

SIFAT MEKANIS TANAH LEMPUNG LUNAK ARTIFISIAL UNTUK INFRASTRUKTUR DENGAN BEBAN LALU LINTAS RENDAH

Verdy Ananda Upa¹, Rahmat Setyadi²

^{1,2}Institut Teknologi Indonesia, Program Studi Teknik Sipil, Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15320,
email : verdy.ananda@iti.ac.id¹, rs.rahmat@iti.ac.id²

ABSTRACT

Soft clay is a type of clay which it has low strength and high shrinkage, organic matter becomes a problem that deserves to be noticed, because if its organic matter of soil over the maximum level required will reduce strength and stability of improvement process. The purpose of this research to determine lime and Portland cement addition effect of artificial soft clay strength, stability, and thickness of pavement to be used. Implementation of this research will be divided into 2 steps, initial and final treatment. In pre-treatment phase, artificial soft clay mixed with 3 variations of lime, then curing for 3 days. Furthermore, in final treatment phase, soil of resulting mixture added each 5% Portland cement, then curing again for 3 days. Mechanical properties test obtained are compaction and swelling potential. Optimum Moisture Content (OMC) decreased from 33,696% to 30,168%, Maximum Dry Density (MDD) increased from 1,319% to 1,336%, CBR soaked increased from 2,87% to 8,75%, swelling potential decreased from 2,36% to 0,77%, and thickness of pavement scheme decreased from 20 cm to 10 cm on a mixture between artificial soft clay with 6% lime and 5% Portland cement.

Keywords : *artificial soft clay, mechanical properties, lime, Portland cement*

ABSTRAK

Tanah lempung lunak adalah salah satu jenis tanah lempung yang memiliki daya dukung yang rendah dan potensi pengembangan (swelling) yang besar, selain itu kandungan bahan organik dalam tanah lempung tersebut harus menjadi bahan pertimbangan, karena jika melewati batas maksimum akan mereduksi kekuatan dan stabilitas dari proses stabilisasinya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur padam dan semen Portland terhadap kekuatan dan stabilitas tanah lempung lunak artifisial serta tebal perkerasan rencana yang digunakan. Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 2 tahapan yaitu tahap perlakuan awal dan akhir. Pada tahap perlakuan awal, tanah lempung lunak dicampur dengan masing-masing 3 variasi kadar kapur, kemudian diperam selama 3 hari. Selanjutnya, pada tahap perlakuan akhir, tanah hasil campuran tersebut ditambahkan masing-masing 5% semen Portland, lalu kembali diperam selama 3 hari. Pengujian sifat mekanis tanah yang dilakukan meliputi pengujian pemadatan, CBR, dan potensi pengembangan (swelling). Nilai kadar air optimum mengalami penurunan dari 33,696% menjadi 30,168%, berat volume kering mengalami peningkatan dari 1,319% menjadi 1,336%, CBR rendaman mengalami peningkatan dari 2,87% menjadi 8,75%, dan potensi pengembangan mengalami penurunan dari 2,36% menjadi 0,77%, serta tebal perkerasan rencana berkurang dari 20 cm menjadi 10 cm untuk campuran tanah lempung lunak dengan 6% kapur dan 5% semen.

Katakunci : *tanah lempung lunak artifisial, sifat mekanis, kapur, semen Portland*

PENDAHULUAN

Salah satu jenis tanah yang dianggap buruk untuk digunakan sebagai tanah dasar dalam pekerjaan konstruksi, seperti gedung atau jalan raya adalah tanah lempung lunak. Masalah utama pada tanah lempung lunak adalah faktor kembang susut yang besar dan kuat dukung tanah yang rendah, akan tetapi

kandungan bahan organik di dalam tanah lempung lunak dapat menimbulkan masalah. Menurut Hardiyatmo (2010), jika kandungan bahan organik dalam tanah lempung melewati batas maksimum yang disyaratkan (>2%), maka bahan organik tersebut akan mereduksi kekuatan dari campuran tanah lempung yang distabilisasi secara langsung dengan bahan tambah. Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah mempunyai tujuan utama, yaitu

memperbaiki sifat-sifat teknis tanah dasar (*subgrade*) menjadi lebih baik, seperti kapasitas dukung dan potensi pengembangan. Bahan tambah yang umumnya digunakan berupa bahan tambah buatan pabrik seperti semen, kapur, dan aspal, atau bahan tambah yang berasal dari limbah seperti abu terbang (*fly ash*) dan abu sekam padi. Akan tetapi untuk jenis tanah lempung lunak dengan kandungan bahan organik yang melampaui batas maksimum (>2%) maka stabilisasi tanah secara langsung dengan menggunakan bahan tambah seperti yang telah disebutkan di atas akan memberikan hasil yang tidak optimal. Oleh sebab itu, penelitian ini mencoba merekayasa tahapan stabilisasi tanah pada umumnya, akan tetapi masih menggunakan bahan tambah seperti yang telah disebutkan di atas.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur dengan kadar yang bervariasi di awal, setelah itu ditambahkan masing-masing 5% semen *Portland* terhadap sifat mekanis tanah lempung lunak artifisial, mengetahui campuran yang paling optimum antara tanah lempung lunak artifisial dengan variasi kadar kapur dan 5% semen *Portland* berdasarkan parameter sifat mekanis tanah, serta tebal perkerasan rencana yang akan diaplikasikan, jika tanah dasarnya berupa tanah lempung lunak artifisial sebelum dan sesudah dilakukan proses stabilisasi.

Hardiyatmo (2006) mengatakan tanah lempung pada umumnya mempunyai sifat-sifat antara lain ukuran butirannya halus (<0,002 mm), permeabilitas rendah, kohesif, kembang susut yang tinggi, daya dukung yang rendah, serta proses konsolidasi lambat. Hal tersebut karena tanah lempung pada umumnya mengandung mineral seperti *montmorillonite*, *illite*, *halloysite*, dan *polygorskite*. Untuk kasus tanah lempung lunak dengan kandungan bahan organik, bahan organik menjadi hal yang patut untuk diperhatikan, karena jika kandungan bahan organik dalam tanah lempung lunak melampaui batas maksimum yang disyaratkan (2%) maka akan mereduksi kekuatan dari tanah lempung lunak yang distabilisasi secara langsung dengan menggunakan bahan tambah. Sehingga, penggunaan tanah lempung lunak organik sebagai bahan untuk

tanah dasar (*subgrade*) akan menghasilkan suatu konstruksi yang tidak optimal (cepat rusak).

Hardiyatmo (2010), stabilisasi tanah dapat didefinisikan sebagai suatu usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi persyaratan teknis tertentu. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dalam dua metode yaitu mekanis dan kimiawi. Stabilisasi tanah secara kimiawi merupakan stabilisasi yang dilakukan dengan menambahkan zat kimia seperti semen *Portland*, *lime* (kapur), *fly ash* (abu terbang), aspal, kalsium klorida untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang kurang baik. Akan tetapi stabilisasi tanah dapat dimodifikasi dengan melakukan perlakuan awal sebelum stabilisasi tanah dilakukan. Adapun tujuan perlakuan awal menurut Echols dan Shadily (1996) dalam Ruktiningsih (2002) untuk menurunkan kandungan bahan organik serta memperbaiki sifat dari tanah lempung lunak sebelum dilakukan proses stabilisasi dengan menggunakan semen.

Berdasarkan peraturan pada *Engineering and Design Soil Stabilization for Pavement Mobilization Construction* dari *Departement of The Army Corps of Engineer* (1994), bahan tambah untuk stabilisasi tanah dasar dapat dibedakan menurut jenis tanah yang digunakan. Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang berbutir halus, sehingga bahan tambah yang direkomendasikan untuk stabilisasinya, jika berasal dari pabrik adalah kapur dan semen, sedangkan jika berasal dari limbah adalah abu terbang/vulkanik dan abu sekam padi. Menurut Das (1994), kadar kapur yang digunakan untuk stabilisasi badan jalan berkisar antara 2-10%, sedangkan menurut Soekoto (1984), kadar semen yang digunakan untuk stabilisasi tanah lempung berkisar antara 5-10% terhadap berat kering.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan antara lain :

- a. Studi literatur merupakan tahapan yang bertujuan untuk mempelajari dan memantapkan penelitian yang akan dilakukan dengan memahami teori-teori

- terkait yang dijadikan sebagai landasan pada penelitian ini,
- Pengambilan dan persiapan sampel (benda uji), tanah lempung lunak yang digunakan berasal dari daerah Kasongan, Bantul. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,5-1 meter dari permukaan tanah, lalu tanah lempung lunak tersebut dicampurkan dengan pupuk kompos yang diperoleh dari Toko Tani Maju, Yogyakarta, untuk memperoleh tanah lempung lunak dengan kandungan bahan organik yang diinginkan,
 - Pengujian sifat mekanis awal pada tanah lempung lunak organik, meliputi uji pemadatan tanah standar *Proctor*, Uji CBR rendaman, dan Uji Potensi Pengembangan (*Swelling Potential*), yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
 - Analisis tebal perkerasan awal untuk jalan baru dengan beban lalu lintas rendah, menggunakan data CBR rendaman awal dan metode Analisa Komponen Departemen Pekerjaan Umum,
 - Tahap Perlakuan Awal merupakan pencampuran antara tanah lempung lunak organik dengan 3 variasi kadar kapur yaitu 6, 8, dan 10%, kemudian dilakukan pemeraman selama 3 hari,
 - Tahap Perlakuan Akhir merupakan pencampuran tanah hasil campuran dari tahap perlakuan awal, kemudian ditambahkan masing-masing 5% semen Portland, lalu kembali dilakukan pemeraman selama 3 hari,
 - Pengujian sifat mekanis akhir terhadap tanah hasil stabilisasi (tanah lempung lunak organik + 6, 8, dan 10% kapur + 5% semen *Portland*) yang telah diperam selama 6 hari meliputi uji pemadatan standar *Proctor*, uji CBR rendaman (*soaked*), uji potensi pengembangan (*swelling potential*), pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
 - Analisis tebal perkerasan akhir untuk jalan baru dengan beban lalu lintas rendah, menggunakan data CBR rendaman akhir dan metode Analisa Komponen Departemen Pekerjaan Umum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, diperoleh hasil berupa sifat mekanis tanah lempung lunak organik seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian sifat mekanis tanah lempung lunak organik

No.	Sifat Mekanis Tanah Lempung Organik	Nilai
1.	Kadar air optimum (OMC)	33,696%
2.	Berat volume kering maksimum (MDD)	1,319 g/cm ³
3.	CBR rendaman	2,87%
4.	Potensi pengembangan	2,36%

Berdasarkan Tabel 1, hasil yang diperoleh dari uji pemadatan standar *Proctor* antara lain kadar air optimum (OMC) tanah lempung lunak organik adalah 33,696% dan nilai berat volume kering maksimum (MDD) sebesar 1,319%. Nilai OMC ini kemudian digunakan sebagai kadar air optimum pada pembuatan benda uji CBR.

Metode yang digunakan untuk pengujian CBR adalah CBR rendaman (CBR *soaked*) dengan masa perendaman selama 96 jam (4 hari). Metode ini digunakan untuk mensimulasikan kondisi terburuk di lapangan

apabila terjadi genangan dalam jangka waktu yang cukup lama. Nilai CBR rendaman tanah lempung lunak organik sebesar 2,87%. Menurut SNI 03-1732-1989, menerangkan bahwa syarat nilai CBR rendaman (*soaked*) tanah dasar suatu konstruksi jalan adalah minimal 3%. Oleh sebab itu, berdasarkan hasil yang diperoleh maka tanah lempung lunak organik ini tidak memenuhi persyaratan sebagai *subgrade* jalan.

Selain memiliki nilai CBR yang rendah, nilai potensi pengembangan dari tanah lempung lunak organik ini dapat dikatakan berada

dalam kategori sedang yaitu sebesar 2,36%. Sedangkan hasil analisis tebal perkerasan dengan metode Analisa Komponen dan menggunakan data CBR rendaman, diperoleh susunan perkerasan yaitu Lapis Pelindung Mekanis sebesar 5 cm, Batu Pecah (CBR 50) sebesar 15 cm, dan Tanah Kepasiran (CBR 20) sebesar 20 cm. Sehingga, jika tanah lempung lunak organik akan digunakan untuk tanah dasar (*subgrade*), perlu dilakukan stabilisasi terlebih dahulu. Stabilisasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan nilai CBR serta memperkecil nilai potensi pengembangan dan tebal perkerasan khususnya pada lapisan ketiga.

Penelitian dilakukan dengan membuat campuran tanah lempung lunak organik dengan 3 variasi kadar kapur (6, 8, dan 10%) kemudian diperam selama 3 hari, kemudian ditambahkan 5% semen *Portland* lalu diperam kembali selama 3 hari. Pembuatan campuran bertujuan untuk mengetahui pengaruh kapur dan semen *Portland* sebagai bahan stabilisasi tanah lempung lunak organik. Hasil pengujian dari variasi campuran terhadap sifat-sifat mekanis tanah ditampilkan pada Tabel 2.

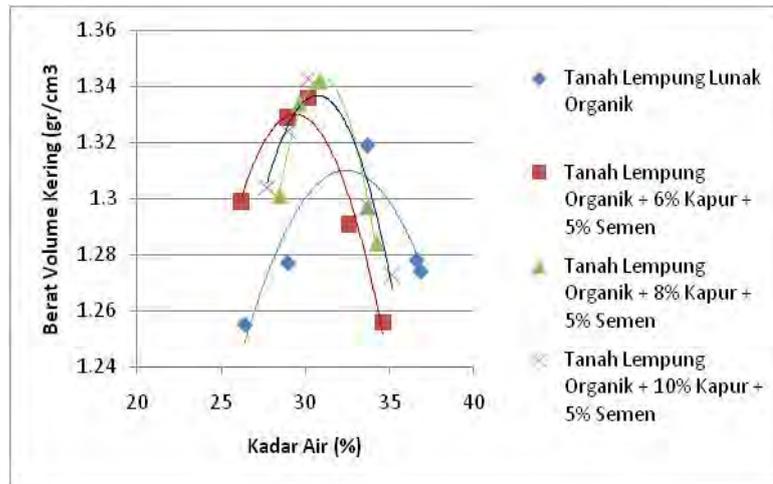
Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Mekanis Tanah pada Variasi Campuran

No.	Variasi Campuran	Parameter			
		OMC (%)	MDD (g/cm ³)	CBR (%)	Potensi Pengembangan (%)
1.	Tanah Lempung Lunak Organik	33,696	1,319	2,87	2,36
2.	Tanah + 6% Kapur + 5% Semen	30,168	1,336	8,75	0,77
3.	Tanah + 8% Kapur + 5% Semen	30,846	1,342	7,47	0,68
4.	Tanah + 10% Kapur + 5% Semen	30,187	1,343	6,99	0,66

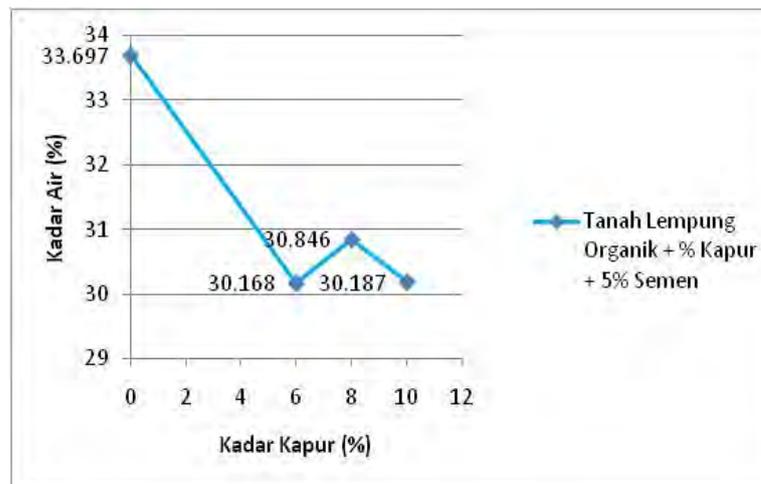
A. Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen Terhadap Kepadatan Tanah

Berdasarkan pengujian pemadatan tanah yang dilakukan dengan metode standar *Proctor* diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering maksimum (MDD). Nilai berat volume kering maksimum (MDD) menunjukkan kecenderungan mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan persentase kapur. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Peningkatan nilai berat volume kering maksimum (MDD) mengindikasikan bahwa terjadi perubahan fraksi tanah, fraksi pasir bertambah dan fraksi lempung berkurang pada tanah campuran. Bertambahnya fraksi pasir menyebabkan kohesi tanah semakin berkurang, sehingga

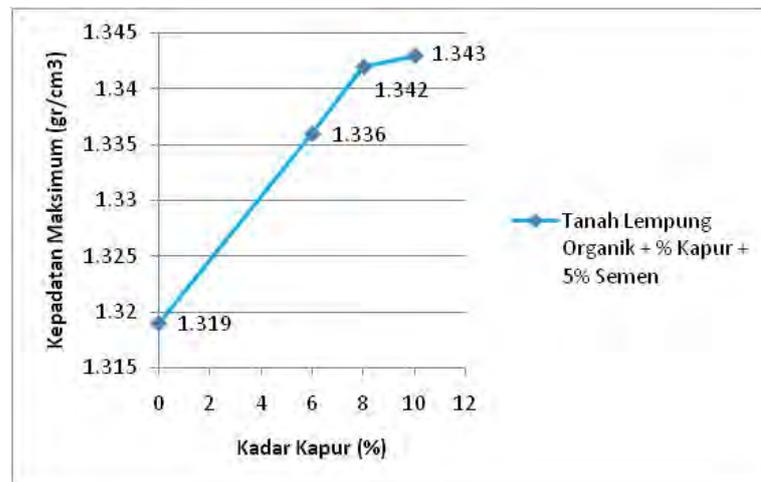
tanah menjadi lebih rapat dan padat, dengan semakin padatnya tanah maka berat volume kering tanah semakin besar. Nilai kadar air tanah menunjukkan kecenderungan mengalami penurunan, sehingga letak grafik tanah campuran berada di sebelah kiri grafik tanah lempung organik (Gambar 1.), hal tersebut menandakan bahwa air yang digunakan telah bereaksi dengan kapur dan semen, oleh sebab itu nilai kadar air optimum (OMC) berkurang. Kapur dan semen yang digunakan bereaksi dengan air menyebabkan terjadinya proses sementasi, sehingga air yang dibutuhkan cenderung berkurang. Berkurangnya kebutuhan air, maka akan diikuti dengan penurunan nilai kadar air optimum (OMC) seiring dengan penambahan kapur dan semen.



Gambar. 1 Hasil pengujian pematatan standar Proctor pada beberapa variasi campuran



Gambar. 2 Pengaruh penambahan persen kapur (%) dan 5% semen Portland pada nilai kadar air optimum (OMC)



Gambar. 3 Pengaruh penambahan persen kapur (%) dan 5% semen Portland pada nilai kepadatan maksimum (MDD)

B. Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

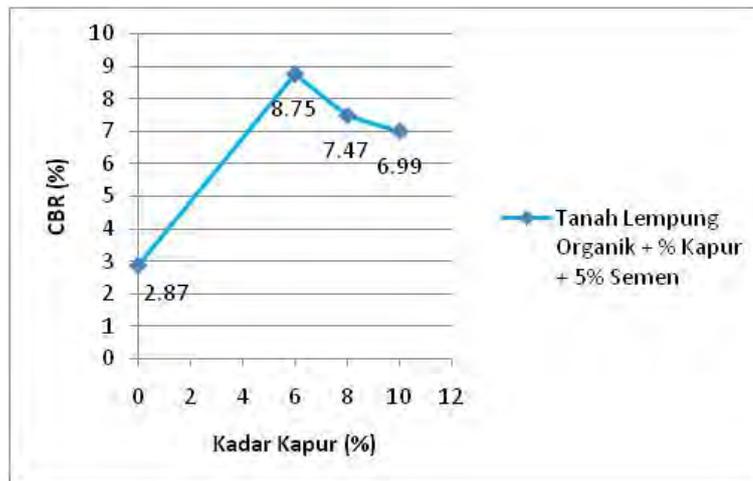
Berdasarkan pengujian CBR rendaman yang telah dilakukan diperoleh nilai daya dukung dalam kondisi terburuk (terendam air). Nilai CBR rendaman (*soaked*) menunjukkan

kecenderungan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar kapur. Hal ini sesuai dengan pendapat Ingles dan Metcalf (1972), serta dipertegas dengan penelitian yang dilakukan oleh Rudatin Ruktiningsih (2002), yang didalam saran penelitiannya mengungkapkan bahwa kadar kapur yang

optimal untuk tahap pra-stabilisasi berada pada interval 1-3%, karena peningkatan nilai CBR dari kadar kapur 2% ke 3% tidak signifikan bahkan nilai CBR cenderung stabil. Namun demikian, secara keseluruhan nilai CBR dari masing-masing variasi kadar kapur dan 5% semen masih berada diatas nilai CBR tanah lempung organik. Tanah lempung organik semula memiliki nilai CBR rendaman (*soaked*) sebesar 2,87%, setelah dicampur dengan variasi kadar kapur dan 5% semen, nilai CBR rendaman mengalami peningkatan dan mencapai nilai tertinggi sebesar 8,75%. Berdasarkan SNI 03-1732-1989, nilai tersebut telah memenuhi persyaratan tanah yang dapat dijadikan sebagai tanah dasar (*subgrade*) yaitu nilai CBR rendaman (*soaked*) $\geq 3\%$.

Peningkatan nilai CBR rendaman tanah campuran disebabkan karena penambahan

kapur terlebih dahulu pada tanah lempung organik mengakibatkan kapur tersebut akan terurai menjadi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} , kemudian ion-ion tersebut akan ditarik oleh permukaan mineral tanah lempung organik yang bermuatan negatif membentuk suatu ikatan yang membuat permukaan tanah lempung organik menjadi netral. Setelah permukaan tanah lempung organik menjadi netral, penambahan semen dan air, akan membentuk kalsium silikat hidrat dan aluminium silikat hidrat yang bersifat sebagai perekat. Kalsium dan aluminium silikat hidrat akan menyelimuti mineral tanah lempung organik, serta mengisi pori antar mineral lempung, kemudian akan mengalami reaksi pozzolanic dan akhirnya akan tersementasi membentuk gumpalan mineral lempung yang besar dan stabil.

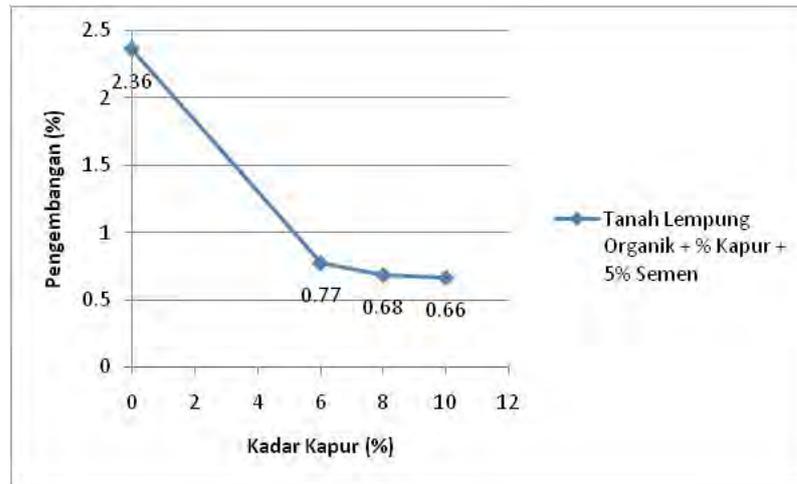


Gambar. 4 Pengaruh penambahan persen kapur (%) dan 5% semen *Portland* terhadap nilai CBR rendaman (*soaked*)

C. Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen Terhadap Potensi Pengembangan (*Swelling Potential*)

Berdasarkan pengujian potensi pengembangan yang telah dilakukan diperoleh nilai potensi pengembangan. Nilai potensi pengembangan tanah lempung lunak organik (artifisial) berada pada kategori

sedang yaitu sebesar 2,36%. Setelah dilakukan penambahan kapur dan semen, nilai potensi pengembangan mengalami penurunan signifikan sehingga tanah hasil campuran dikategorikan rendah dengan nilai potensi pengembangan $< 1,5\%$. Nilai potensi pengembangan terendah dihasilkan oleh campuran tanah dengan 10% kapur dan 5% semen yaitu sebesar 0,66%.

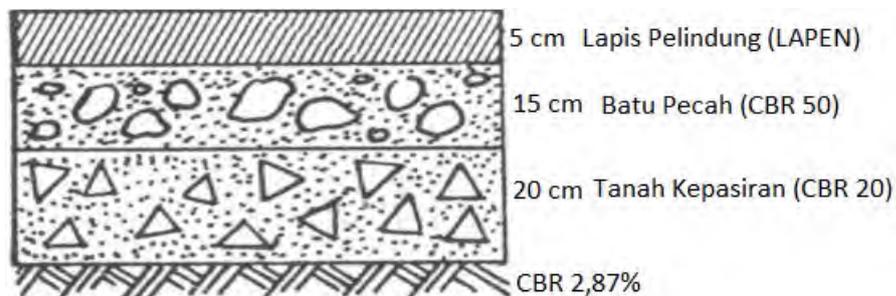


Gambar. 5 Pengaruh penambahan persen kapur (%) dan 5% semen terhadap potensi pengembangan

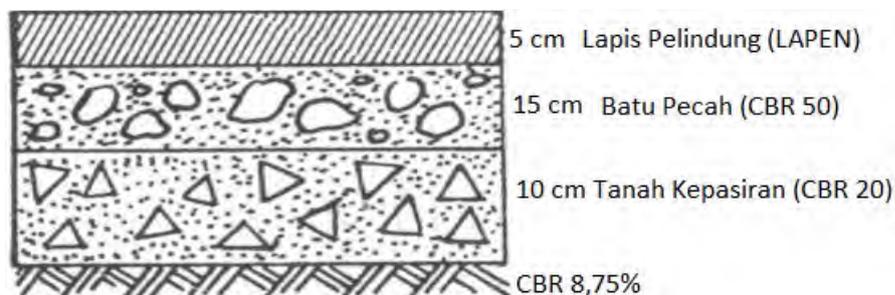
D. Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen Terhadap Tebal Perkerasan dengan Beban Lalu Lintas Rendah

Analisis tebal perkerasan pada penelitian ini menggunakan metode Analisa Komponen Departemen Pekerjaan Umum. Metode Analisa Komponen hanya berlaku untuk material berbutir kasar (granular material). Hal ini disebabkan karena metode Analisa Komponen ini didasari oleh teori yang menganggap bahwa bahan perkerasan harus

elastis isotropis (sifat sama untuk segala arah). Dalam metode ini, perlu adanya pemeliharaan perkerasan yang berkala. Berdasarkan analisis tebal perkerasan dengan metode Analisa Komponen, diperoleh tebal perkerasan diatas tanah dasar dengan nilai CBR 2,87% sebesar 20 cm, setelah adanya penambahan kapur dan semen, tebal perkerasan yang dibutuhkan diatas tanah dasar dengan nilai CBR 8,75% sebesar 10 cm.



Gambar. 6 Susunan perkerasan lentur dengan nilai CBR tanah dasar 2,87%



Gambar. 7 Susunan perkerasan lentur dengan nilai CBR tanah dasar 8,75%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

- Penambahan kapur dan semen dapat meningkatkan berat volume tanah kering (MDD) dan menurunkan kadar air optimum (OMC) dari tanah lempung lunak artifisial (organik), awalnya berat

- volume tanah kering (MDD) sebesar 1,319 gram/cm³ mengalami peningkatan hingga mencapai 1,336 gram/cm³, serta kadar air optimum (OMC) sebesar 33,697% mengalami penurunan hingga 30,168% untuk penambahan 6% kapur dan 5% semen,
- b. Penambahan kapur dan semen dapat meningkatkan daya dukung (CBR) dari tanah lempung lunak artifisial (organik), awalnya nilai CBR rendaman tanah lempung lunak artifisial (organik) sebesar 2,87%, mengalami peningkatan hingga 8,75% untuk penambahan 6% kapur dan 5% semen,
- c. Penambahan kapur dan semen dapat menurunkan potensi pengembangan (*swelling potential*) dari tanah lempung lunak artifisial (organik), awalnya potensi pengembangan tanah lempung lunak artifisial (organik) sebesar 2,36% dan berada dalam kategori tanah dengan tingkat pengembangan sedang, mengalami penurunan hingga 0,77% dan berada dalam kategori tanah dengan tingkat pengembangan yang rendah untuk penambahan 6% kapur dan 5% semen,
- d. Penambahan kapur dan semen dapat mengurangi tebal perkerasan rencana, khususnya lapisan pondasi bawah (diatas tanah dasar), awalnya dengan nilai CBR rendaman 2,87% diperoleh tebal lapis pondasi bawah sebesar 20 cm, nilai CBR rendaman menjadi 8,75% (penambahan 6% kapur dan 5% semen) maka diperoleh tebal lapis pondasi bawah sebesar 10 cm.
- [4] Hardiyatmo H.C., 2006. “*Mekanika Tanah I*” Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [5] Hardiyatmo H.C., 2010. “*Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*”, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- [6] Ingles O., Metcalf J., 1992. “*Soil Stabilization Principles and Practice*”, Melbourne : Butterworths Pty. Limited.
- [7] Ruktiningsih R., 2002. “*Kajian Tahapan Pra-Stabilisasi Menggunakan Kapur Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung dengan Semen*”, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [8] Tjokrodinuljo K., 2007. “*Teknologi Beton*”, Yogyakarta : Biro Penerbit Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- [9] Upa V.A., 2015. “*Pengaruh Tahapan Pra-Stabilisasi Terhadap Kekuatan dan Stabilitas Tanah Lempung Lunak dengan Kandungan Bahan Organik 5%*”, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [10] Upa V.A., Setyadi R., 2018. “*Studi Perlakuan Awal dengan Abu Vulkanik (Fly Ash) Gunung Kelud Terhadap Sifat Fisis Tanah Lempung Lunak Organik*”, Universitas Krisnadwipayana, jurnal.teknikunkris.ac.i

DAFTAR ACUAN

- [1] AASHTO, 1981. “*Intern Guide for Design of Pavement Structures*”, Washington D.C : AASHTO.
- [2] Departemen Pekerjaan Umum, 1989. “*Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*”, Jakarta : Yayasan Badan Penerbit PU.
- [3] Eddy P., 2000. “*Stabilisasi Tanah Gambut Menggunakan Gypsum dan Semen Portland*”, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.