

# Pengaruh Penambahan Partikulat *Expanded Polystyrene* pada Tanah yang Distabilisasi dengan *Fly Ash* terhadap Kadar Air Optimum dan Berat-Isi Kering Maksimum sebagai Material Timbunan Ringan

Andri Krisnandi Somantri<sup>1</sup>, Syahril<sup>2</sup>, Hendry<sup>3</sup>, Iskandar<sup>4</sup>, Aditia Febriansya<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: andri\_krisnandi@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: syahril\_polban@yahoo.com

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: hendrykd3@yahoo.com

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: mektan\_polban@yahoo.com

<sup>5</sup>Mahasiswa Program Pascasarjana Terapan Rekayasa Infrastruktur, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail: aditiaf8@gmail.com

## ABSTRAK

Dalam pembangunan konstruksi timbunan, sering dijumpai permasalahan pada jenis tanah lunak, yaitu penurunan yang besar jika diberi beban. Penurunan dapat terjadi akibat beban yang berlebih, daya dukung tanah yang lemah, dan tingginya kompresibilitas tanah. Untuk menghindari permasalahan ini, maka perlu dilakukan suatu perbaikan tanah. Salah satu solusi perbaikan tanah adalah penggunaan campuran tanah yang dimodifikasi dengan partikulat EPS sebagai material timbunan ringan. Penggunaan material timbunan ringan ini diyakini dapat digunakan untuk memperbaiki stabilitas lereng, timbunan di atas tanah lunak, dan untuk mengurangi tekanan tanah ke struktur. Pengujian pemadatan dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh penambahan EPS pada campuran tanah yang distabilisasi dengan *fly ash*. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa penambahan sedikit kadar EPS pada campuran dapat menurunkan berat-isi kering maksimum campuran secara signifikan, sehingga penggunaan material timbunan ringan berpotensi menjadi salah satu solusi perbaikan tanah (*soil improvement*).

## Kata Kunci

Perbaikan Tanah, Stabilisasi, Timbunan Ringan, Tanah Lunak, Campuran Tanah

## 1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan konstruksi timbunan yang selanjutnya disebut sebagai konstruksi *embankment*, sering dijumpai permasalahan pada jenis tanah lempung lunak, yaitu penurunan (*settlement*) yang besar jika diberi<sup>[2]</sup>. *Settlement* dapat terjadi akibat beban yang berlebih, daya dukung tanah yang buruk, dan tingginya kompresibilitas tanah<sup>[10]</sup>. Apabila suatu konstruksi jalan raya akan dibangun di atas tanah lempung lunak, maka perlu dilakukan perbaikan tanah untuk menghindari penurunan yang berlebih.

Material timbunan ringan merujuk kepada material rekayasa dengan berat-isi lebih kecil daripada tanah asli<sup>[6]</sup>, yang terbuat dari tanah, *binder*, air dan material ringan<sup>[5]</sup>. Tanah dapat dipilih dari tanah konstruksi yang tidak dipakai, *sludge*, lempung, atau pasir standar. Sedangkan, material ringan yang biasanya dipilih antara lain partikulat *polystyrene*,

*foaming agent*, limbah busa, atau ban karet<sup>[6]</sup>. Tanah yang dimodifikasi dengan partikulat *expanded polystyrene* (EPS) dapat digunakan sebagai timbunan ringan, dengan variasi pemasangan termasuk memperbaiki stabilitas lereng, timbunan di atas tanah dengan kompresibilitas tinggi, dan untuk mengurangi tekanan tanah ke struktur<sup>[11]</sup>. Terlihat pada permasalahan tersebut, maka diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik dan perilaku campuran tanah dengan EPS.

## 2. STUDI PUSTAKA

### 2.1 Campuran Tanah dan Partikulat EPS

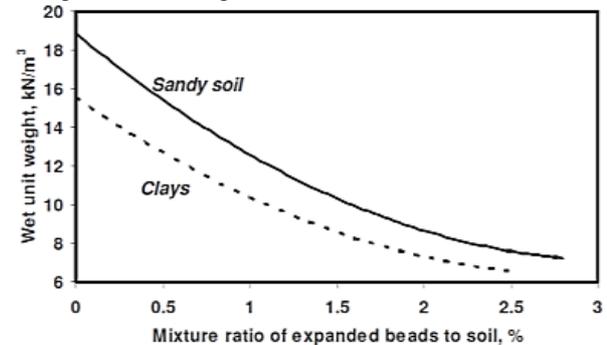
EPS merupakan busa *polymeric* (plastik) yang berwarna putih. Penggunaan EPS sebagai material pengemasan sudah banyak diketahui. EPS memiliki *thermal conductivity* yang sangat rendah dan hampir 98% volumenya terdiri dari udara. EPS pada aplikasinya dapat digunakan dalam bentuk balok

(disebut juga sebagai EPS Geofoam) atau partikulat. EPS Geofoam sudah rutin digunakan sejak tahun 1960an untuk menggantikan *subgrade* perkerasan, sistem rel kereta api, dan timbunan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah<sup>[8]</sup>. Penggunaan EPS sangat luas, karena karakteristiknya yang menguntungkan, seperti berat-isinya yang sangat rendah, sifat insulasi yang baik, stabil terhadap kimia dan air, biaya rendah dan kemudahan pada saat konstruksi<sup>[10]</sup>.

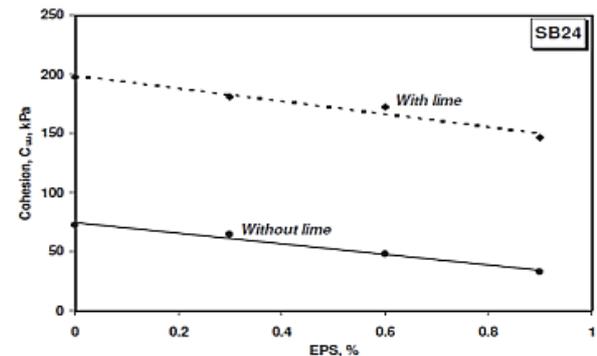
Illuri (2007) meneliti campuran tanah lempung ekspansif dengan partikulat EPS. EPS pada penelitian ini difungsikan sebagai *swell-shrink modifier*. Investigasi eksperimental dilakukan di laboratorium dengan kadar EPS 0%; 0,3%; 0,6%; dan 0,9% dari berat tanah. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar EPS pada campuran, maka berat-isinya semakin kecil (**Gambar 1**) dan juga dapat mengurangi potensi kembang-susut tanah ekspansif. Terdapat pengurangan pada kekuatan geser campuran seiring bertambahnya kadar EPS pada campuran tanah (**Gambar 2**). Illuri (2007) juga melakukan penambahan *limestone* pada campuran, sehingga kekuatan geser campuran meningkat karena adanya reaksi *pozzolanic*. Penurunan kekuatan yang diakibatkan penambahan kadar EPS pada campuran dapat diatasi dengan penambahan aditif, sehingga Illuri (2007) memberikan saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu dengan menambahkan *industrial-by product*, seperti *fly ash* atau *slag* sebagai *chemical stabilizer* untuk menaikkan parameter kekuatan tanah yang turun.

Rocco (2012) meneliti campuran tanah lempung dengan partikulat EPS dengan kadar 0%; 0,5%; 1%; 1,5% dari berat tanah. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa penambahan EPS dapat memberikan efek yang besar pada berat-isinya kering campuran dan mempengaruhi sifat mekanis dari campuran tersebut. Setiap peningkatan 0,5% kadar EPS, terdapat pengurangan berat-isinya kering sebesar 8%-12% dan peningkatan *void ratio* sebesar 15%-21%. Evaluasi sifat mekanis dari campuran tanah dengan EPS, menunjukkan kekuatan geser tanah *modified* tidak membahayakan hingga penambahan EPS > 1%. Potensi kembang-susut berkurang seiring bertambahnya kadar EPS. Secara keseluruhan, hasil evaluasi laboratorium menunjukkan bahwa campuran tanah dengan EPS masih berada pada rentang yang dapat digunakan. Penurunan berat-isinya yang signifikan, seiring dengan peningkatan kadar EPS dapat menjadi alternatif solusi konstruksi timbunan di atas tanah lunak, karena dapat menurunkan *settlement* yang terjadi pada tanah dasar

dan menurunkan gaya pendorong yang mengakibatkan longsor.



Gambar 1. Hubungan antara Berat-Isi Kering dan Rasio Partikel EPS pada Campuran Tanah<sup>[8]</sup>



Gambar 2. Kohesi Campuran Tanah dan EPS akibat Penambahan *Limestone*<sup>[8]</sup>

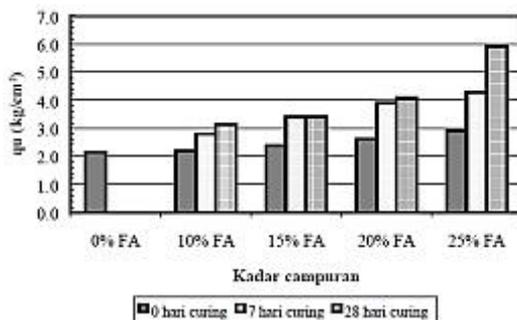
Penambahan partikulat EPS dapat menurunkan berat-isinya kering campuran tanah dan menurunkan potensi kembang-susut tanah lempung ekspansif secara signifikan. Namun, penambahan EPS dapat menurunkan parameter kekuatan tanah dan CBR pula, sehingga perlu ditambahkan aditif untuk mengantisipasi penurunan kekuatan yang terjadi, yaitu dengan menambahkan *industrial-by product* pada campuran yang bekerja sebagai *binder*, seperti *fly ash*.

## 2.2 Campuran Tanah dan Fly Ash

*Fly ash* atau abu terbang dapat digunakan untuk memodifikasi tanah dan memperbaiki kekuatan tanah yang kurang stabil. *Fly ash* merupakan material limbah atau *by-product*, yang berasal dari endapan abu halus hasil pembakaran batu bara pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), sehingga penggunaannya memberikan dampak positif pada lingkungan<sup>[7]</sup>. Berdasarkan sumber batu bara yang digunakan untuk membangkitkan tenaga, *fly ash* di klasifikasikan menjadi kelas C atau kelas F. *Fly ash* kelas C memiliki kandungan kandungan SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> paling sedikit 50% dan bersifat self-

cementing karena keberadaan *Calcium Oxide* (CaO) sebesar 20% – 30%. *Fly ash* kelas F memiliki kandungan SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> paling sedikit 70%, dengan kadar kapur yang rendah, sehingga bersifat *non-self-cementin*<sup>[7][8]</sup>.

Budi et al (2003) meneliti pengaruh pada sifat kembang-susut, kekuatan tanah ( $q_u$ ), dan perubahan karakteristik dari campuran tanah lempung ekspansif dengan *fly ash* yang didapatkan dari PLTU Paiton melalui percobaan di laboratorium. Kadar *fly ash* pada campuran adalah 0%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat tanah dengan waktu perawatan 7, 14, dan 21 hari. Hasil pengujian mengindikasikan bahwa penambahan *fly ash* pada campuran dapat menurunkan potensi kembang-susut (*swell pressure*), serta menaikkan kekuatan tanah lempung ekspansif (**Gambar 3**). Faktor lain yang memengaruhi hasil akhir adalah lamanya waktu perawatan (*curing time*) dari campuran tanah dengan *fly ash*.

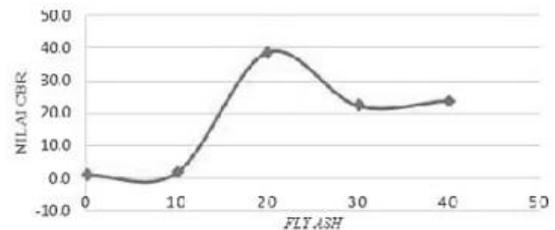


Gambar 3. Hubungan Kekuatan Campuran dengan Kadar *Fly Ash* dan *Curing Time*<sup>[3]</sup>

Dixit et al (2016) meneliti pengaruh *fly ash* kelas F terhadap nilai CBR pada campuran dengan tanah lempung. Investigasi dilakukan di laboratorium dengan kadar *fly ash* 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, dan 30% dari berat tanah. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa penambahan *fly ash* pada campuran dapat menaikkan nilai CBR dari tanah tersebut hingga penambahan *fly ash* sebanyak 25%, nilai CBR cenderung turun kembali pada penambahan *fly ash* sebanyak 30%. Penambahan *fly ash* juga menurunkan besarnya *plasticity index* (PI) campuran sebesar  $\pm 3\%$  setiap penambahan 5% *fly ash*.

Mina et al (2016) meneliti campuran tanah lempung ekspansif dengan *fly ash* kelas F terhadap nilai persentase CBR dan sifat fisis tanah. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan kadar *fly ash* sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat tanah dengan waktu perawatan 0 hari. Hasil pengujian

memperlihatkan bahwa penambahan *fly ash* pada campuran dapat menaikkan nilai persentase CBR hingga penambahan *fly ash* sebanyak 20%, nilai CBR terlihat turun kembali pada penambahan *fly ash* sebanyak 25% (**Gambar 4**).



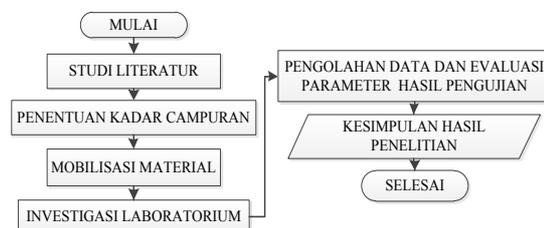
Gambar 4. Hubungan Nilai CBR Campuran dengan Kadar *Fly Ash*<sup>[9]</sup>

Penambahan *fly ash* pada campuran tanah dapat meningkatkan parameter kekuatan tanah (kuat tekan dan nilai CBR) dan dapat juga menurunkan potensi kembang-susut dari tanah lempung ekspansif dikarenakan reaksi *pozzolanic* dan *fly ash* yang bekerja sebagai *filler* pula. Faktor lain yang memengaruhi hasil akhir adalah lamanya waktu perawatan (*curing time*) dari benda uji. Hasil studi pustaka menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada campuran tanah yang menghasilkan *output* paling optimum adalah penambahan *fly ash* sebanyak 25%, sehingga penulis menetapkan kadar *fly ash* untuk seluruh campuran tanah adalah 25% dari berat kering tanah.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 5 di bawah ini merupakan diagram alir metodologi penelitian secara umum. Pada diagram alir ini diurai tahapan-tahapan dalam menyelesaikan penelitian hingga menghasilkan *output* yang diharapkan.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Material

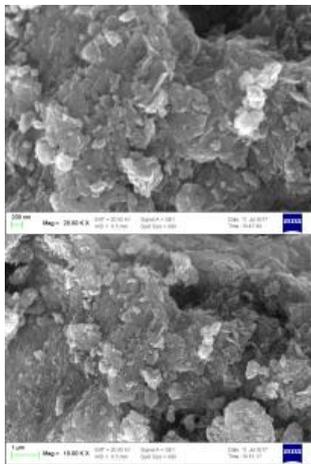
Benda uji pada investigasi laboratorium ini adalah campuran tanah lempung lunak dari lapangan, *fly ash*, dan partikulat EPS. Berikut adalah sumber-sumber dari material-material yang akan digunakan pada penelitian ini, antara lain:

### 3.2.1 Tanah Lempung Lunak

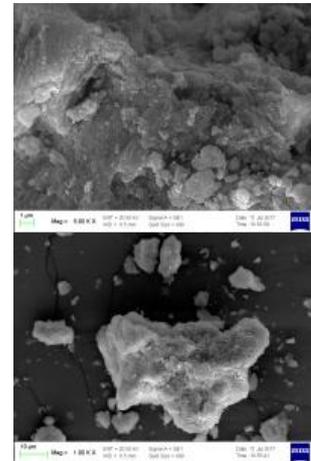
Tanah lempung lunak (*soft clay*) yang digunakan bersumber dari kawasan Gedebage, Kota Bandung, Jawa Barat. Sampel tidak terganggu (*undisturbed*) dan terganggu (*disturbed*) diambil dari lapangan. Sampel tanah *undisturbed* diambil untuk menentukan parameter fisik dan mekanik tanah asli, sedangkan sampel *disturbed* diambil untuk pekerjaan stabilisasi di laboratorium. Parameter tanah asli dan partikel tanah berdasarkan pengujian *scanning electron microscopy* (SEM), masing-masing dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Gambar 6**.

Tabel 1. Parameter sampel tanah asli (*undisturbed*)

Parameter	Nilai	Satuan
Kadar Air ( $\omega$ )	62,16	%
Berat-Isi ( $\gamma$ )	1,62	gr/cm <sup>3</sup>
Berat Jenis (Gs)	2,49	
Batas Cair	76,86	%
Batas Plastis	39,00	%
Indeks Plastisitas	37,87	%
Analisis Ukuran Butir		
%Kerikil	0,08	%
%Pasir	11,73	%
%Lanau	37,16	%
%Lempung	51,03	%



(a) Pembesaran 20.00 KX (b) Pembesaran 10.00 KX



(c) Pembesaran 5.00 KX (d) Pembesaran 1.00 KX

Gambar 6. Hasil Pengujian SEM Sampel Tanah Asli

### 3.2.2 Fly Ash

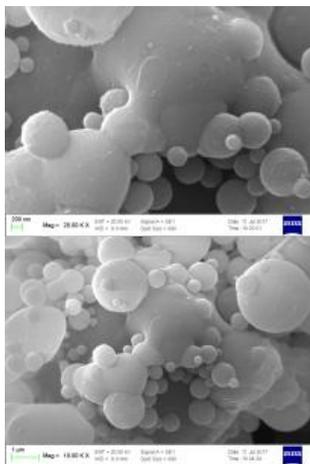
*Fly ash* yang digunakan pada penelitian merupakan material limbah yang bersumber dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya Unit 8, PT Indonesia Power, Cilegon, Banten, Berdasarkan pengujian Aziz dan Ardha (2006), *fly ash* PLTU Suralaya dikategorikan *fly ash* kelas F. Komposisi kimia *fly ash* dan ukuran partikel dapat dilihat pada **Tabel 2**. *Fly ash* yang digunakan serta bentuk partikel *fly ash* berdasarkan uji SEM masing-masing dapat dilihat pada **Gambar 7** dan **Gambar 8**. Fly ash yang digunakan pada penelitian ini ditetapkan sebanyak 25% dari berat tanah kering. Hal ini didasarkan studi pustaka yang sudah dilakukan.

Tabel 2. Komposisi Kimia Abu Terbang PLTU Suralaya<sup>[1]</sup>

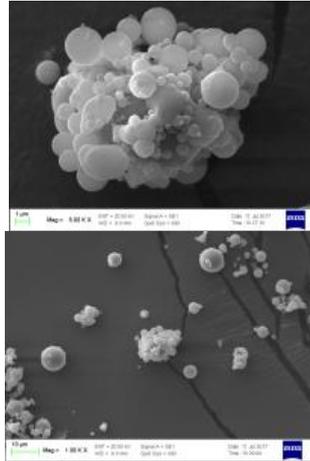
Senyawa	Abu Terbang (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,37
CaO	3,19
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,93
K <sub>2</sub> O	0,46
MgO	1,9
Na <sub>2</sub> O	1,45
SiO <sub>2</sub>	72,9
TiO <sub>2</sub>	0,76
LOI	1,04
Distribusi Ukuran Partikel	0,31 – 300,74 $\mu$ m
Distribusi 80%	0,31 – 40,99 $\mu$ m
D <sub>50</sub>	6,22 $\mu$ m



Gambar 7. Sampel *Fly Ash* kelas F PLTU Suralaya Unit 8



(a) Pembesaran 20.00 K X



(c) Pembesaran 5.00 K X

Gambar 8. Hasil Pengujian SEM Sampel *Fly Ash*

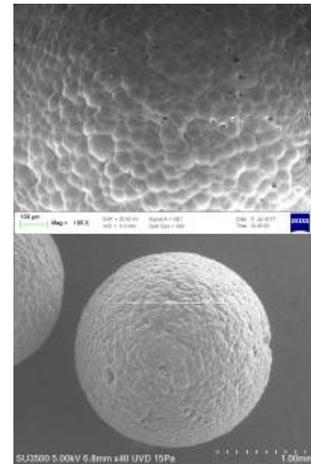
### 3.2.3 Expanded Polystyrene (EPS)

Partikulat EPS, bersumber dari *b-foam EPS Foam Construction Technologies*, PT Beton Elemenindo Putra, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat. Pada penelitian ini, penulis menggunakan partikulat EPS jenis SS. Berdasarkan spesifikasi pada website *b-foam*, partikulat EPS yang digunakan memiliki

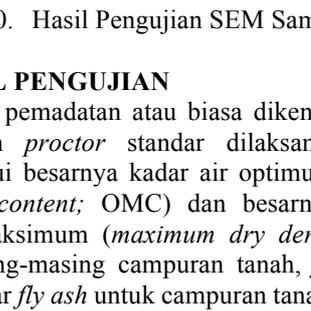
estimasi diameter 0,43 – 0,85 mm dan berat-isi 9 – 11 kg/m<sup>3</sup>. Sampel EPS yang digunakan serta Bentuk partikel EPS berdasarkan uji SEM masing-masing dapat dilihat pada **Gambar 9** dan **Gambar 10**. Kadar EPS ditetapkan antara lain 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; dan 0,8% dari berat tanah kering



Gambar 9. Sampel EPS diameter SS



(a) Pembesaran 100 K X



(b) Pembesaran 40x K X

Gambar 10. Hasil Pengujian SEM Sampel EPS

## 4. HASIL PENGUJIAN

Pengujian pemadatan atau biasa dikenal pengujian pemadatan *proctor* standar dilaksanakan untuk mengetahui besarnya kadar air optimum (*optimum moisture content*; OMC) dan besarnya berat isi kering maksimum (*maximum dry density*; MDD) dari masing-masing campuran tanah, *fly ash*, dan EPS. Kadar *fly ash* untuk campuran tanah ditetapkan sebanyak 25% dari berat tanah kering. Sedangkan, kadar EPS antara lain 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; dan 0,8% dari berat tanah kering. Benda uji pemadatan setelah *extruding* untuk masing-masing kadar dapat dilihat pada **Gambar 11**. Hasil pengujian pemadatan (kurva hubungan kadar air dan berat-isi kering) untuk tanah asli dan seluruh campuran tanah asli, *fly ash* dan EPS dapat dilihat pada **Gambar 12**.

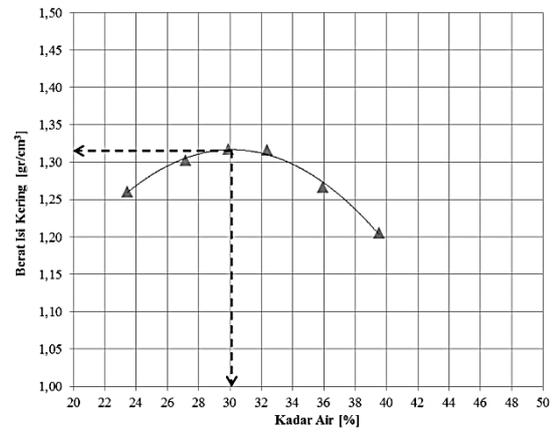


(a) EPS 0%      (b) EPS 0,2%      (c) EPS 0,4%

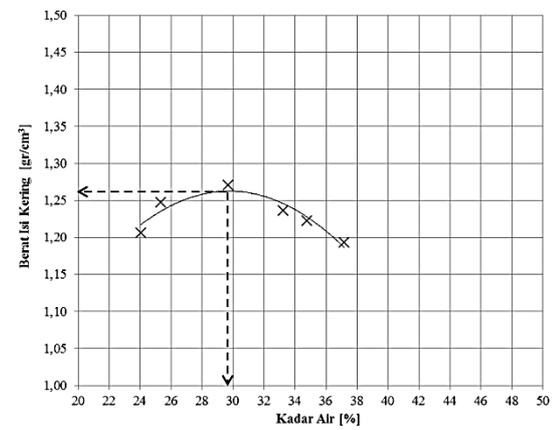


(d) EPS 0,6%      (e) EPS 0,8%

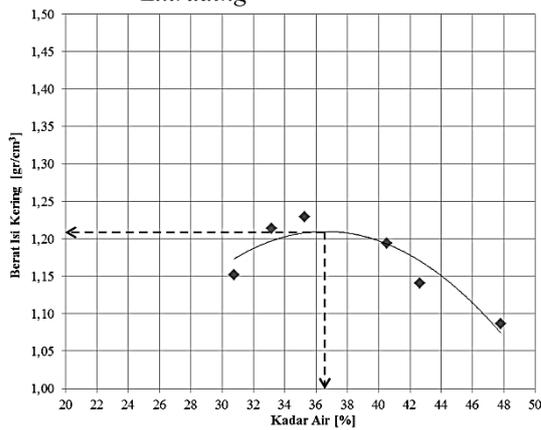
Gambar 11. Benda Uji Pematatan Campuran Tanah, 25% Fly Ash dan EPS setelah *Extruding*



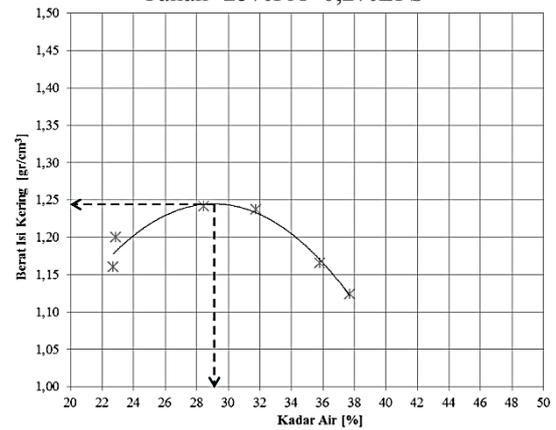
(b) Kurva Pematatan Campuran Tanah+25%FA+0%EPS



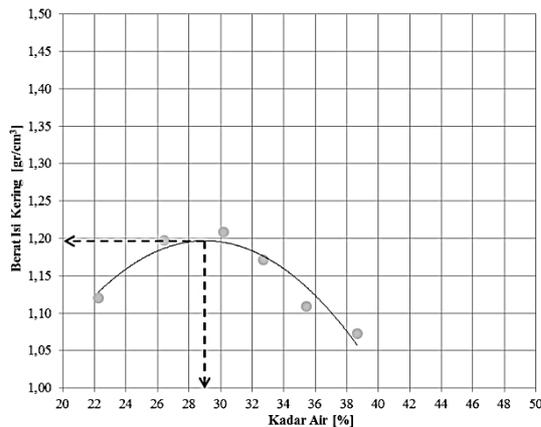
(c) Kurva Pematatan Campuran Tanah+25%FA+0,2%EPS



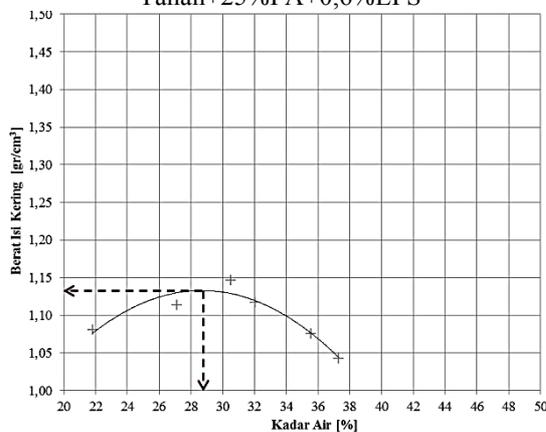
(a) Kurva Pematatan Tanah Asli



(d) Kurva Pematatan Campuran Tanah+25%FA+0,4%EPS



(e) Kurva Pemadatan Campuran  
Tanah+25%FA+0,6%EPS



(f) Kurva Pemadatan Campuran  
Tanah+25%FA+0,8%EPS

Gambar 12. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Asli dan Campuran Tanah, *Fly Ash* dan EPS

Gambar 12 di atas memperlihatkan kurva-kurva hasil pengujian pemadatan untuk tanah asli dan seluruh campuran tanah, *fly ash*, dan EPS, sehingga dapat diketahui MDD dan OMC untuk masing-masing campuran, serta pengaruh penambahan material lain terhadap parameter-parameter tersebut. Rekapitulasi MDD dan OMC untuk masing-masing campuran dapat dilihat pada Tabel 3.

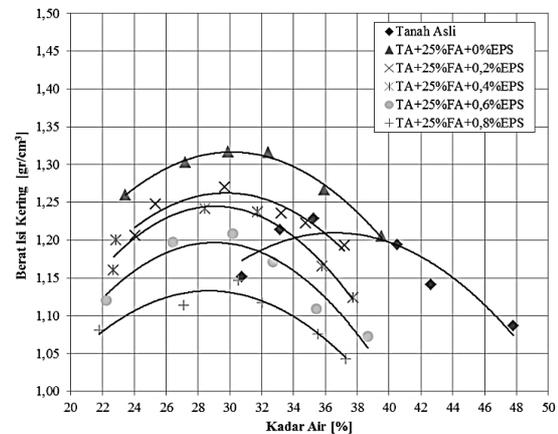
Tabel 3. Rekapitulasi MDD dan OMC campuran

Campuran	MDD (gr/cm <sup>3</sup> )	OMC (%)
Tanah Asli	1,210	36,6
TA+25%FA+0%EPS	1,317	30,2
TA+25%FA+0,2%EPS	1,263	29,7
TA+25%FA+0,4%EPS	1,244	29,2
TA+25%FA+0,6%EPS	1,197	29,0
TA+25%FA+0,8%EPS	1,134	28,8

## 5. PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibandingkan kurva-kurva hasil pengujian pemadatan untuk tanah asli serta campuran tanah, *fly ash*, dan EPS. Gambar 13 di bawah merupakan gabungan seluruh kurva pemadatan, untuk memperlihatkan pengaruh penambahan *fly ash* dan EPS pada campuran tanah.

Hasil pengujian pemadatan menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* pada tanah asli dapat meningkatkan MDD secara signifikan, dan menurunkan OMC secara signifikan pula. Hal ini diyakini terjadi karena karakteristik ukuran partikel *fly ash* yang sangat kecil mengisi rongga-rongga pada tanah, sehingga meningkatkan MDD sekaligus menurunkan OMC campuran. Besarnya perubahan ini dapat dilihat pada Gambar 13, yaitu kurva Tanah Asli dan TA+2%FA+0%EPS, memperlihatkan kenaikan MDD dari semula 1,210 gr/cm<sup>3</sup> menjadi 1,317 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan penurunan OMC dari semula 36,6% menjadi 30,2%. Penurunan OMC yang signifikan memberikan keuntungan, yaitu dapat mengurangi penggunaan jumlah air pada saat proses konstruksi timbunan.

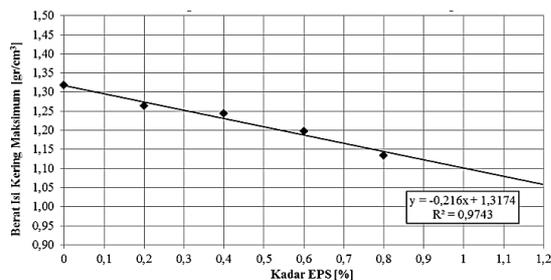


Gambar 13. Kurva Hasil Uji Pemadatan Campuran Tanah, 25% *Fly Ash* dan Variasi Kadar EPS

Penambahan EPS pada tanah yang sudah distabilisasi dengan *fly ash* menunjukkan sebaliknya, yaitu terjadi penurunan MDD campuran tanah secara signifikan, seperti yang diharapkan, dengan disertai penurunan OMC yang tidak begitu besar. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 13, yaitu terjadi pergeseran kurva pemadatan ke bawah seiring dengan bertambahnya kadar EPS pada campuran tanah. Kurva-kurva pemadatan campuran tanah, *fly ash*, dan EPS masih relatif paralel dengan kurva pemadatan kontrol (TA+25%FA+0%EPS), mengindikasikan penambahan EPS dapat mengurangi berat campuran.

Masing-masing kurva pemadatan memperlihatkan berat-isi kering meningkat seiring peningkatan kadar air, dan setelah mencapai kadar air optimum, berat-isi kering menurun dengan peningkatan kadar air. Untuk mempermudah pengamatan, penulis membuat kurva hubungan antara MDD terhadap kadar EPS yang diperlihatkan pada **Gambar 14** dan kurva hubungan antara OMC terhadap kadar EPS yang diperlihatkan pada **Gambar 15**.

Berdasarkan kurva hubungan antara berat isi kering maksimum (MDD) campuran terhadap kadar EPS yang diperlihatkan **Gambar 14**, MDD campuran tanah dengan kadar EPS 0% sebesar 1,317 gr/cm<sup>3</sup> mengalami penurunan menjadi 1,263 gr/cm<sup>3</sup> bila campuran tanah ditambah dengan 0,2% EPS dan seterusnya. Besarnya penurunan MDD relatif linier dan berbanding terbalik seiring dengan bertambahnya kadar EPS pada campuran, mengindikasikan bahwa penambahan EPS pada campuran dapat menurunkan berat isi campuran tanah, *fly ash* dan EPS dan semakin besar kadar EPS pada campuran maka besarnya MDD akan semakin kecil pula. Pengurangan MDD memberikan keuntungan, yaitu dapat mengurangi berat sendiri (*dead load*) timbunan, sehingga dapat mengurangi deformasi yang terjadi pada tanah dasar dan meningkatkan faktor keamanan stabilitas lereng, serta mengurangi tekanan ke struktur *footing*, kolom, pilar, atau abutment jembatan<sup>[11]</sup>.

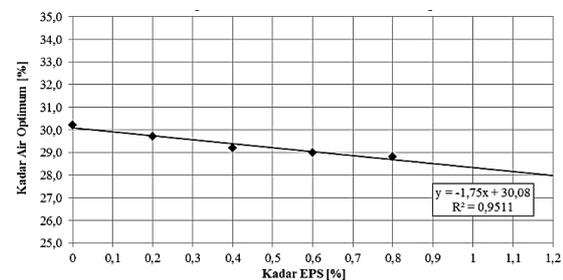


Gambar 14. Kurva Hubungan Berat-Isi Kering Maksimum Campuran Tanah, 25% *Fly Ash*, dan EPS terhadap Kadar EPS

Pengurangan MDD campuran seperti yang diperlihatkan **Gambar 14**, dapat dipengaruhi oleh karakteristik dari partikulat EPS itu sendiri, sebagai berikut:

1. Berat-isi EPS yang kecil, pengurangan berat-isi kering seiring dengan penambahan kadar EPS pada campuran sebagian besar dipengaruhi oleh berat-isi EPS yang sangat kecil. Penambahan beberapa persen EPS pada campuran dapat menurunkan berat-isi campuran tanah, karena sebagian volume tanah digantikan oleh EPS.

2. Tahan terhadap tekanan, kemudahan campuran untuk dipadatkan (*compactibility*) dapat berkurang pada penambahan EPS yang lebih tinggi. Hal ini diakibatkan oleh sifat ketahanan EPS itu sendiri pada saat pemadatan, yaitu diakibatkan oleh sifat absorpsi energi dan *elastic rebound*<sup>[8]</sup>.
3. Tahan terhadap pergeseran, pada tingkat penambahan tertentu, keberadaan EPS mungkin dapat menghambat pergerakan tanah hingga konfigurasi yang lebih padat pada saat proses pemadatan, terutama pada kadar EPS yang lebih tinggi<sup>[8]</sup>.



Gambar 15. Kurva Hubungan Kadar Air Optimum Campuran Tanah, 25% *Fly Ash*, dan EPS terhadap Kadar EPS

Sedangkan, berdasarkan kurva hubungan OMC campuran terhadap penambahan kadar EPS, yang diperlihatkan **Gambar 15**, OMC campuran tanah dengan kadar EPS 0% sebesar 30,2% mengalami penurunan menjadi 29,7% bila campuran tanah ditambah dengan 0,2% EPS dan seterusnya. Perubahan OMC ini mengindikasikan bahwa penambahan EPS pada campuran dapat menurunkan OMC campuran tanah. Namun, kurva yang relatif datar memperlihatkan bahwa pengurangan OMC tidak signifikan seiring dengan penambahan kadar EPS pada campuran tanah. OMC campuran menurun seiring dengan penambahan kadar EPS pada campuran memberikan keuntungan juga, yaitu dapat mengurangi penggunaan jumlah air pada saat proses konstruksi timbunan walaupun penurunannya tidak signifikan.

## 6. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian campuran tanah asli, *fly ash*, dan EPS sebagai salah satu potensi solusi perbaikan tanah, dapat disimpulkan penambahan *fly ash* pada campuran tanah dapat meningkatkan berat-isi kering maksimum dan menurunkan kadar air optimum campuran secara signifikan. Peningkatan berat-isi kering ini diakibatkan oleh karakteristik *fly ash* itu sendiri karena memiliki ukuran partikel yang sangat kecil, sehingga mengisi rongga-rongga dalam tanah. Penurunan kadar air optimum yang signifikan

memberikan keuntungan, yaitu dapat mengurangi penggunaan jumlah air pada saat proses konstruksi timbunan.

Penambahan EPS pada campuran tanah yang distabilisasi dengan *fly ash* dapat mengurangi berat-isi kering campuran secara signifikan. Pengurangan berat-isi kering ini memberikan keuntungan, yaitu dapat mengurangi berat sendiri (*dead load*) timbunan, sehingga dapat mengurangi deformasi yang terjadi pada tanah dasar dan meningkatkan faktor keamanan stabilitas lereng, serta mengurangi tekanan ke struktur *footing*, kolom, pilar, atau abutment jembatan. Kadar air optimum campuran menurun seiring dengan penambahan kadar EPS pada campuran memberikan keuntungan juga, yaitu dapat mengurangi penggunaan jumlah air pada saat proses konstruksi timbunan walaupun penurunannya tidak signifikan.

Penggunaan material timbunan ringan (modifikasi campuran tanah menggunakan EPS) berpotensi menjadi salah satu solusi perbaikan tanah (*soil improvement*) untuk kasus-kasus pembangunan konstruksi timbunan di atas tanah lunak, karena diyakini dapat mengurangi deformasi yang terjadi dibandingkan dengan penggunaan material timbunan biasa. Material timbunan ringan juga memiliki fleksibilitas yang serupa dengan material timbunan biasa, sehingga dapat menempati tanah dasar secara lebih adaptif.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan berkontribusi dalam penelitian ini. Khususnya penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada UPPM Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan dana bantuan penelitian, serta dukungan dari KBK Geoteknik dan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Aziz, dan N. Ardha, "Percobaan Pendahuluan Pembuatan Refraktori Cor dari Abu Terbang PLTU Suralaya", *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 37(14), 18-28, 2006.
- [2] R. A Bella, "Pemodelan Timbunan pada Tanah Lunak dengan Menggunakan Program Plaxis", Jurusan Teknik Sipil FST Undana, 2013.
- [3] S. G. Budi, A. Cristanto, dan E. Setiawan, "Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Sifat Pengembangan Tanah Ekspansif", *Civil Engineering Dimension*, Vol. 5, No. 1, 20-24, Maret 2003, ISSN: 1410-9530, 2003.
- [4] A. Dixit, M. Nigam, dan R. Mishra, "Effect of *Fly Ash* on Geotechnical Properties of Soil", *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, Vol. 3, Issue 5, May 2016, ISSN: 2454-1907, 2016.
- [5] M. K. Fard, R. J. Chenari, dan F. Soheili. "Shear Strength Characteristics of Sand Mixed with EPS Beads Using Large Direct Shear Apparatus", *EJGE*, Vol. 20, Bund 8, 2015.
- [6] W. Guocai, S. Ling, dan J. Feili, "Study on the Strength Properties and Failure Mode of Recycled Sludge Lightweight Soil", *Applied Mechanics and Materials* ISSN: 1662-7482, Vols. 275-277, pp 1281-1284 © 2013 *Trans Tech Publications, Switzerland*, 2013.
- [7] H. C. Hardiyatmo, "Stabilisasi Tanah untuk Pekerjaan Jalan", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2010.
- [8] H. K. Illuri, "Development of Soil-EPS Mixes for Geotechnical Applications", *School of Urban Development Centre for Build Environment and Engineering Research, Queensland University of Technology, Australia*, 2007,
- [9] E. Mina, R. I. Kusuma, dan I. S. L. Subowo, "Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Nilai CBR dan Sifat-Sifat Propertis Tanah", *Jurnal Fondasi*, Volume 5, No. 2, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2016.
- [10] S.Rekha dan P. R. Kumar, "Properties and Application of EPS Beads as a Lightweight Fill Material for Embankment Construction", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Volume 3, Special Issue 5, 2014.
- [11] N. T. Rocco, "Characterization of Expanded Polystyrene (EPS) and Cohesive Soil Mixtures", *Faculty of the Graduate School of Missouri University of Science and Technology*, 2012.