji kepadatan ringan tanah (uji proktor) tanah asli.

Uji proktor digunakan 5 (lima) benda uji tanah asli. Gambar Berikut ini analisis uji kepadatan ringan tanah (proktor) tanah asli.



Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Proktor Tanah Asli

Dari gambar 1 diatas diketahui bahwa dari 5 benda uji kepadatan ringan (proktor) tanah asli didapatkan nilai berat kering maksimum (γ_d) tanah asli sebesar 1,349 gr/cm³. Sedangkan, kadar air optimum (W_{opt}) tanah asli sebesar 26,29% dan nilai *Zero Air*

Void (ZAV) optimum tanah asli sebesar 1,841 gr/cm³.

3.2.2 Uji *swelling potential* (uji potensi pengembangan) tanah asli.

Dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian *swelling potential* tanah asli menggunakan 2 benda uji.

Tabel 7. Hasil uji swelling potential tanah asli						
Variasi Sampel	Pukulan/Lapis		Pukulan/Lapis		Swelling Potential Rata-Rata (%)	Derajat Pengembangan
	15 x 5		25 x 5			
	Tinggi Awal Sampel (mm)	Tinggi Akhir Sampel (mm)	Tinggi Awal Sampel (mm)	Tinggi Akhir Sampel (mm)		
Tanah Asli	0,0250	0,0375	0,0245	0,0365	49,49	Sangat Tinggi
Selisih (%)	50,00		48,98			

Dari tabel 7 diatas diketahui bahwa nilai *swelling potential* tanah asli untuk benda uji dengan 15 x 5 pukulan/lapis sebesar 50%. Nilai *swelling potential* tanah asli untuk benda uji dengan 25 x 5 pukulan/lapis sebesar 49,98%. Nilai *Swelling potential* rata-rata tanah asli sebesar 49,49%, sesuai dengan tabel 2.9 nilai *swelling potential* tanah asli termasuk ke dalam klasifikasi derajat pengembangan sangat tinggi.

Tabel 8. Hasil uji CBR *soaked* tanah asli

Variasi Sampel	Uji CBR Soaked					CBR RataRata (%)	Klasifikasi	
	Sampel 15x5		Rata-Rata	Sampel 25x5				Rata-Rata
	0,1	0,2		0,1	0,2			
Tanah Asli	3,68	4,09	3,89	4,41	4,41	4,41	4,15	Buruk

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai CBR rata-rata tanah asli dengan benda uji 15x5 pukulan/lapis sebesar 3,89%. Sedangkan, nilai CBR rata-rata tanah asli dengan benda uji 25x5 pukulan/lapis sebesar 4,41%. Nilai CBR rata-rata tanah asli untuk benda uji 15x5 pukulan/lapis dan 25x5 pukulan/lapis sebesar 4,15%. Sesuai dengan tabel 2.10, nilai CBR rata-rata tanah asli tersebut termasuk ke dalam klasifikasi buruk.

3.3 Hasil pengujian tanah campuran abu hasilpembakaran batu bata

Pengujian fisik tanah terdiri atas analisa saringan tanah, uji berat jenis tanah, dan uji

3.2.3 Uji *California Bearing Ratio (CBR)* tanah asli.

Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* tanah asli dengan metode basah (*soaked*) terdiri atas 2 benda uji terdiri atas 15 x 5 pukulan/lapis dan 25 x 5 pukulan/lapis. Berikut adalah tabel hasil uji CBR dan klasifikasi tanah asli.

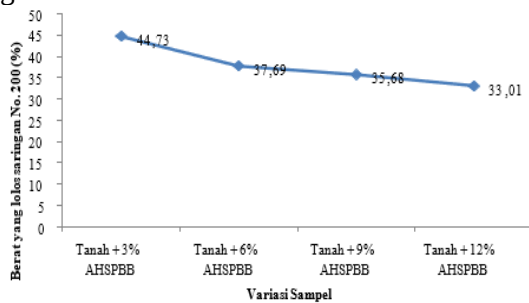
batas-batas Atterberg. Berikut ini tabel hasil pengujian tanah asli dengan variasi campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Tabel 9. Hasil pengujian tanah campuran abu hasilpembakaran batu bata

Variasi Sampel	% berat yang lolos saringan No. 200	% berat tanah yang hilang
Tanah + 3% AHSPBB	98,02	0,69
Tanah + 6% AHSPBB	97,97	1,7
Tanah + 9% AHSPBB	97,913	1,73

Tanah + 12% AHSPBB	97,858	1,6
-----------------------	--------	-----

Dari tabel diatas diketahui bahwa seluruh analisa saringan memenuhi persyaratan karena berat tanah yang hilang selama pengujian < 2%. Berat yang lolos saringan No. 200 mengalami penurunan seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata, dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 2. Grafik berat lolos saringan no 200 tanah campuran hasil sisa pembakaran batu bata.

Dari gambar diatas diketahui berat yang lolos saringan No. 200 mengalami penurunan seiring variasi penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada variasi tanah + 3% AHSPBB berat tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 98,02%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB berat tanah yang lolos saringan No. 200 menjadi 97,97%, menurun sebesar 0,05%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB berat tanah yang lolos saringan No. 200 menjadi 97,913%, menurun sebesar 0,057%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB berat tanah yang lolos saringan No. 200 menjadi 97,8585%, menurun sebesar 0,055%.

3.3.1 uji berat jenis tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

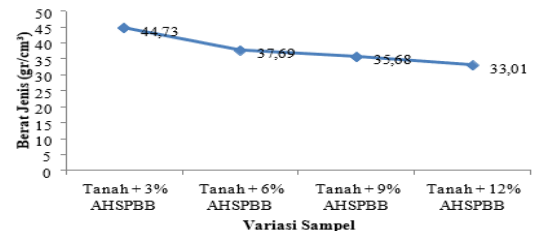
Berikut ini hasil uji berat tanah asli dengan variasi campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Tabel 10. Hasil uji berat jenis tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata

Variasi Sampel	Berat Jenis (Gs) (gram/cm ³)
Tanah + 3% AHSPBB	2,247
Tanah + 6% AHSPBB	2,23
Tanah + 9% AHSPBB	2,142
Tanah + 12% AHSPBB	2,108

Dari tabel hasil uji berat jenis diatas diketahui bahwa nilai berat jenis tanah semakin menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Nilai berat jenis berkisar antara 2,108 – 2,355

gr/cm³ dengan nilai berat jenis terbesar sebesar 2,247 gr/cm³ yaitu pada tanah dengan campuran 3% AHSPBB. Sedangkan, nilai berat jenis terkecil ada pada tanah dengan campuran 12% abu hasil sisa pembakaran batu bata yaitu sebesar 2,108 gr/cm³. Untuk lebih jelasnya, peningkatan nilai berat jenis dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 3. uji berat jenis tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata

Dari gambar diatas diketahui bahwa berat jenis mengalami penurunan seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada tanah + 3% AHSPBB nilai berat jenis sebesar 2,247gr/cm³. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai berat jenis 2,23 gr/cm³ atau menurun sebesar 0,017 gr/cm³. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai berat jenis sebesar 2,142 gr/cm³ menurun sebesar 0,088 gr/cm³. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB berat jenis sebesar 2,108 gr/cm³ menurun sebesar 0,034 gr/cm³.

3.3.2 uji batas atterberg tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

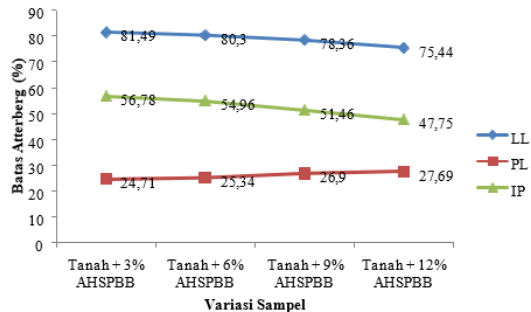
Uji batas-batas Atterberg terdiri atas uji batas cair (*liquid limit*) dan batas plastis (*plastic limit*) serta analisis indeks plastisitas yang merupakan selisih batas cair dan batas plastis. Berikut ini hasil uji batas-batas Atterberg.

Tabel 11. Hasil uji batas atterberg tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Variasi Sampel	Rata-Rata Batas Cair (%)	Rata-Rata Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)	Jenis Tanah	Sifat Tanah
Tanah + 3% AHSPBB	81,49	24,71	56,78	Lempung	Plastisitas Tinggi
Tanah + 6% AHSPBB	80,3	25,34	54,96	Lempung	Plastisitas Tinggi
Tanah + 9% AHSPBB	78,36	26,9	51,46	Lempung	Plastisitas Tinggi
Tanah + 12% AHSPBB	75,44	27,69	47,75	Lempung	Plastisitas Tinggi

Dari tabel diatas diketahui bahwa rata-rata batas cair dan indeks plastisitas

mengalami penurunan seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Sedangkan, rata-rata batas plastis mengalami peningkatan seiring penambahan variasi hasil sisa pembakaran batu bata. Jenis dan sifat tanah tidak mengalami perubahan pada tanah



Gambar 4. Grafik Hasil uji batas atterberg tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Dari gambar diatas diketahui bahwa rata-rata nilai batas cair (LL) tanah dengan campuran 3% AHSPBB sebesar 81,49%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai rata-rata LL sebesar 80,3% atau turun sebesar 1,19%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai rata-rata LL sebesar 78,36% atau turun 1,94%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB nilai rata-rata LL sebesar 75,44% atau turun 62,92%. Nilai rata-rata batas plastis (PL) pada tanah dengan campuran 3% AHSPBB sebesar 24,71%. Pada variasi tanah + 6%

Tabel 12. Klasifikasi tanah campuran abu sisa pembakaran batu bata

Variasi Sampel	Berat lolos saringan no. 200 (%)	Rata-Rata LL (%)	IP (%)		Klasifikasi
Tanah + 3% AHSPBB	98,02	81,49	56,78	A-7	tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar serta buruk untuk dijadikan subgrade
Tanah + 6% AHSPBB	97,97	80,3	54,96	A-7	tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar serta buruk untuk dijadikan subgrade
Tanah + 9% AHSPBB	97,913	78,36	51,46	A-7	tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar serta buruk untuk dijadikan subgrade
Tanah + 12% AHSPBB	97,858	75,44	47,75	A-7	tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar serta buruk untuk dijadikan subgrade

Dari tabel diatas diketahui bahwa klasifikasi tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata tidak mengalami perubahan berdasarkan metode AASHTO termasuk ke dalam klasifikasi tanah A-7.

dengan variasi campuran 3% - 12% campuran abu hasil pembakaran batu bata yaitu termasuk ke dalam jenis tanah lempung dengan sifat tanah memiliki plastisitas tinggi. Untuk lebih jelasnya perubahan uji batas atterberg dapat dilihat pada grafik

AHSPBB nilai rata-rata PL sebesar 25,34% atau meningkat sebesar 0,63%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai rata-rata PL sebesar 26,9% atau meningkat sebesar 0,79%. Nilai indeks plastisitas (IP) menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada tanah campuran 3% AHSPBB nilai IP sebesar 56,78%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai IP sebesar 54,96% atau menurun sebesar 1,82%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai IP sebesar 51,46% atau menurun sebesar 3,5%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB nilai IP sebesar 47,75% atau menurun sebesar 3,71%.

3.4 Klasifikasi tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Setelah mendapatkan data analisa saringan dan batas-batas Atterberg, maka selanjutnya adalah meng-klasifikasikan jenis tanah asli campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata menggunakan metode AASHTO.

Berdasarkan metode AASHTO pada tabel 2.1, tanah campuran dengan variasi 3-12% AHSPBB mempunyai berat lolos saringan no. 200 tanah asli sebesar > 35% dan masuk dalam klasifikasi tanah A-4 sampai A-7.

Kemudian, nilai rata-rata *liquid limit* (LL) > 41%, sedangkan nilai indeks plastisitas (IP) > 11%. Dari nilai LL dan IP tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata tersebut, maka tanah asli dengan variasi campuran abu hasil pembakaran batu bata 3-12% termasuk ke dalam kategori A-7, yaitu tanah lempung yang plastis dan mempunyai sifat perubahan volume yang besar dan termasuk buruk untuk digunakan sebagai *subrade*.

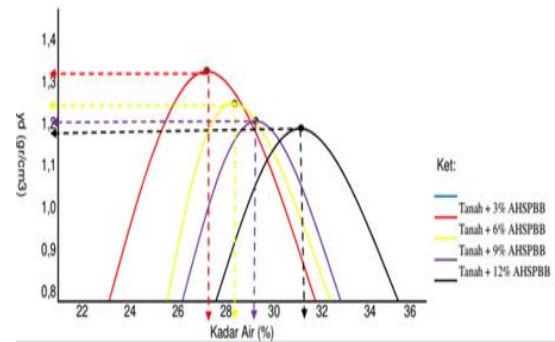
3.5 Analisis uji kepadatan ringan tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Uji proktor digunakan 5 (lima) benda uji untuk setiap variasi sampel tanah dengan variasi campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata. Berikut ini analisis uji kepadatan ringan tanah (proktor).

Tabel 13. Hasil uji kepadatan ringan tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Variasi Sampel	Berat isi kering Maksimum, γ_{dmax} (gr/cm ³)	Kadar air optimum, W_{opt} (%)	ZAV (gr/cm ³)
Tanah + 3% AHSPBB	1,326	27,08	1,800
Tanah + 6% AHSPBB	1,293	28,21	1,747
Tanah + 9% AHSPBB	1,284	29,24	1,722
Tanah + 12% AHSPBB	1,267	31,48	1,656

Dari tabel tersebut diketahui bahwa berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) akan menurun seiring penambahan campuran variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Kadar air optimum (OMC) akan meningkat seiring penambahan campuran variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Sedangkan, Zero Air Void (ZAV) akan menurun seiring penambahan campuran variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Untuk lebih jelasnya perubahan hasil pengujian kepadatan ringan tanah (proktor) dengan variasi campuran abu hasil pembakaran batu bata dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 5. Hasil uji kepadatan ringan tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Dari gambar diatas, diketahui bahwa nilai berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) akan menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada tanah + 3% AHSPBB nilai berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) sebesar 1,326 gr/cm³. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB, berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) sebesar 1,293 gr/cm³ atau menurun sebesar 0,033 gr/cm³. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB, berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) sebesar 1,284 gr/cm³ menurun sebesar 0,009 gr/cm³. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB, berat isi kering tanah maksimum (γ_{dmax}) sebesar 1,267 gr/cm³ atau menurun sebesar 0,017 gr/cm³.

Kadar air optimum (*optimum moisture content/OMC*) pada tanah + 3% AHSPBB sebesar 27,08%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB kadar air optimum sebesar 28,21% atau meningkat sebesar 1,13%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB kadar air optimum sebesar 29,24% atau meningkat sebesar 1,03%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB kadar air optimum sebesar 31,48% atau meningkat 2,24%.

Zero Air Void (ZAV) semakin menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Pada tanah + 3% AHSPBB nilai ZAV sebesar 1,800 gr/cm³. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB, nilai ZAV sebesar 1,747 gr/cm³ menurun sebesar 0,053 gr/cm³. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB, nilai ZAV sebesar 1,722 gr/cm³ menurun sebesar 0,025 gr/cm³. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB, nilai ZAV sebesar 1,656 gr/cm³ menurun sebesar 0,066 gr/cm³.

3.6 Uji sweling potensial (uji pengembangan) tanah campuran hasil sisa pembakaran batu bata

Dibawah ini merupakan hasil pengujian *swelling potential* tanah dengan variasi campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata.

Tabel 14. Uji sweling potensial (uji pengembangan) tanah campuran hasil sisa pembakaran batu bata

Variasi Sampel	Pukulan/Lapis		Pukulan/Lapis		Rata-Rata Swelling Potential (%)	Derajat Pengembangan
	15 x 5		25 x 5			
	Tinggi Awal Sampel (mm)	Tinggi Akhir Sampel (mm)	Tinggi Awal Sampel (mm)	Tinggi Akhir Sampel (mm)		
Tanah + 3% AHSPB B	0,0235	0,0340	0,0230	0,0333	44,73	Sangat Tinggi
Selisih (%)	44,68		44,78			
Tanah + 6% AHSPB B	0,0240	0,0333	0,0243	0,0332	37,69	Sangat Tinggi
Selisih (%)	38,75		36,63			
Tanah + 9% AHSPB B	0,0245	0,0330	0,0240	0,0328	35,68	Sangat Tinggi
Selisih (%)	34,69		36,67			
Tanah + 12% AHSPB B	0,0240	0,0325	0,0245	0,0320	33,01	Sangat Tinggi
Selisih (%)	35,42		30,61			

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai *swelling potential* akan menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Rata-rata nilai *swelling potential* tertinggi terdapat pada tanah + 3% AHSPBB yaitu sebesar 44,73% dan rata-rata nilai *swelling potential* terendah terdapat pada variasi tanah + 12% AHSPBB yaitu sebesar 33,01%. Derajat pengembangan (*swelling degree*) dari seluruh variasi sampel pengujian tidak berubah, yaitu termasuk ke dalam derajat pengembangan (*swelling degree*) sangat tinggi (*very high*).

3.7 Uji california bearing ratio (cbr) tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata

Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dengan metode basah (*soaked*) tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata terdiri atas 2 sampel, yaitu 15x5 lapis dan 25x5 lapis.

Tabel 15. Hasil Uji california bearing ratio (cbr) tanah campuran abu hasil sisa pembakaran batu bata

Variasi Sampel	Uji CBR Soaked					CBR RataRata (%)	Klasifikasi	
	Sampel 15x5		Rat a- Ra ta	Sampel 25x5				Rat a- Rata
	0,1	0,2		0,1	0,2			
Tanah + 3% AHSP BB	4,66	4,90	4,78	4,81	4,97	4,89	4,84	Buruk
Tanah + 6% AHSP BB	4,76	5,00	4,88	4,81	5,07	4,94	4,91	Buruk
Tanah + 9% AHSP BB	4,90	5,10	5,00	5,1	5,13	5,12	5,06	Buruk
Tanah + 12% AHSP BB	5,20	5,16	5,18	5,39	5,23	5,31	5,25	Buruk

Dari tabel diatas diketahui bahwa nilai CBR rata-rata akan meningkat, seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata. Nilai CBR rata-rata terendah terdapat pada tanah + 3% AHSPBB yaitu sebesar 4,84%, dan nilai CBR rata-rata tertinggi terdapat pada variasi tanah + 12% AHSPBB dengan nilai CBR 5,25%. Klasifikasi CBR tidak berubah dari seluruh variasi sampel yaitu termasuk ke dalam CBR dengan klasifikasi buruk.

IV. KESIMPULAN

. Dari hasil analisis dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata nilai *swelling potential* semakin menurun seiring penambahan variasi abu hasil sisa pembakaran batu bata, akan tetapi tidak mampu merubah klasifikasi derajat pengembangan. Nilai *swelling potential* tanah asli sebesar 49,49%. Pada variasi tanah + 3% AHSPBB nilai *swelling potential* menjadi 44,73%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai *swelling potential* tanah sebesar 37,69%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai *swelling potential* sebesar 35,68%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB nilai *swelling potential* sebesar 33,01%. Secara statistik diketahui bahwa nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} ($F_{hitung} < F_{tabel} = 0,072 < 5,32$), maka H_0 diterima. Artinya, tidak ada pengaruh yang signifikan penambahan abu bakar hasil sisa

pembakaran batu bata terhadap *swelling potential* tanah ekspansif.

2. Dengan penambahan abu hasil sisa pembakaran batu bata, nilai CBR rata-rata tanah ekspansif meningkat, akan tetapi tidak mampu merubah klasifikasi CBR. Pada tanah asli nilai CBR rata-rata sebesar 4,15%. Pada variasi tanah + 3% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 4,84%. Pada variasi tanah + 6% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 4,91%. Pada variasi tanah + 9% AHSPBB nilai CBR rata-rata sebesar 5,06%. Pada variasi tanah + 12% AHSPBB, nilai CBR rata-rata sebesar 5,25%. Secara statistik diketahui nilai F_{hitung} lebih kecil dari F_{tabel} ($F_{hitung} < F_{tabel} = 0,481 < 5,32$), maka H_0 diterima. Artinya, tidak ada pengaruh yang signifikan penambahan abu bakar hasil sisa pembakaran batu bata terhadap CBR tanah ekspansif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. F. Machfud Ridwan, “Engaruh Penambahan Limbah Karbit Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Driyorejo Gresik,” *Rekayasa Tek. Sipil Vol.*, Vol. 1, No. 1, Pp. 144–155, 2017.
- [2] A. S. Muntohar, “Desain Nilai Cbr Tanah Dasar Jalan Dengan Perbaikan Kapur Dan Abu Sekam Padi,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Sipil 2016*, no. September, pp. 310–315, 2016.
- [3] L. E. F. Hari Santoso, Herry Widhiarto, “Analisis Tanah Lempung Ekspansif Surabaya Menggunakan Bahan Stabilisasi Abu Jerami Heri,” *Dr. Diss. Univ. 17 Agustus 1945*, No. 45, Pp. 1–8, 1945.
- [4] I. Hermawan, M and L. Afriani, “Korelasi Kuat Tekan Bebas dengan Kuat Geser Langsung pad Tanah Lempung yang dicampur dengan Zeolit,” *J. Rekayasa Sipil dan Desain*, vol. 3, no. 1, pp. 103–116, 2015.