

PENGARUH WAKTU PEMERAMAN TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG YANG DISTABILISASI DENGAN ABU SERBUK KAYU

Herman ¹⁾, Sarumaha E. ²⁾

¹⁾ Dosen Teknik Sipil

²⁾ Mahasiswa Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Padang

Diterima 17-12-2016; revisi 11-01-2017; disetujui 19-01-2017; publish 01-02-2017

ABSTRAK

Serbuk kayu merupakan hasil sampingan dari industri pembuatan kozen dan pintu yang keberadaannya sangat banyak dijumpai khususnya di kota Padang. Pertumbuhan penduduk kota yang semakin pesat, dan ekonomi masyarakat semakin membaik, membuat kebutuhan perumahan menjadi prioritas utama. Akibatnya industri kuzen dan pintu tumbuh dengan subur dan bahan limbah berupa serbuk kayu akan meningkat keberadaannya. Bertolak dari hal diatas, peneliti mencoba memanfaatkan bahan limbah ini untuk meningkatkan daya dukung tanah lempung. Bahan serbuk kayu diambil pada jln Siteba-ByPass Padang. Tanah lempung sebagai sampel diambil di Jalan ByPass KM 15 dengan kedalaman pengambilan adalah 1 m dari muka tanah. Pembakaran serbuk kayu diadakan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Padang dengan suhu $\pm 700^{\circ}\text{C}$. Penambahan abu serbuk kayu 0%, 3% dan 6% dari berat kering tanah. Dengan bervariasi waktu pemeraman selama 0, 1, 4, 7 hari, maka ditinjau nilai CBR(terendam, tidak terendam) tanah lempung dan tanah yang telah dicampur abu serbuk kayu. Uji yang dilaksanakan adalah pengujian sifat fisis tanah terdiri dari pengujian berat jenis, batas-batas Atterberg dan saringan, serta pengujian sifat mekanis yang mencakup uji pemadatan dan CBR (terendam dan tidak terendam), baik untuk tanah asli, maupun tanah yang telah dicampur dengan abu serbuk kayu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, abu serbuk kayu dapat memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung. Nilai batas cair, indeks plastis dan % lolos saringan 200 menurun, sedangkan nilai batas plastis, batas susut, kepadatan tanah, nilai CBR meningkat. Hasil terbaik dicapai saat pemeraman 1 hari dengan pencampuran 6% abu serbuk kayu.

KATA KUNCI : serbuk, lempung, pemeraman, fisis, mekanis

1. PENDAHULUAN

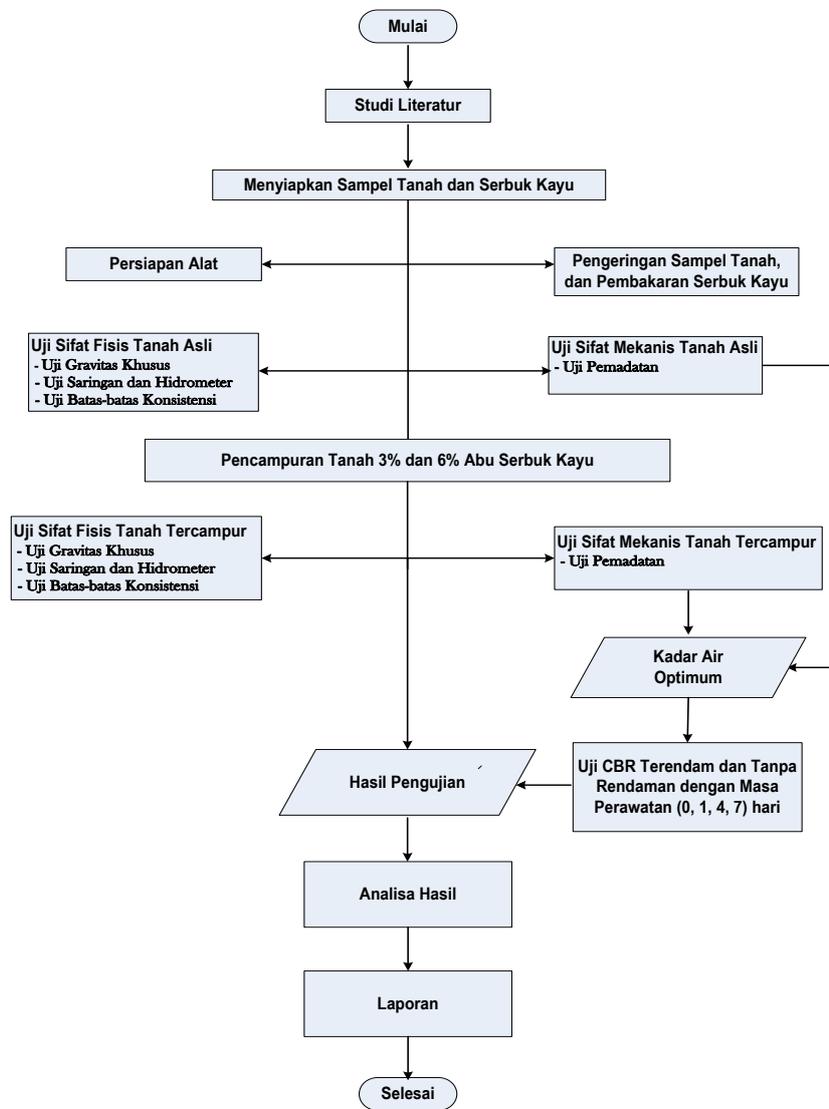
Tanah merupakan sarana pendukung konstruksi yang selalu tersedia dilapangan, oleh karena tanah ini harus mendapat perhatian khusus agar dapat mendukung konstruksi dengan aman. Tanah yang stabil tidak akan mendatangkan masalah, tetapi bagaimana dengan tanah yang tidak stabil seperti tanah lempung misalnya. Tanah jenis ini sebaiknya distabilkan terlebih dahulu sebelum membangun konstruksi diatasnya. Pekerjaan ini dilakukan agar sifat tanah ini tidak mendatangkan permasalahan terhadap konstruksi diatasnya dikemudian hari. Sebagai bahan alternatif untuk perbaikan tanah lempung, pada penelitian ini, digunakanlah abu serbuk kayu. Bahan ini cukup banyak tersedia dan mudah dijumpai dimana saja. Abu kayu adalah material (umumnya berupa bubuk) yang tersisa setelah pembakaran kayu, umumnya 6% - 10% massa kayu yang dibakar menghasilkan abu. Abu kayu mengandung kalsium karbonat sebagai komponen utamanya, namun komposisi abu kayu sangat tergantung pada jenis kayu dan kondisi pembakaran seperti temperatur (*Wikipedia*). Pencampuran abu dengan tanah lempung ini perlu waktu pemeraman. Ini dilakukan agar abu dapat memberikan efek yang optimal kepada perbaikan tanah lempung. Beberapa penelitian telah dilaksanakan untuk memperbaiki sifat tanah lempung dengan menggunakan bahan abu dan waktu pemeraman yang bervariasi.

Abu sekam padi dapat memperbaiki sifat-sifat tanah lempung dan dapat meningkatkan daya dukung tanah, tetapi semakin banyak abu sekam digunakan, daya dukung tanah akan terus menurun, hasil efektif dicapai adalah 6% kandungan abu sekam padi dalam tanah lempung (Adha.I, 2011). Penambahan 6% abu sekam padi terhadap tanah lempung *ekspansif*, nilai CBR tak terendam yang dirawat terus meningkat seiring waktu, untuk CBR terendam yang dirawat terjadi penurunan pada hari ke-7 (Saputra, FB dkk. , 2007). Nilai kuat tekan bebas tanah meningkat seiring penambahan pasir dan lama pemeraman (Antara PA, Aribudiman IN dkk, 2013). Penambahan kapur mampu meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah namun dengan durasi

pemeraman yang cukup lama (Andrean P, Iswan dkk, 2016). Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut diatas, waktu pemeraman dapat memberikan pengaruh terhadap sifat mekanis tanah yang telah dicampur dengan bahan abu, terutama nilai CBR tanah. Hal ini menarik untuk dievaluasi lagi dengan menggunakan bahan abu serbuk kayu.

2. METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Padang. Tanah lempung sebagai sampel diambil pada ruas jalan Bypass Padang – Duku KM 15 berjarak ± 30 m kanan jalan, dengan kedalaman pengambilan 1,00 m dari muka tanah. Bahan serbuk kayu diambil dari tempat pengolahan kayu Jln. Siteba – ByPass dan pembakarannya diadakan di Laboratorium Teknik Mesin Institut Teknologi Padang dengan suhu ± 700°C. Persentase penambahan abu serbuk kayu adalah 0%, 3%, dan 6% dari berat kering tanah dengan kondisi tanah terganggu, masa perawatan 0,1, 4, 7 hari, peralatan yang digunakan diantaranya satu set saringan standar dan hidrometer, satu set alat ukur gravitas khusus, alat uji batas konsistensi, alat pemadatan standar, satu set alat uji CBR Laboratorium dan alat-alat bantu yang terdiri dari oven, timbangan dengan ketelitian 0,01 gram. Untuk lebih jelasnya prosedur pengujian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

3. PENGUJIAN SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIS

Pengujian ini dilaksanakan terhadap tanah lempung, abu dan tanah yang telah dicampur dengan berbagai variasi persentase abu. Pengujian ini dilakukan dengan cara dan metode yang sama. Hasil pengujian dari masing-masing kondisi disajikan dalam bentuk tabelaris. Ini dilakukan untuk memudahkan dalam analisis.

3.1 Tanah Lempung

Hasil uji tanah lempung yang terdiri dari uji sifat fisis dan sifat mekanis seperti pada tabel dibawah ini,

Tabel 1. Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Asli

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Kadar air Lapangan	80,38 %
2	Kadar Air Kering Udara	7,20 %
3	Gravitas Khusus	2,36 %
4	Batas Cari (<i>LL</i>)	74,82 %
5	Batas Plastis (<i>PL</i>)	47,63 %
6	Batas Susut (<i>SL</i>)	8,13 %
7	Indeks Plastisitas (<i>PI</i>)	27,19 %
8	Lolos Saringan No. 200	95,53 %
9	Fraksi Lempung (< 0,002 mm)	4,00 %

Tabel 2. Hasil Uji Sifat Mekanis Tanah Asli

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Kering Maksimum	1,27 gr/cm ³
2	Kadar Air Optimum	23,50 %
3	Nilai CBR dengan Rendaman	
	- Pemeraman 0 hari	4,40 %
	- Pemeraman 1 hari	5,12 %
	- Pemeraman 4 hari	5,85 %
4	Pengembangan	
	- Pemeraman 0 hari	2,81 %
	- Pemeraman 1 hari	2,58 %
	- Pemeraman 4 hari	2,46 %
5	Nilai CBR Tanpa Rendaman	
	- Pemeraman 0 hari	41,72 %
	- Pemeraman 1 hari	42,44 %
	- Pemeraman 4 hari	41,00 %
	- Pemeraman 7 hari	40,28 %

3.2 Abu Serbuk Kayu

Pengujian abu serbuk kayu dilakukan hanya terhadap besaran gravitas khusus saja, dan hasilnya seperti pada tabel.

Tabel 3. Hasil Uji Abu Serbuk Kayu

No	Jenis Pengujian	Hasil
1	Gravitas Khusus	2,80

3.3 Tanah Lempung Yang Telah Diberi Abu Serbuk Kayu

Hasil uji sifat fisis maupun sifat mekanis dari tanah lempung yang telah dicampur dengan berbagai variasi persentase abu serbuk kayu dan lama pemeraman seperti pada tabelberikut ini.

Tabel 4. Hasil Uji Sifat Fisis Tanah Yang Telah Dicampur Abu Serbuk Kayu

No	Jenis Pengujian	Persentase Abu	
		3 %	6 %
1	Gravitas Khusus (<i>G_s</i>)	2,37	2,45
2	Batas Cair (<i>LL</i>)	73,94 %	72,28 %
3	Batas Plastis (<i>PL</i>)	48,33 %	49,07 %
4	Batas Susut (<i>SL</i>)	12,70 %	17,09 %
5	Indeks Plastisitas	25,61 %	23,21 %
6	Fraksi lempung	0 %	0%
7	Lolos Saringan no. 200		
	- Pemeraman 0 hari	94,09 %	92,76 %
	- Pemeraman 1 hari	91,87 %	90,32 %
	- Pemeraman 4 hari	90,71 %	88,30 %
	- Pemeraman 7 hari	89,54 %	85,85 %

Tabel 5. Hasil Uji Sifat Mekanis Tanah Yang Telah Dicampur Abu Serbuk Kayu

No	Jenis Pengujian	Persentase Abu	
		3 %	6 %
1	Berat Volume Kering Maks (γ_d maks)	1,28 gr/cm ³	1,28 gr/cm ³
2	Kadar Air Optimum (w_{opt})	26%	27 %
3	Nilai CBR Terendam		
	- Pemeraman 0 hari	5,12 %	7,67 %
	- Pemeraman 1 hari	9,86 %	10,22 %
	- Pemeraman 4 hari	8,76 %	9,49 %
	- Pemeraman 7 hari	7,31 %	8,40 %
4	Pengembangan		
	- Pemeraman 0 hari	2,66 %	2,66 %
	- Pemeraman 1 hari	2,43 %	2,43 %
	- Pemeraman 4 hari	2,45 %	2,44 %
	- Pemeraman 7 hari	2,56 %	2,50 %
5	Nilai CBR tidak terendam		
	- Pemeraman 0 hari	44,67 %	47,14 %
	- Pemeraman 1 hari	57,97 %	65,18 %
	- Pemeraman 4 hari	56,15 %	61,47 %
	- Pemeraman 7 hari	44,97 %	47,14 %

4. PENGARUH WAKTU PEMERAMAN TERHADAP KARAKTERISTIK TANAH LEMPUNG

4.1 Tanah Lempung

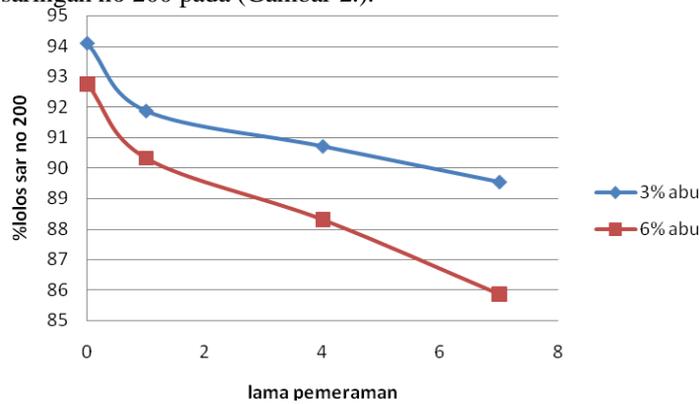
Butiran lolos saringan no. 200 adalah 95,53 % > 50 %, menurut *Unified Soil Classification System (USCS)*, tanah termasuk jenis tanah berbutir halus. Nilai batas cair (*LL*) 74,82 % > 50 % menunjukkan tanah termasuk lempung atau lanau dengan plastisitas tinggi. Jika dilihat nilai *PI* adalah 27,19 %. Apabila nilai *LL* dan *PI* diplot pada kurva plastisitas *USCS*, maka tanah termasuk *CH* atau lempung anorganik dengan plastisitas tinggi. Menurut *AASHTO*, tanah ini termasuk tanah berbutir halus (lolos saringan no.200 > 35%), sedangkan *LL* > 41%, *PL* > 30 %, dan *PI* > 11 %, maka tanah termasuk kelompok A-7-5. Jika dihitung nilai indeks kelompok (*GI*) diperoleh 37, sehingga tanah adalah A-7-5 (37). Berarti tanah yang tidak baik jika dijadikan tanah dasar pembuatan jalan raya. Hasil uji CBR baik rendaman maupun tidak terendam menunjukkan bahwa, variasi waktu pemeraman, tidak memberikan pengaruh secara signifikan terhadap nilai CBR yang dihasilkan.

4.2 Karakteristik Tanah Lempung Yang Telah Dicampur Abu Serbuk Kayu

Pencampuran abu serbuk kayu pada tanah lempung, mempengaruhi nilai-nilai pada sifat fisis dan sifat mekanis dari tanah, dari data-data yang dihasilkan, nilai *LL* dan *PI* tanah lempung sudah menurun, tetapi tanah masih masuk dalam kelompok *CH (USCS)* dan *A-7-5 (28) (AASHTO)* pada pencampuran 6% abu serbuk kayu pada tanah. Walaupun demikian pada *AASHTO* terlihat abu serbuk kayu dapat menurunkan nilai indeks kelompok tanah.

4.3 Butiran Lolos Saringan no. 200

Pencampuran abu serbuk kayu pada tanah dan lama pemeraman, dapat mengurangi butiran halus atau butiranyang lolos saringan no 200 pada (Gambar 2.).

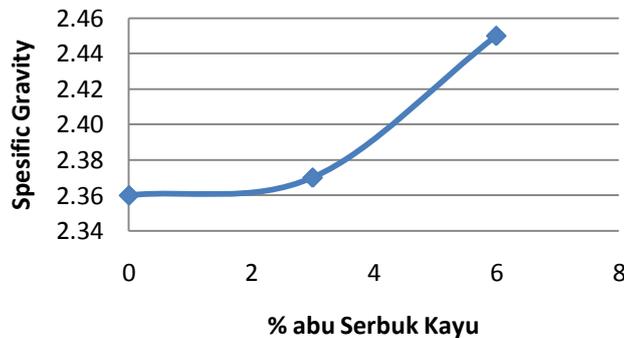


Gambar 2. Pengaruh Persentase Abu dan Lama Pemeraman Terhadap Butiran Lolos Saringan No. 200

Gambar kurva menunjukkan, pencampuran 6% abu serbuk kayu dengan masa pemeraman 7 hari, butiran lolos saringan no. 200 adalah 85,85%, jika nilai ini dibandingkan dengan tanah asli dimana lolos butiran no. 200 adalah 95,53% (Tabel 1.), terjadi penurunan sebesar 9,68%, atau 10,13% dari nilai lolos saringan no. 200 tanah asli. Hal ini menunjukkan bahwa adanya ikatan antar butiran tanah akibat pengaruh abu serbuk kayu dan lama masa pemeraman.

4.4 Spesific Gravity (Gs)

Abu serbuk kayu dapat meningkatkan nilai *spesific gravity (Gs)* tanah (Gambar 3.).

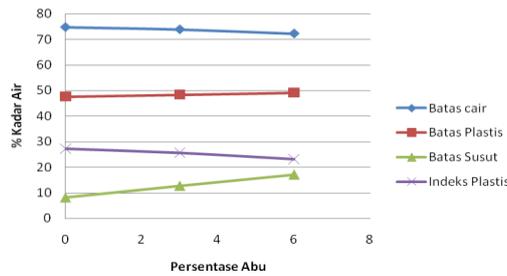


Gambar 3. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Terhadap Nilai *Spesific Gravity* Tanah

Gambar kurva menunjukkan, bahwa semakin besar kandungan abu dalam tanah, nilai *spesific gravity* tanah meningkat. *Spesific gravity* tanah asli sebesar 2,36 (Tabel 1.), pada 6% abu dalam tanah nilai ini menjadi sebesar 2,45 (Tabel 4.), terjadi peningkatan sebesar 0,09% atau 3,81% dari nilai *spesific gravity* tanah asli. Meningkatnya nilai ini disebabkan oleh nilai *spesific gravity* abu lebih besar dari nilai *spesific gravity* tanah.

4.5 Batas Atterberg

Hasil uji batas-batas Atterberg yang terdiri dari uji batas cair (*LL*), batas plastis (*PL*) batas susut (*SL*) dan indeks plastisitas (*PI*) seperti (Gambar 4.)



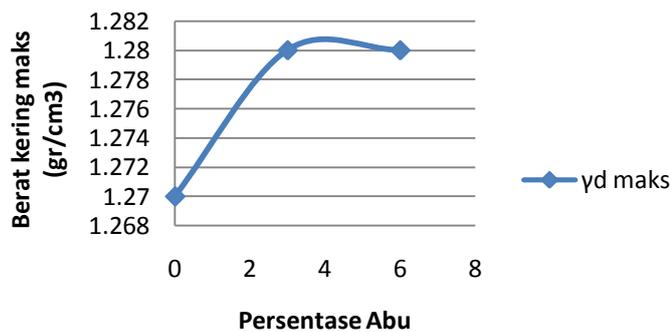
Gambar 4. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Terhadap Nilai Batas-Batas Atterberg Tanah

Pada kurva terlihat nilai-nilai batas plastis (*PL*) dan nilai batas susut (*SL*) meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan abu serbuk kayu di dalam tanah, sedangkan nilai-nilai batas cair (*LL*) dan indeks plastis (*PI*) cenderung menurun. Pada persentase 6% abu serbuk kayu di dalam tanah, nilai batas plastis (*PL*) meningkat sebesar 1,44 % atau 3,02 % dari nilai batas plastis (*PL*) tanah asli, nilai batas susut (*SL*) meningkat sebesar 8,96 % atau 110,2 % dari nilai batas susut (*SL*) tanah asli. Sebaliknya nilai batas cair (*LL*) menurun sebesar 2,54 % atau 3,39 % dari nilai batas cair (*LL*) tanah asli dan nilai indeks plastis (*PI*) menurun sebesar 3,98 % atau 14,64 % dari nilai indeks plastis (*PI*) tanah asli.

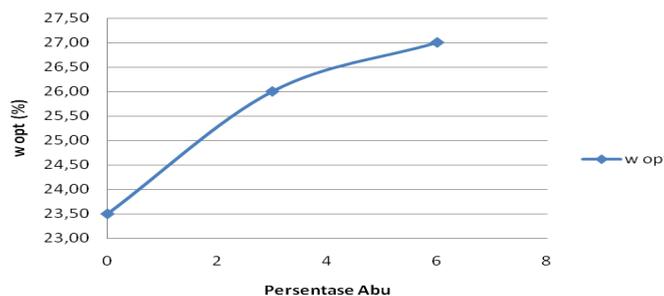
Penurunan nilai batas cair (*LL*) tanah disebabkan oleh karena ukuran butiran bertambah besar, ikatan antar partikel tanah menggambarkan terjadinya sementasi antar butiran yang membuat tanah lebih tahan terhadap penyerapan air sehingga menurunkan sifat plastisitas tanah. Berkurangnya penyerapan air mengindikasikan turunnya nilai batas cair (*LL*) tanah. Menurunnya sifat plastisitas tanah menyebabkan tanah lebih banyak membutuhkan air untuk mempertahankan plastisitasnya, sehingga nilai batas plastis (*PL*) meningkat. Meningkatnya nilai batas plastis (*PL*) dan menurunnya nilai batas cair (*LL*) mengakibatkan nilai indeks plastisitas (*PI*) tanah juga menurun. Bertambah besarnya ukuran butir tanah mengakibatkan penyusutan tanah semakin mengecil akibat pengaruh kadar air, hal ini menggambarkan meningkatnya nilai batas susut (*SL*) tanah karena tanah yang penyusutannya lebih kecil akan mempunyai batas susut (*SL*) yang lebih besar.

4.6 Pematatan

Hasil uji pematatan tanah ditunjukkan oleh nilai-nilai berat kering maksimum (γ_{dmaks}) dan kadar air optimum (w_{opt}) tanah, pengaruh abu serbuk kayu terhadap nilai-nilai tersebut di atas seperti (Gambar 5.) dan (Gambar 6.).



Gambar 5. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Terhadap Nilai Berat Kering Maksimum Tanah



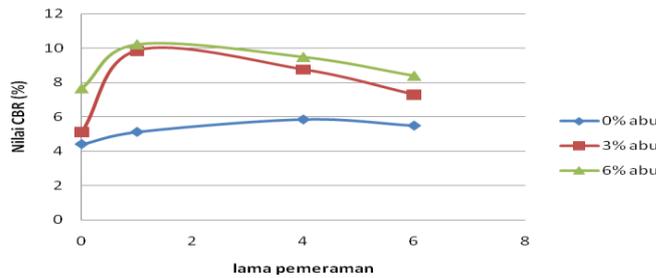
Gambar 6. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Terhadap Nilai Kadar Air Optimum (w_{opt})

Dari kurva terlihat bahwa semakin meningkat persentase abu didalam campuran tanah, nilai-nilai berat kering maksimum (γ_{maks}) dan kadar air optimum (w_{opt}) juga meningkat. Pada kandungan 6% abu serbuk kayu pada tanah, nilai berat kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) meningkat sebesar 0,01 gr/cm³ atau 0,79 % dari nilai berat kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) tanah asli dan nilai kadar air optimum (w_{opt}) meningkat 3,5 % atau 14,89 % dari nilai kadar air optimum (w_{opt}) tanah asli.

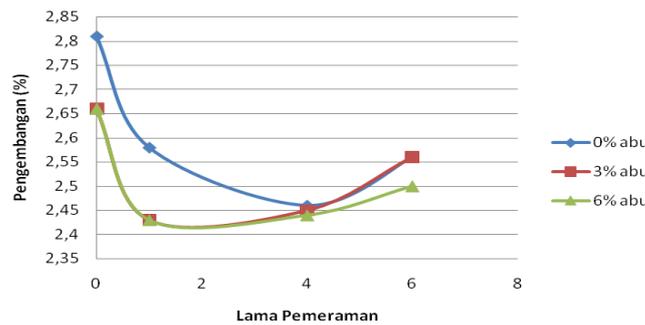
Penambahan abu serbuk kayu pada tanah dapat memperkecil rongga-rongga pori sehingga kepadatan tanah ($\gamma_{d maks}$) meningkat, disamping itu penyerapan air oleh abu serbuk kayu dapat meningkatkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) tanah.

4.7 Nilai CBR Tanah

Hasil uji CBR tanah dengan rendaman, dari berbagai variasi persentase abu serbuk kayu dan masa perawatan seperti (Gambar 7.) dan (Gambar 8).



Gambar 7. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Dan Lama Pemeraman Terhadap Nilai CBR Dengan Rendaman

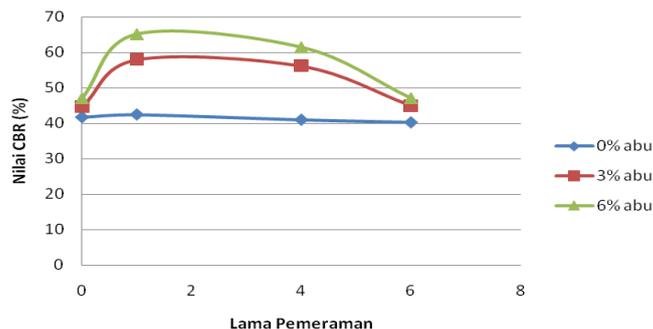


Gambar 8. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Dan Lama Pemeraman Terhadap Pengembangan Tanah Lempung

Dari kurva diperoleh bahwa hasil uji CBR dengan rendaman, nilai CBR tertinggi diperoleh pada persentase abu 6% dengan masa perawatan 1 hari, seiring dengan bertambahnya masa perawatan, nilai CBR ini cenderung menurun. Nilai CBR dengan rendaman tertinggi adalah 10,22 %, terjadi kenaikan sebesar 5,82 % atau 132,27 % dari nilai CBR tanah asli dengan rendaman.

Nilai pengembangan terendah diperoleh juga pada persentase abu serbuk kayu 6 % dengan masa perawatan 1 hari yaitu sebesar 2,43 %, jikadibandingkan dengan nilai pengembangan tanah asli tanpa perawatan terjadi penurunan sebesar 0,38 % atau 13,52% dari nilai pengembangan tanah asli tanpa perawatan.

Hasil uji CBR tanpa rendaman dengan berbagai variasi persentase abu serbuk kayu dan masa perawatan seperti (Gambar 9.).



Gambar 9. Pengaruh Abu Serbuk Kayu Dan Lama Pemeraman Terhadap Nilai CBR Tanpa Rendaman

Nilai CBR tanpa rendaman tertinggi dicapai juga pada persentase abu serbuk kayu 6 % dan masa perawatan 1 hari, seiring dengan bertambahnya masa perawatan, nilai ini cenderung turun. Nilai CBR tanpa rendaman tertinggi adalah 65,18 %, jika dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli tanpa rendaman terjadi kenaikan sebesar 23,46 % atau 56,23 % dari nilai CBR tanah asli tanpa rendaman.

Meningkatnya nilai CBR tanah baik dengan rendaman, maupun tidak terendam karena pada kondisi tersebut di atas tanah mempunyai nilai kepadatan paling tinggi, seiring dengan bertambahnya waktu perawatan tanah, kondisi ini akan mempengaruhi nilai kadar air optimum (w_{opt}) tanah, hal ini secara langsung akan menurunkan kepadatan tanah, sehingga nilai CBR ikut menurun, sedangkan nilai persen pengembangan meningkat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Tanah lempung sebagai sampel penelitian yang diambil pada 30 m kanan jalan bypass Padang – Duku dengan kedalaman 1 m adalah jenis tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH) berdasarkan USCS dan kelompok A-7-5 (37) menurut AASHTO. Pencampuran 6 % abu serbuk kayu pada tanah, walaupun batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) tanah menurun, tetapi secara USCS tanah masih masuk kelompok CH dan secara AASHTO hanya bisa menurunkan indeks kelompoknya saja.
- Sebaliknya abu serbuk kayu dapat memperbaiki sifat fisis tanah yaitu dengan meningkatnya nilai-nilai *specific gravity* (G_s) tanah, batas plastis (PL), dan batas susut (SL) tanah, dan menurunkan persentase butiran lolos saringan no. 200, nilai batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) tanah. Sedangkan dari sifat mekanis tanah yaitu dengan meningkatnya nilai kepadatan ($\gamma_{d maks}$) tanah.
- Hasil uji CBR tanah, baik dengan rendaman dan maupun tanpa rendaman menunjukkan bahwa, pencampuran abu serbuk kayu pada tanah dengan memberikan waktu pemeraman menunjukkan, pada awalnya nilai-nilai CBR ini meningkat. Seiring dengan bertambah lamanya waktu pemeraman, nilai-nilai ini cenderung menurun.
- Hasil terbaik yang dicapai adalah pencampuran 6% abu serbuk kayu pada tanah dengan masa pemeraman 1 hari.

5.2 Saran

- Abu serbuk kayu tidak dapat memberikan ikatan yang kuat pada butiran, sehingga masih mudah terlepas oleh karena pengaruh perubahan kadar air. Oleh sebab itu perlu penelitian berikutnya dengan menambahkan bahan semen atau kapur kedalam abu serbuk kayu.
- Penambahan semen atau kapur tersebut diberikan dengan persentase yang divariasikan agar diperoleh hasil yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, *Annual Book of ASTM Standards*, Section 4, Volume 04 08, Philadelphia, USA
- Adha, I, 2011, "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Pada Metoda Stabilitas Tanah Semen", Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1 April 2011.
- Andreas, P., Iswan dkk, 2016, "Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Rendaman", JRSDD Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2, Hal 236 - 255
- Antara PA, Arifbudiman IN dkk, 2013, "Pengaruh Penambahan Pasir Dan Proses Pemeraman Terhadap Stabilitas Tanah Ekspansif", Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 17 No.2 juli 2013
- Asrurifak M., 2004, "Studi Pengaruh Kandungan Pupuk Kimia Dalam Tanah Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung Indramayu", Tesis Magister Institut Teknologi Bandung.
- Hardiyatmo, H.C, 2002, *Mekanika Tanah I dan II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Saputra, FB. Dkk. 2007, "Pengaruh Lama Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR dan Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro Dengan Pencampuran 6% Abu Sekam Padi", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Wikipedia, Abu Kayu, <https://id.wikipedia.org/wiki/Abukayu>