

PENGARUH PEMERAMAN TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS TANAH LEMPUNG STABILISASI LIMBAH ASPAL BUTON

Ichsan Rauf^{1*}, Lawalenna Samang², Tri Harianto², Ardy Arsyad²

¹ Mahasiswa Doktor, Department of Civil Engineering, Hasanuddin University, Indonesia

² Professor, Department of Civil Engineering, Hasanuddin University, Indonesia

*Email: ichsan_unkhair@hotmail.fr

Abstrak

Tanah lunak menjadi permasalahan utama dalam pelaksanaan konstruksi bangunan sipil karena memiliki daya dukung yang rendah, kuat geser yang rendah dan bersifat kompresibel. Upaya stabilisasi tanah bertujuan untuk meningkatkan nilai-nilai mekanis tersebut, sehingga dapat mendukung konstruksi yang ada di atasnya. Dari berbagai jenis material stabilisasi yang telah ada, seperti : kapur, semen, flyash, alkaline dll., penelitian ini mencoba memanfaatkan limbah aspal buton (LAB) sebagai material stabilisasi pada tanah lempung. Pencampuran didasarkan pada berat tanah kering dengan persentase LAB sebesar 3,5,7 dan 9 pada kadar air optimum. Perilaku mekanis diamati melalui pengujian kuat tekan bebas dengan waktu pemeraman selama 7, 14 dan 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tanah lempung yang distabilisasi dengan LAB menunjukkan peningkatan sebesar 40 kali hingga 64 kali dibandingkan tanah tanpa stabilisasi. Secara umum, pada umur pemeraman 2 minggu merupakan masa peningkatan kekuatan yang kemudian diikuti peningkatan bertahap dari sampel hingga 28 hari dari waktu yang diamati. Nilai kuat tekan pada pemeraman 7 hari, lebih besar 4 kali sebagai LPB dan 1,2 kali untuk LPA terhadap nilai yang disyaratkan dalam SNI, sementara untuk pemeraman 28 hari nilai kuat tekan lebih besar melampaui nilai minimal yang disyaratkan dalam FHWA.

Kata kunci: Limbah aspal buton, stabilisasi, nilai kuat tekan bebas, waktu pemeraman

PENDAHULUAN

Distribusi tanah lunak dan gambut yang mencapai 20 juta hektar atau 10% dari luas wilayah Indonesia (Kimpraswil, 2002) menjadi sebuah tantangan dalam pemerataan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Umumnya, tanah lempung ataupun gambut memiliki sifat mekanis yang rendah baik itu daya dukung dan kuat geser, permeabilitas rendah serta kompresibilitas tinggi (Das 2010). Hal ini tentu saja akan mempengaruhi kestabilan struktur bangunan yang dibangun di atasnya.

Stabilisasi merupakan upaya mengubah atau menjaga properti tanah untuk meningkatkan karakteristik dan kinerja teknis tanah, baik itu secara dinamis, mekanis dan kimiawi. Stabilisasi tanah secara kimiawi menggunakan material yang dapat bereaksi dengan tanah sehingga dapat meningkatkan kuat geser dan kohesivitas pada tanah lunak. Mekanisme stabilisasi tanah secara kimiawi tergantung pada reaksi kimia antara stabilizer (bahan semen) dan mineral tanah (bahan pozzolan) untuk mencapai efek yang diinginkan (Murthy, et al. 2016). Semen dan kapur merupakan material stabilisasi pada tanah lunak yang umumnya sering digunakan, dimana material ini dapat meningkatkan karakteristik mekanis tanah (Panday and Rabbani 2017), (Farooq, et al. 2011), (Todingrara, et al. 2017), namun dari aspek lingkungan semen dan kapur tohor dianggap tidak ramah lingkungan karena dalam proses produksinya. Alternatif material stabilisasi kemudian yang lebih ramah lingkungan kemudian menjadi sebuah solusi dalam pengembangan material stabilisasi tanah, seperti dengan pemanfaatan *fly ash* (Rauf, et al. 2018) (Indera, Mina and Rahman 2016), penggunaan bakteri (Hasriana, et al. 2018), pemanfaatan material alam (Dhani, et al. 2018) ataupun dengan menambahkan serat *propylene* untuk meningkatkan karakteristik mekanisnya (Harianto, et al. 2008) maupun serat alami (Nurdin, et al. 2016).

Aspal alam Buton merupakan potensi lokal dengan deposit yang mencapai 672 juta ton, namun demikian pemanfaatannya masih belum optimal oleh karena hanya digunakan sebagai modifier pada campuran aspal minyak. Proses ekstraksi aspal buton dari butiran granularnya, tidak hanya menghasilkan mineral aspal alam buton juga menghasilkan produk sampingan berupa limbah aspal buton (LAB). Dari hasil pengujian XRD, menunjukkan keberadaan mineral kapur yang cukup tinggi pada LAB mendasari penelitian ini dengan hipotesis bahwa mineral LAB pada material ini memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan stabilisasi pada tanah lunak.

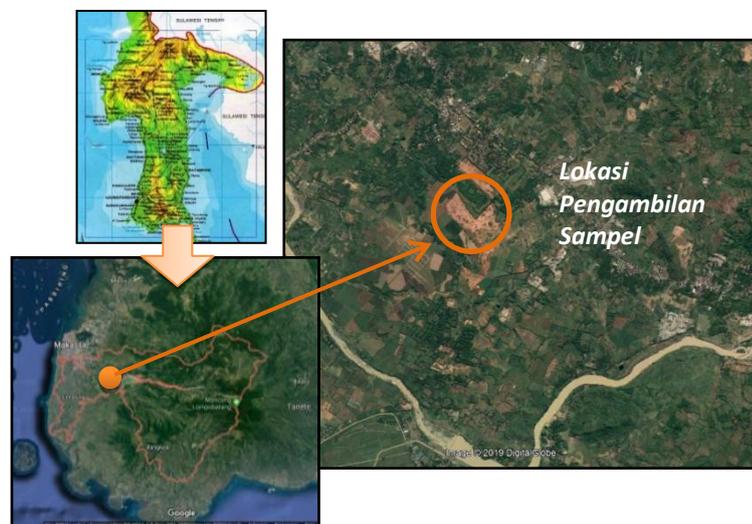
Federal Highway Administration (FHWA) menetapkan syarat nilai kuat tekan material timbunan yang distabilisasi pada pemeraman 28 hari sebesar 0,7 MPa hingga 2,1 MPa atau setara dengan sebesar 7,14 kg/cm² hingga 21,41 kg/cm². Adapun kriteria desain material timbunan yang distabilisasi di Indonesia mengacu pada SNI 03-3437-1994 untuk material tanah stabilisasi kapur dan SNI 03-3438-1994 untuk tanah stabilisasi semen. Standar tersebut menentukan kuat tekan minimum pada 7 hari untuk Lapis Pondasi Bawah (LPB) sebesar 6,18 kg/cm² dan 22,43 kg/cm² untuk Lapis Pondasi Atas (LPA). Berdasarkan kriteria desain tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh LAB dan waktu pemeraman terhadap peningkatan nilai kuat tekan sebagai dasar menentukan rancangan desain timbunan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penyiapan Material Uji

Tanah Lempung

Material tanah lempung dalam penelitian ini disampling dari tanah timbunan di Kabupaten Gowa, yang secara astronomis berada pada 5°16'44.79" LS dan 119°32'12.39" BT. Pengujian propertis tanah mengacu pada standar *ASTM (American Standard for Testing and Material)*, adapun klasifikasi tanah mengacu pada standar *USCS (Unified Soil Classification System)* dan *AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)*.



Gambar 1. Lokasi quarry pengambilan sampel tanah lempung

Limbah Aspal Buton (LAB)

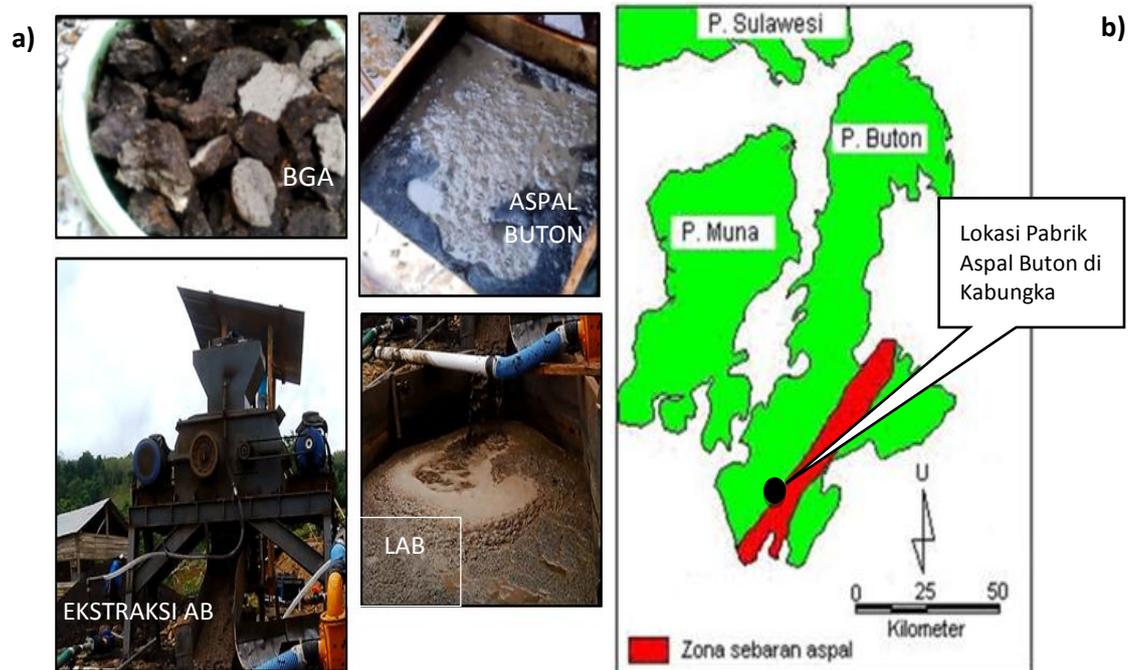
Terminologi limbah aspal buton merupakan produk sisa hasil ekstraksi aspal buton dari butiran granularnya seperti yang diperlihatkan pada gambar 2. Material LAB yang diambil dari pabrik pengolahan aspal buton di Pulau Baubau. Untuk dapat dipergunakan sebagai bahan stabilisasi, material ini kemudian dihancurkan kemudian hingga lolos saringan No. 100. Hal ini didasarkan pendapat (Janz and Johansson 2002), yang mengungkapkan bahwa reaktivasi material stabilisasi sangat dipengaruhi oleh tingkat kehalusan butirannya, atau dikenal dengan luas permukaan spesifik. Sehingga, semakin tinggi permukaan spesifik, semakin cepat bahan bereaksi.

Prosedur Pengujian

Penyiapan Sampel

Rancangan campuran tanah lempung dengan stabilisasi limbah aspal buton pada penelitian ini didasarkan pada perbandingan berat limbah aspal buton terhadap berat kering tanah lempung (\square d) hasil dari kompaksi. Oleh karena hasil XRD menunjukkan material limbah aspal buton dominan merupakan gypsum, maka prosentase limbah aspal buton yang digunakan adalah 3%, 5% 7% dan 9% yang didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan oleh (Todingrara, et al. 2017). Sampel benda uji UCT berbentuk silinder dengan dimensi 5,5 cm diameter dan tinggi 11 cm. Jumlah sampel

untuk setiap variasi dibuat 3 buah dengan pemeraman sampel dilakukan selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari.



Gambar 2. (a) Proses ekstraksi limbah aspal buton (b) Lokasi sampling LAB

Pembuatan dan Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pembuatan benda uji, dilakukan dengan menerapkan metode *static compaction* berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Cui and Delage 1996) (Venkatarama Reddy and Jagadish 1993) dan (Sharma and Deka 2016). Prosedur pemadatan statis mengacu pada “volume benda uji” dan “tegangan konstan”, dimana material uji dibagi atas tiga bagian, lapisan pertama dipadatkan hingga mencapai 1/3 volume mold dan besar tekanan pada lapisan 1, dijadikan nilai tegangan yang akan diberikan pada lapisan 2 dan 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisis, Fisik dan Mikrostruktur Material Uji

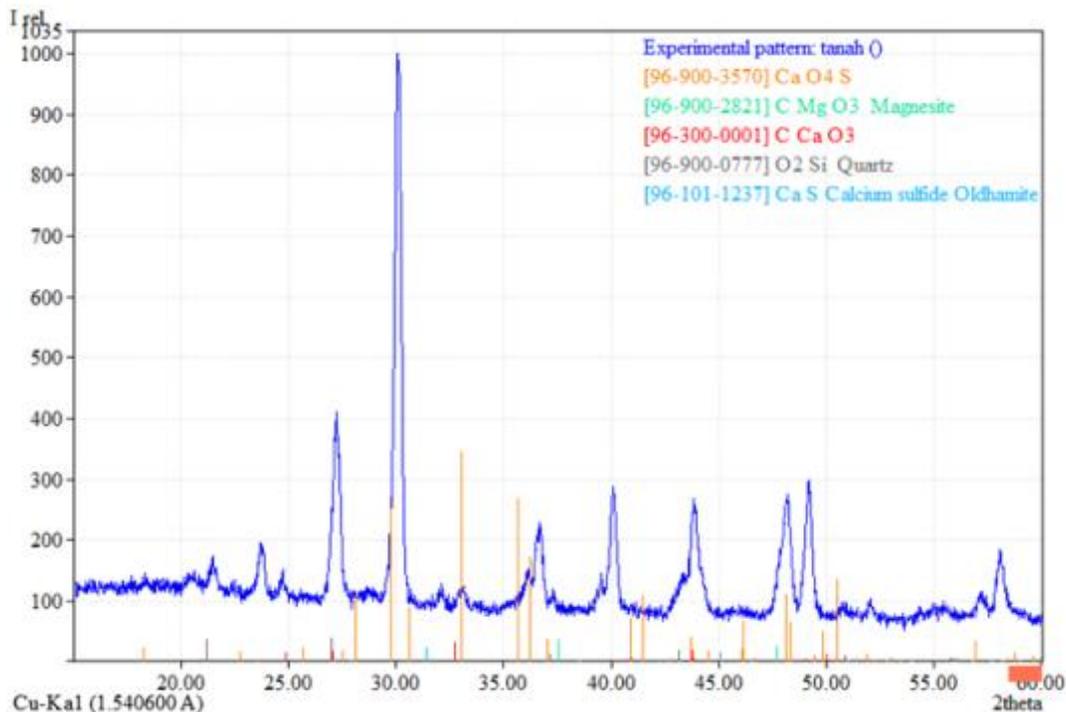
Hasil pengujian propertis tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini dipresentasikan pada tabel 1. Analisa saringan menunjukkan prosentase lanau/lempung mencapai 62,59% dengan indeks plastisitas tanah sebesar 29,29%. Hal ini menunjukkan bahwa material lempung yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan klasifikasi USCS termasuk dalam kelompok tanah lempung lunak anorganis dengan plastisitas tinggi (CH). Sementara berdasarkan AASHTO termasuk dalam kelompok A-7-6.

Pengujian kandungan mineral dalam LAB dilakukan dengan melakukan uji XRF (X-ray Fluorescence) dan XRD (X-ray Diffraction). Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian XRD pada material LAB ini, menunjukkan bahwa senyawa dominan yang terkandung didalam mineral ini adalah *gypsum* (CaSO₄) sebesar 63,63%; *kalsit* (CaCO₃) sebesar 15,54% dan *quartz* (SiO₂) sebesar 16,46%, adapun sisanya berupa senyawa *Calcium sulfide Oldhamite* dan *Magnesite*, masing-masing 2,78% dan 1,60%.

Tabel 1. Hasil pengujian Sifat Fisis Tanah Lempung

No	Karakteristik Tanah	Satuan	Hasil
1	Berat Jenis (Gs)	-	2.71
2	Kadar air mula-mula(Wn)	%	12.15

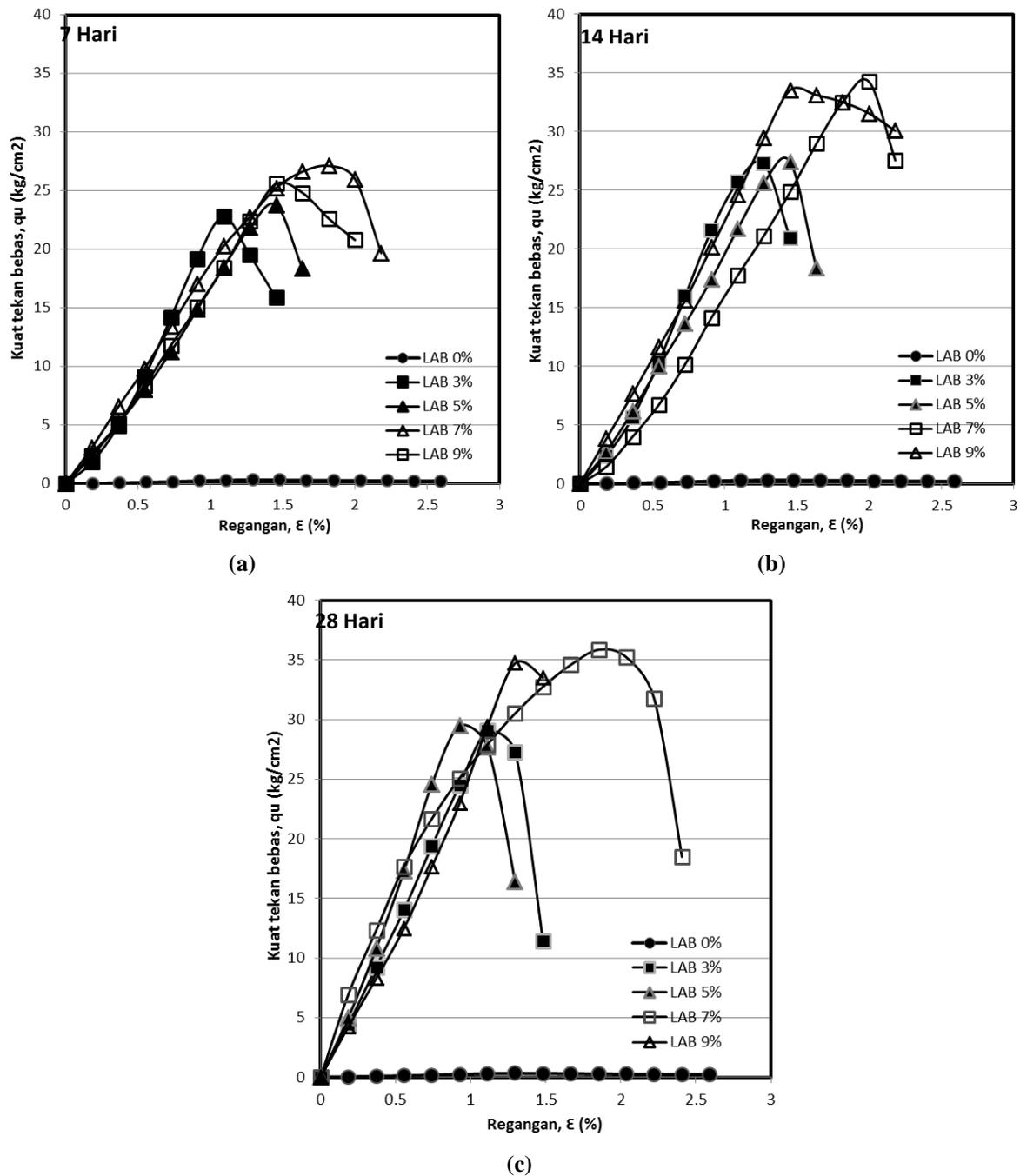
3	Analisa saringan		
4	a. Pasir	%	31.60
	b. Lanau	%	19.28
	c. Lempung	%	49.12
5	Batas-batas konsistensi		
	a. Batas cair (LL)	%	58.37
	b. Batas plastis (PL)	%	29.08
	c. Indeks plastis (PI)	%	29.29
	d. Batas susut (SL)	%	20.16
6	Pemadatan Standard Proctor		
	a. Berat kering maksimum (ρ_d maks)	gr/cm ³	1.41
	b. Kadar air optimum (wopt)	%	25.28
7	Kuat Tekan Bebas	kg/cm ²	0.57



Gambar 3. Hasil XRD limbah aspal buton (LAB)

Tegangan-Regangan Tanah Stabilisasi LAB

Hasil pengujian kuat tekan bebas tanah stabilisasi LAB digambarkan dalam grafik hubungan tegangan dan regangan (gambar 4). Secara umum, modulus elastisitas meningkat seiring dengan meningkatnya kadar LAB dalam sampel dan waktu pemeraman.



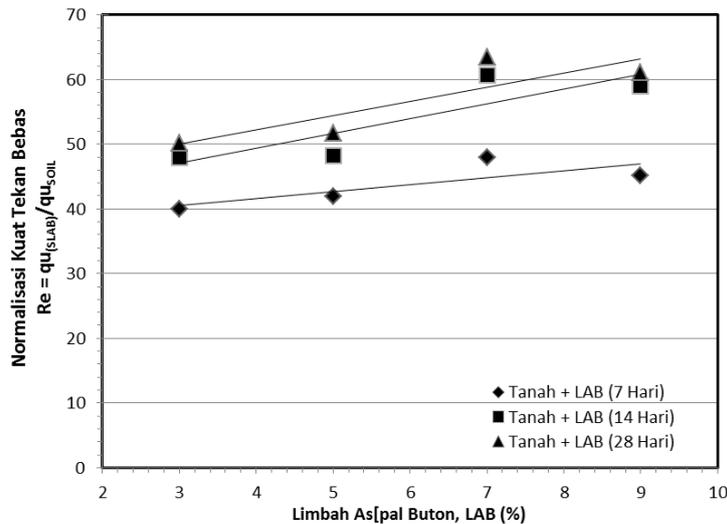
Gambar 4. Tegangan dan Regangan sampel a) 7 hari, b) 14 hari dan c) 28 hari

Dari grafik tegangan-regangan, menunjukkan keruntuhan sampel terjadi pada batas elastis-plastis dengan nilai regangan antara 1,00% - 2,50%. Hal ini menunjukkan bahwa LAB sebagai material stabilisasi mempengaruhi perilaku getas tanah, namun menghasilkan nilai tegangan yang lebih tinggi. Adapun waktu pemeraman hanya memberikan pengaruh terhadap peningkatan kuat tekan pada material tanah stabilisasi LAB.

Pengaruh Waktu terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas

LAB sebagai bahan stabilisasi tanah lempung dapat meningkatkan nilai kuat tekan tanah dari 40 kali hingga 64 kali dari kuat tekan tanah tanpa LAB (gambar 5). Kuat tekan benda uji cenderung meningkat seiring dengan penambahan prosentase LAB, dimana kuat tekan maksimum terjadi pada kadar LAB sebesar 7% pada setiap masa pemeraman. Proses pengerasan optimal sampel uji terjadi umur pemeraman 7 hari hingga 14 hari, dimana nilai kuat tekan naik secara signifikan. Adapun pada

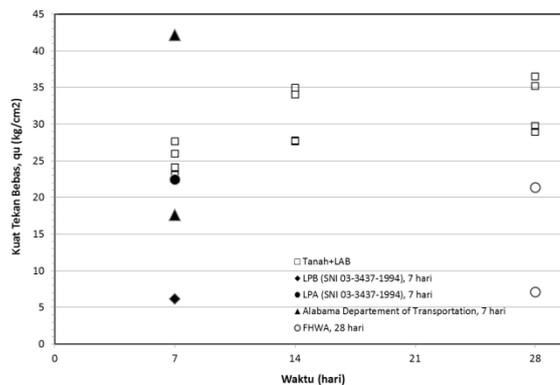
umur pemeraman dari 14 hari hingga 28 hari peningkatan nilai kuat tekan mulai bertahap namun dengan laju yang lebih rendah.



Gambar 5. Nilai kuat tekan bebas tanah stabilisasi LAB

Desain Kuat Tekan Tanah Stabilisasi LAB sebagai Timbunan

Gambar 6, menunjukkan nilai kuat tekan material timbunan tanah lempung stabilisasi LAB meningkat sejalan dengan periode pemeraman yang dilakukan. Secara umum, terlihat bahwa nilai kuat tekan material tanah stabilisasi LAB pada berada diatas standar-standar yang digunakan sebagai pembandingan, baik itu SNI, FHWA dan Alabama Department of Transportation.



Gambar 6. Kriteria desain Tanah Stabilisasi LAB untuk Timbunan

Nilai kuat tekan bebas yang diperoleh pada pemeraman 7 hari diperoleh nilai 23.05 kg/cm² – 27.62 kg/cm², nilai-nilai tersebut jika mengacu pada standar SNI telah memenuhi persyaratan untuk dapat dipergunakan sebagai material sebagai lapis pondasi, baik itu sebagai LPB maupun sebagai LPA. Namun berdasarkan standar Alabama, nilai yang diperoleh hanya memenuhi syarat sebagai lapis pondasi bawah oleh karena nilai yang diperoleh berada dibawah 600 psi atau 42,18 kg/cm². Adapun jika mengacu pada standar FHWA, nilai kuat tekan material bervariasi dari 28.95 kg/cm² - 36.54 kg/cm² diperoleh pada periode pemeraman 28 hari. Nilai-nilai tersebut telah lebih besar dari 7.13 kg/cm² – 21.41 kg/cm², baik sebagai LPB maupun LPA.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan laboratorium pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Limbah aspal buton dapat meningkatkan nilai kuat tekan tanah lempung, dimana terlihat dari peningkatan nilai kuat tekan 40 sampai 64 kali dari tanah tanpa stabilisasi. Waktu pemeraman juga mempengaruhi peningkatan nilai kuat tekan, dimana waktu pengerasan optimum terjadi pada masa pemeraman 7 – 14 hari.

- 2) Nilai kuat tekan sampel tanah stabilisasi LAB yang diperoleh melampaui nilai standar untuk digunakan sebagai material timbunan, baik itu yang disyaratkan dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) maupun FHWA (Federation of Highway Administration). Dengan demikian, LAB sebagai potensi lokal dengan deposit yang besar dapat digunakan sebagai alternatif bahan stabilisasi tanah lunak pengganti material bahan stabilisasi semen dan kapur yang umumnya digunakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami berterima kasih kepada LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) atas dukungan pendanaan selama penelitian ini dilaksanakan serta Laboratorium Universitas Hasanuddin dimana penelitian ini kami laksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Cui, Y. J., and P. Delage. "**Yielding And Plastic Behaviour Of An Unsaturated Compacted Silt.**" *Geotechnique*, 1996: 291-311.
- Das, Braja M. *Principles Of Geotechnical Engineering*. Vol. 7th. Stamford: Cengage Learning, 2010.
- Dhani, Noor, Lawalenna Samang, Tri Harianto, and A.R Djamaluddin. "**Characteristics Study of Over Boulder Asbuton as Pozzalanic Material for Soft Soil Stabilization.**" *International Seminar On Infrastructure Development*. Manado, 2018.
- Farooq, S.M., M.A. Rouf, S.M.A. Hoque, and S.M.A. Ashad. "**Effect of lime and Curing Period on Unconfined Compressive Strength of Gazipur Soil, Bangladesh.**" *4th Annual Paper Meet and 1st Civil Engineering Congress*. Dhaka, 2011.
- Harianto, Tri, S. Hayashi, Y. J Du, and D. Suetsugu. "**Effects of Fiber Additives in the Desiccation Crack Behavior of the Compacted Akaboku Soil as A Material for Landfill Cover Barrier.**" *Water Air Soil Pollution*, 2008: 141-149.
- Hasriana, Lawalenna Samang, Tri Harianto, and M. N. Djide. "**Bearing capacity improvement of soft soil subgrade layer with Bio Stabilized Bacillus Subtilis.**" *MATEC*, 2018.
- Indera, Rama, Enden Mina, and Taufik Rahman. "**Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan Fly Ash Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas.**" *Jurnal Fondasi (Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)* 5, no. 1 (2016): 97-106.
- Janz, Mårten, and Sven-Erik Johansson. *The Function of Different Binding Agents in Deep Stabilization*. National Deep Mixing Program, Swedia: Swedish Deep Stabilization Research Centre, 2002.
- Murthy, GVLN, K.B.V. Siva Kavya, A. Venkata Krishna, and B Ganesh. "**Chemical Stabilization Of Sub-Grade Soil With Gypsum And Nacl .**" (*International Journal of Advances in Engineering & Technology*) 9, no. 5 (2016).
- Nurdin, Sukirman, Lawalenna Samang, Johannes Patanduk, and Tri Harianto. "**Kinerja Tanah Lunak Stabilisasi Fly Ash Dengan Perkuatan Serat Alami Sebagai Lapis Penutup Landfill.**" *Inersia*, 2016.
- Panday, Anil, and Ahsan Rabbani. "**Soil Stabilisation Using Cement.**" (*IJCIET*) 8, no. 6 (2017).
- Rauf, Ichsan, Lawalenna Samang, Tri Harianto, and Ardi Arsyad. "**Compressive Strength Of Lightweight Geocomposit Soil-Eps Stabilized With Palm Oil-Tea Fly Ash.**" *Intenational Seminar on Infrastructure Development*. Manado: Unhas, 2018.
- Sharma, Binu, and Animesh Deka. "**Static Compaction Test and Determination of Equivalent Static Pressure.**" *Indian Geotechnical Conference*. India, 2016. 1-4.
- Todingrara, Y.S., M.W. Tjaronge, Tri Harianto, and Muhammad Ramli. "**Performance of Laterite Soil Stabilized with Lime and Cement as a Road Foundation.**" (*Research India Publications*) 12, no. 14 (2017).
- Venkatarama Reddy, B.V., and Kaup Jagadish. "**The Static Compaction of Soils.**" *Geotechnique*, 1993: 337-341.