

# Karakteristik Mekanis Material Geokomposit Ringan Tanah – EPS Stabilisasi Fly Ash

**Ichsan Rauf<sup>\*1</sup>, Tri Harianto<sup>2</sup>, Ardy Arsyad<sup>3</sup>, Astiah Amir<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unkhair, Kota Ternate

<sup>2</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unhas; Makassar

<sup>3</sup>Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unhas; Makassar

<sup>4</sup>Jurusan sipil, FTEKNIK UTU, Meulaboh

e-mail: <sup>\*1</sup>ichsan\_unhkair@hotmail.fr, <sup>2</sup>triharianto@yahoo.com, <sup>3</sup>ardyarsyad@yahoo.com  
<sup>4</sup>asti\_mks@yahoo.co.id

## Abstract

*This laboratory experiment intended to develop lightweight embankment material in using fly ash as a stabilized agent on soft soil and the addition of expanded polystyrenes (EPS). The fly ash derived from combustion of palm shells and tea in drinks manufacture process. In order to analyze the performance of this material, compressive strength test were applied to several composition and treatment on each sample. The samples were prepared with composition of binding agent between 3%, 5%, 10% and 15% based on samples weight, meanwhile the addition of EPS with composition 10% and 20% based on samples volume. The results presented that the highest compressive strength were founded at 5% of POFA, further it is noted that the inclusion of EPS as a soil substitution decrease the compressive strength. While, the curing periods have a significance effect on the engineering properties of lightweight materials.*

**Keywords**— *Lightweight geocomposite material, Fly ash, Expanded polysterene.*

## 1. PENDAHULUAN

Pekerjaan konstruksi jalan, umumnya dihadapkan pada permasalahan akan keberadaan tanah lunak pada trase jalan yang direncanakan, yang disebabkan oleh karakteristik tanah lempung yang memiliki daya dukung rendah, kuat geser yang rendah dan kompresibilitas tinggi [1]. Material dengan kemampuan tinggi tentu saja akan dengan mudah mengalami deformasi akibat pengaruh pembebanan atau perpindahan [2]. Perbaikan tanah kemudian menjadi upaya-upaya yang dilakukan untuk meningkatkan daya dukung lapis pondasi jalan sesuai syarat-syarat teknis. Disisi lain, penggunaan material timbunan konvensional sebagai bahan lapis pondasi umumnya dihadapkan pada permasalahan akibat berat sendiri, sehingga berpotensi menyebabkan penurunan yang massif pada tanah dasarnya [3].

Rekayasa material timbunan ringan (*lightweight geocomposite material*) merupakan upaya mereduksi beban material timbunan konvensional mengkompositkan tanah dengan material ringan, seperti : plastik, ban bekas, styrofoam. Styrofoam merupakan terminologi umum untuk *Expanded Polysterene* (EPS), yang digunakan sebagai bahan substitusi material tanah untuk mereduksi berat baik tanpa menggunakan matriks penguat (Illuri, 2007) maupun dengan menggunakan matriks penguat [4]. Namun, perkembangan teknologi pengukuran material telah megarahkan pengembangan material stabilisasi pada pemanfaatan limbah dan material daur ulang [5].

Abu terbang kelapa sawit (*Palm Oil Fuel Ash*) telah menjadi salah satu material alternatif untuk stabilisasi tanah lunak, oleh karena bersifat pozzolan. Pemanfaatan POFA sebagai material stabilisasi telah teruji dapat meningkatkan karakteristik mekanis tanah lunak, seperti : [6] stabilisasi pada tanah lempung, [7] stabilisasi pada tanah hasil pengerukan sedimen, dan [8] stabilisasi pada tanah gambut.

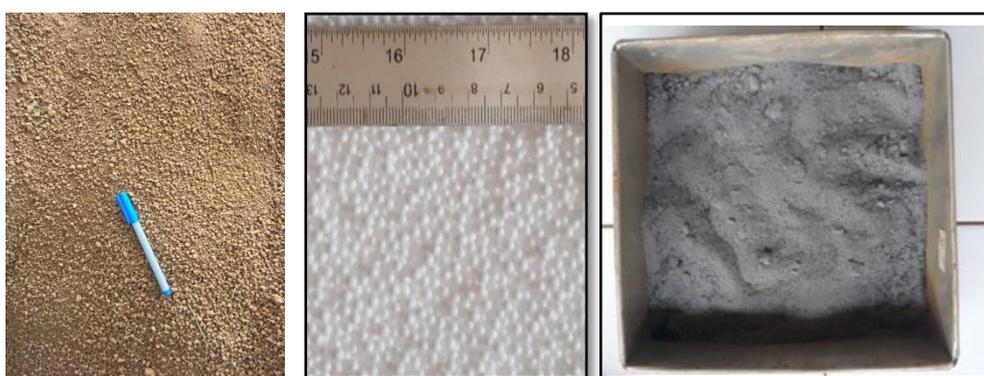
Mekanisme pengerasan material studi terdahulu kami menunjukkan bahwa karakteristik mekanis material geokomposit tanah-EPS yang distabilisasi dengan POFA mengalami peningkatan setelah masa pemeraman selama 7 hari [9]. Oleh karena, mekanisme reaksi pozzolan pada stabilisasi kimia merupakan fungsi temperatur dan waktu [10], [7], maka penelitian ini mengkaji peningkatan nilai kuat tekan bebas material geokomposit tanah-EPS terhadap pengaruh waktu pemeraman.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 *Material Penyusun Geokomposit Ringan*

Defenisi material geokomposit ringan dalam penelitian ini adalah material tanah yang dicampur dengan butiran EPS dan distabilisasi dengan abu terbang seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Tanah lunak yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lempung yang diperoleh dari lokasi Kampus Universitas Hasanuddin di Gowa. Material tanah kemudian disaring dengan saringan nomor 40 untuk mendapatkan ukuran yang seragam dan memisahkan material tanah dengan kerikil yang ikut terangkut.

Material substitusi terhadap tanah yang digunakan adalah butiran *Expanded Polysterene* (EPS) diameter EPS yang bervariasi antara 2 – 4 mm dengan nilai kepadatan  $17 \text{ kg/m}^3$ . Adapun untuk abu terbang berasal dari Industri pengolahan minuman di Kabupaten Gowa. Abu terbang ini merupakan sisa hasil pembakaran cangkang kelapa sawit dan daun teh dengan perbandingan 70% : 30%. POFA yang digunakan dalam penelitian ini setelah lolos saringan No. 200, oleh karena reaktivasi material stabilisasi sangat dipengaruhi oleh tingkat kehalusan butirannya, atau dikenal dengan luas permukaan spesifik [9].



Gambar 1. Material Penyusun Geokomposit Ringan : (a) Tanah Lempung, (b) Butiran EPS, (c) Abu Terbang

### 2.2 *Penyiapan dan Pengujian Sampel*

Karakteristik mekanis yang dikaji dalam penelitian laboratorium didasarkan pada pengaruh variasi abu terbang dan substitusi EPS terhadap tanah. Prosentase abu terbang yang digunakan sebesar 3%, 5%, 10%, dan 15%, oleh karena pada penelitian sebelumnya menunjukkan prosentase EPS hingga 20% tidak lagi menunjukkan peningkatan yang signifikan

terhadap nilai kuat tekan bebas material geokomposit. Adapun untuk material ringan *expanded polystyrene* (EPS), substitusinya terhadap tanah dilakukan dengan perbandingan volume mengingat ukuran butir EPS lebih besar dari fraksi tanah sementara beratnya hanya 1/20 dari tanah sangat mempengaruhi pembuatan sampel. Dalam penelitian ini, prosentase yang digunakan sebesar 10% dan 20% dari volume benda uji.

Karakteristik daya dukung material yang diuji dalam penelitian ini adalah kuat tekan bebas/*unconfined compression strength* (UCS). Benda uji berupa silinder dengan dimensi 5.00 cm untuk diameter dan 10.00 cm untuk tinggi. Pembuatan benda uji ini dilakukan dengan menggunakan pemadatan statis dengan menggunakan tujuan menghindarkan kerusakan butiran EPS. Pemadatan statis ini dilakukan dengan menggunakan alat CBR dengan kecepatan 1.2 mm/menit. Penerapan pemadatan statis (*static compaction*) mengacu pada prinsip volume tetap dan tegangan tetap, seperti yang di ungkapkan oleh [10], [11] dan [12]. Lebih jauh dijelaskan, dalam metode ini material dibagi menjadi 3 bagian, lapisan pertama dipadatkan hingga memenuhi 1/3 volume benda uji. Sejalan dengan itu, tegangan puncak pada pemadatan lapisan pertama dijadikan dasar sebagai tegangan yang diberikan pada pemadatan lapisan 2 dan lapisan 3.

Pengaruh pemeraman benda uji terhadap peningkatan nilai kuat tekan bebas dianalisa untuk masa pemeraman untuk 7 hari dan 28 hari. Penentuan ini mengacu pada standar yang ditetapkan pada SNI 03-3437-1994 yang menyatakan bahwa nilai kuat tekan lapis pondasi dari material tanah terstabilisasi yang memenuhi syarat setelah 7 hari adalah nilai kuat tekan bebas > 600 kPa untuk lapis pondasi bawah dan > 2100 kPa untuk lapis pondasi atas. Adapun untuk standar dari FHWA menyatakan bahwa untuk nilai kuat tekan bebas untuk lapis pondasi yang memenuhi syarat sebesar 700 kPa hingga 2100 kPa yang diukur hingga 28 hari.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 *Propertis Fisis dan Mekanis Tanah Lempung*

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanis pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 1, dari hasil tersebut, maka dengan mengacu pada sistem klasifikasi USCS, jenis material tanah yang digunakan termasuk dalam klasifikasi lempung dengan plastisitas tinggi (CH), sementara jika mengacu pada klasifikasi AASHTO, tanah lempung termasuk dalam kelompok A-&-6.

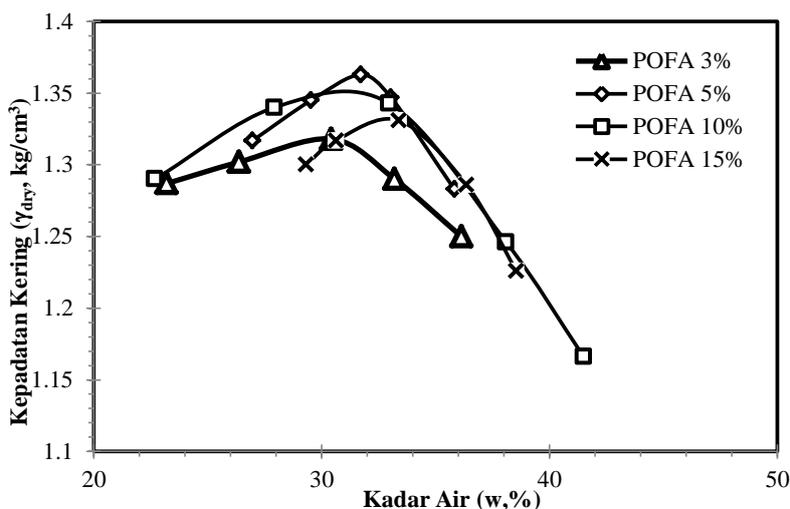
Tabel 1. Propertis tanah lempung

| No. | Pengujian                      | Hasil  | Satuan             |
|-----|--------------------------------|--------|--------------------|
| 1   | Berat Jenis (Gs)               | 2.71   |                    |
| 2   | Kadar Air (Wc)                 | 37.87  | %                  |
| 3   | Analisa Ukuran Butir           |        |                    |
|     | a. Gravel                      | 0.00   | %                  |
|     | b. Sand                        | 8,8    | %                  |
|     | c. Silt                        | 23,69  | %                  |
|     | d. Clay                        | 67,51  | %                  |
| 4   | Batas- Batas Konsistensi       |        |                    |
|     | a. Batas Cair (LL)             | 71.77  | %                  |
|     | b. Batas Plastis (PL)          | 31.51  | %                  |
|     | c. Indeks Plastis (IP)         | 40..27 | %                  |
| 5   | Kepadatan kering ( $g_{dry}$ ) | 1.39   | gr/cm <sup>3</sup> |
| 6   | Kuat tekan bebas               | 0.70   | kg/cm <sup>2</sup> |

### 3.2 Pengaruh Material Stabilisasi terhadap Kepadatan Kering

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan dengan standar proctor menunjukkan bahwa variasi penambahan POFA sebagai bahan stabilisasi mempengaruhi nilai kepadatan tanah lunak, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.

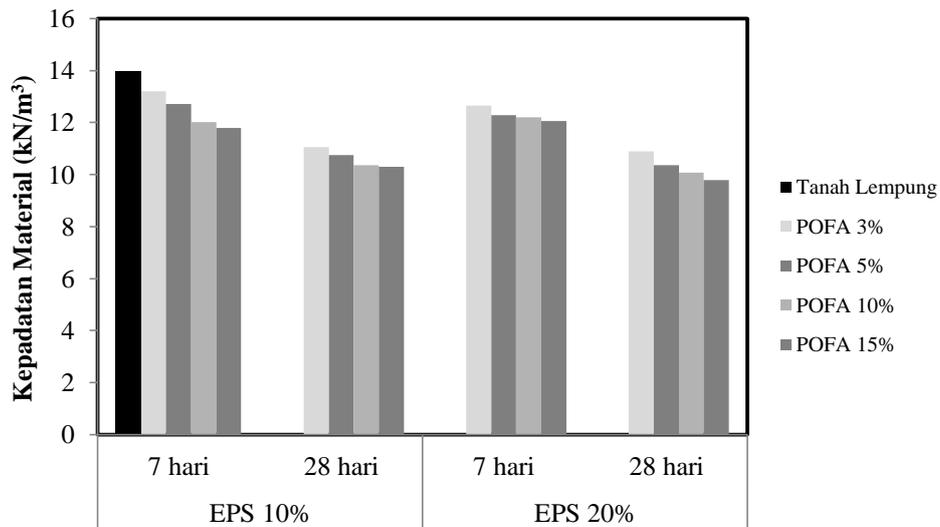
Kepadatan optimum tanah lunak yang distabilisasi dengan abu terbang ditunjukkan pada kadar POFA sebesar 5%, dengan nilai kepadatan sebesar 1,363 kg/cm<sup>3</sup> dengan kadar air sebesar 31,73%. Selain itu, pada kepadatan optimum, prosentase POFA sangat mempengaruhi kadar air optimum, dimana semakin besar POFA, maka semakin besar pula kadar air dalam material. Hal ini menunjukkan tingkat absorpsi POFA terhadap air sangat tinggi.



Gambar 2. Hubungan Kadar Air Terhadap Berat Isi Kering

### 3.3 Kepadatan Kering Material Geokomposit Ringan

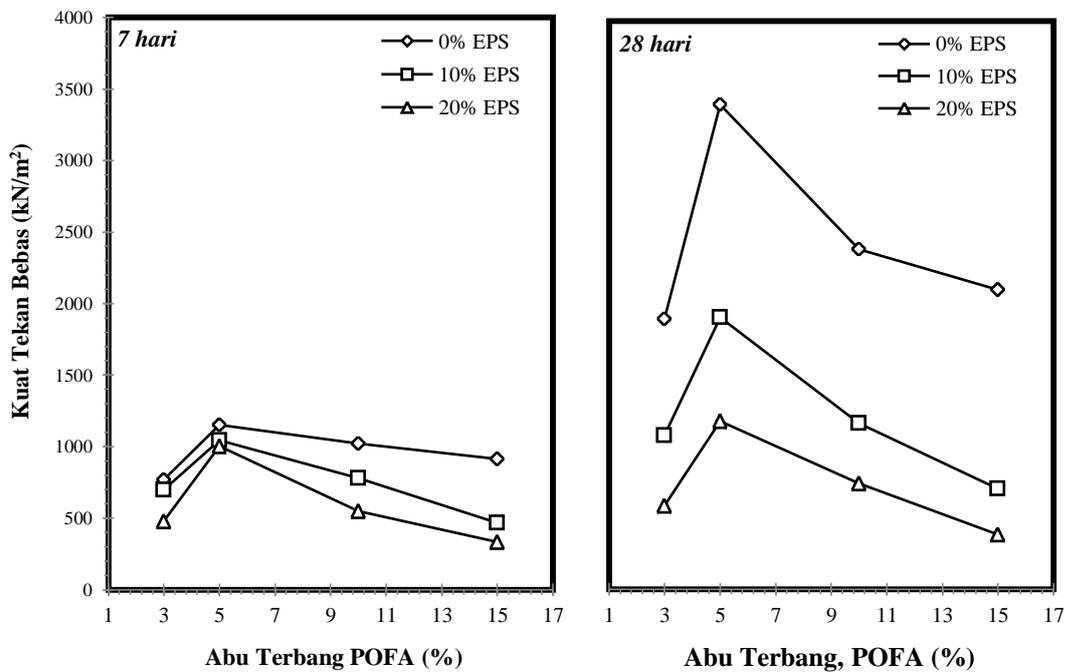
Hasil pengukuran kepadatan material geokomposit diperlihatkan pada Gambar 3. Dengan substitusi 10% EPS terhadap tanah, reduksi berat rata-rata geomaterial sebesar 12% yang diukur pada masa peram 7 hari, sementara pada pemeraman selama 28 hari kepadatan material geokomposit ringan tereduksi hingga 23%. Adapun untuk substitusi EPS sebesar 20% reduksi kepadatan material memiliki tendensi yang sama dengan 10% EPS, dimana reduksi berat sebesar 12% pada pemeraman 7 hari dan 30% pada pemeraman selama 28 hari.



Gambar 3. Kepadatan Material Geokomposit Ringan

### 3.4 Pengaruh Waktu Pemeraman terhadap Kuat Tekan Material Geokomposit

Parameter daya dukung tanah sebagai lapis pondasi jalan untuk tanah lunak berdasarkan SNI untuk menilai karakteristik mekanis dari material tanah yang distabilisasi adalah nilai kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength*). Hasil pengujian, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 4, secara umum memperlihatkan bahwa : prosentase optimum penggunaan POFA adalah sebesar 5%, substitusi EPS terhadap tanah akan mereduksi nilai kuat tekan bebas material geokomposit, dan waktu pemeraman mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas material geokomposit.



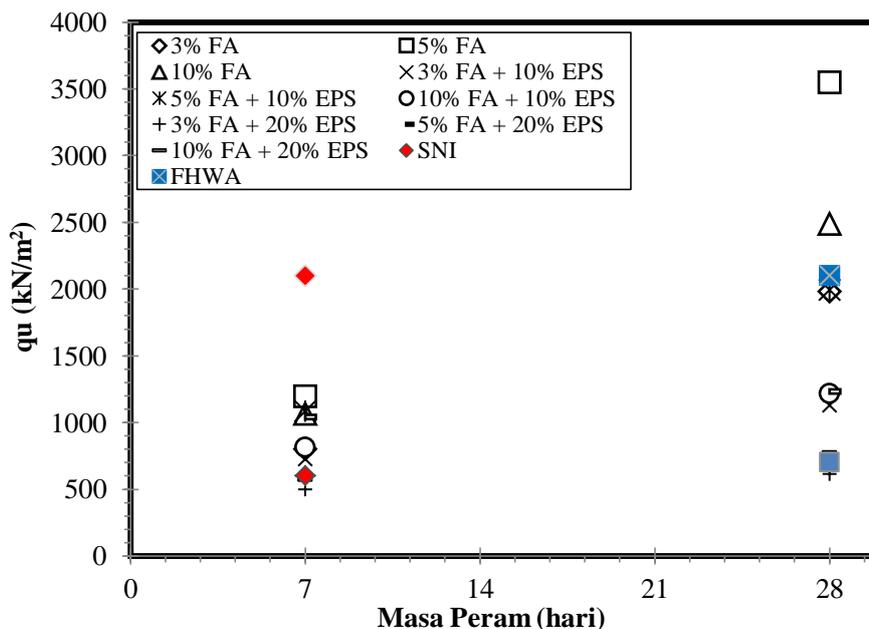
Gambar 4. Hubungan Kuat Tekan Terhadap Variasi POFA.

Pada kondisi optimum, untuk material tanpa EPS, nilai kuat tekan maksimum pada pemeraman 7 hari sebesar 1150,91 kN/m<sup>2</sup> dan nilai ini mengalami peningkatan sebesar 3 kali setelah pemeraman selama 28 hari dengan nilai kuat tekan sebesar 3413,11 kg/cm<sup>2</sup>. Adapun pada material geokomposit dengan substitusi EPS sebesar 10%, nilai kuat tekan bebas mengalami penurunan. Jika dibandingkan terhadap material tanpa EPS, nilai ini tereduksi sebesar 9% pada pemeraman 7 hari, sementara pada pemeraman 28 hari terjadi penurunan hingga 44%. Kondisi yang sama juga ditunjukkan pada substitusi 20% EPS, dimana nilai kuat tekan pada pemeraman 7 hari tereduksi sebesar 13% sementara setelah pemeraman nilai tersebut mengalami reduksi sebesar 63%. Walaupun mengalami penurunan nilai kuat tekan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan material tanpa EPS, nilai kuat tekan material geokomposit masih lebih tinggi dibandingkan dengan tanah lempung tanpa perlakuan yang hanya sebesar 0,705 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.5 Kriteria Campuran Material Geokomposit Ringan

Hasil pengujian dan pemetaan nilai kuat tekan bebas material terhadap standar yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 5. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar material memenuhi syarat untuk dapat dimanfaatkan sebagai lapis pondasi jalan, namun jika mengacu pada standar SNI material hanya dapat digunakan sebagai lapis pondasi bawah, sementara jika mengacu pada standar FHWA, penambahan 5% - 10% tanpa substitusi EPS memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai LPA.

Geokomposit material dengan 10% EPS yang memenuhi syarat teknis hanya dengan penggunaan POFA sebesar 3% - 10% dengan nilai kuat tekan bebas yang bervariasi 7,10 kN/m<sup>2</sup> - 10,64 kN/m<sup>2</sup> pada masa peram 7 hari, sementara pada pemeraman 28 hari nilai berada 11,06 kN/m<sup>2</sup> - 19,53 kN/m<sup>2</sup>. Adapun pada Geokomposit dengan 20% EPS, yang memenuhi persyaratan teknis hanya dengan penggunaan POFA sebesar 5% saja dengan nilai kuat tekan bebas masing-masing sebesar 10,21 kN/m<sup>2</sup> dan 12,06 kN/m<sup>2</sup> untuk pada masa peram 7 hari dan 28 hari. Dengan demikian maka dalam perancangan lapis pondasi bawah jalan direkomendasikan pemanfaatan POFA sebagai bahan stabilisasi tanah lunak hanya sebesar 3 - 10 dengan variasi EPS sebesar 10% dan 20% dari volume pekerjaan yang akan dikerjakan.



Gambar 5. Pemetaan Nilai Kuat Tekan Bebas Terhadap Standar SNI dan FHWA.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka kesimpulan yang dapat ditarik adalah :

1. Abu terbang hasil pembakaran cangkang kelapa sawit yang dicampurkan dengan daun teh mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas pada tanah lunak, dimana nilai kuat tekan bebas tanah yang distabilisasi POFA meningkat hingga 55 kali.
2. Substitusi EPS terhadap tanah lunak dapat mereduksi berat material, dimana pada prosentase EPS 10% berat material geokomposit menurun hingga 23%, sementara pada prosentase EPS 20% reduksi berat sebesar 30%.
3. Mengacu pada standar SNI dan FHWA, maka material geokomposit penelitian ini hanya dapat digunakan sebagai lapis pondasi bawah, dengan komposisi rancangan material meliputi : abu terbang sebesar 5% – 10% berdasarkan berat isi kering tanah lempung dan butiran EPS sebesar 10% – 20% dari volume timbunan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darwis, 2017, Dasar - Dasar Teknik Perbaikan Tanah, Yogyakarta: Pustaka AQ.
- [2] J. S. Horvath, 1997, The Compressible Inclusion Function of EPS Geofoam, *Geotextiles and Geomembranes*, pp. 77-120.
- [3] N. Rygg and A. Sorlie, 1981, Polystyrene Foam for Lightweight Road Embankment," *ISSMGE*, pp. 247-252.
- [4] G. E. Abdelrahman, 2009, Lightweight Fill Using Sand, Polystyrene Beads and Cement, in *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*.
- [5] B. M. Das, 2013, Chemical and Mechanical Stabilization, in *Transportation in the New Era Millenium*.
- [6] L. Gungat, E. E. Putri and J. Makinda, 2013, Effects of Oil Palm Shell and Curing Time to the Load-Bearing Capacity of Clay Subgrade, *Procedia Engineering*, pp. 690-697.
- [7] H. Yu, J. Yin, A. Soleimanbeigi and W. J. Likos, 2017, Effects of Curing Time and Fly Ash Content on Properties of Stabilized Dredged Material, *Journal Material Civil Engineering* , pp. 1-11.
- [8] A. Juhaizad, R. Abdul Samad Abdul, M. A. Mohd Ridzuan and A. R. Khif Farhan, 2011, Peat Soil Treatment Using POFA, in *Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research (CHUSER 2011)*, Penang, 2011.
- [9] I. Rauf, L. Samang, T. Harianto and A. Arsyad, 2020, Compressive strength of lightweight geocomposit soil-EPS stabilized with palm oil-tea fly ash, in *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- [10] A. C. A. A. ACAA, 2003, Fly Ash Facts For Highway Engineers (FHWA-IF-03-019), FHWA, Washington.
- [11] M. Janz and S.-E. Johansson, 2002, The Function of Different Binding Agents in Deep Stabilization, Swedish Deep Stabilization Research Centre, Swedia.
- [12] Y. J. Cui and P. Delage, 1996, Yielding and plastic behaviour of an unsaturated compacted silt," *Geotechnique*, pp. 291-311.

- [13] K. J. B.V. Venkatarama Reddy, 1993, The Static Compaction of Soils, *Geotechnique*, pp. 337-341.
- [14] A. D. Binu Sharma, 2016, Static Compaction Test and Determination of Equivalent Static Pressure, in *Indian Geotechnical Conference*, India.
- [15] SNI 2847, 2013, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.