

STABILISASI TANAH LEMPUNG DENGAN CAMPURAN PASIR VULKANIK MERAPI DAN GIPSUM UNTUK *SUBGRADE* PERKERASAN LENTUR JALAN

Ayu Yanika Putri¹, Akhmad Marzuko²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email : ayuyanikaputri@yahoo.com

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Email : 885110107@staff.uii.ac.id

Abstract : *Clay is one type of soil that has a fine-grained colloidal, composed of expanding minerals. In some construction projects, especially in flexible pavements that are above clay soil will experience problem due to the content of soil water, like changes in soil volume and soil carrying capacity. Therefore, it is necessary to innovation for the clay with materials that can be repaired the low soil carrying capacity. One of the ways to improve the soil carrying capacity is by stabilization. At this time, the stabilization is done on the clay samples from the Village of Gunungcondong, District Bruno, Purworejo. This study aims to determine the influence of California Bearing Ratio (CBR) by using materials in the form of Merapi Volcanic Sand with percentage of 10%, 15% and 20% and Gypsum with 4% percentage. CBR testing was conducted in a laboratory with 44 samples divided into two conditions, which is CBR without immersion for 1, 3, and 7 days and CBR with immersion for 4 days. The results of this study indicate the optimal land from the original soil CBR without immersion is 6,975% and the original soil CBR with immersion is 1.139%. The addition of added materials with increasing amounts and longer curing time, shows higher CBR values as well. The highest value of CBR without immersion is 27,342% on mixed soil + Gypsum 4% + Volcanic Sand 20% and the highest value of CBR with immersion is 14,973% that occurred in the same mixture. Then, the highest value of CBR with immersion was used to determine the thickness of the flexible pavement according to Manual Design of Highway Pavement 2013. So, the result of thickness is AC WC 40 mm, AC Binder 60 mm, AC Base 105 mm, and LPA Class A 300 mm.*

Keywords : *CBR, Clay, Gypsum, Volcanic Sand*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi di Indonesia saat ini sedang berkembang, baik dari konstruksi bangunan ataupun konstruksi jalan. Pada pembangunan konstruksi, khususnya beberapa perkerasan lentur jalan berada diatas tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal, tersusun atas mineral-mineral yang dapat mengembang dan terkadang mengalami kendala akibat kandungan kadar air tanah, yaitu perubahan volume tanah. Tanah lempung dapat mengalami perubahan

volume seiring dengan perubahan kadar air. Pada saat tanah lempung dalam keadaan kering dapat terjadi penyusutan (*shrinking*) yang dapat mengakibatkan retak-retak pada bangunan atau perkerasan jalan dan jika kadar air bertambah setelah kondisi kering, maka dapat terjadi pengembangan (*swelling*). Selain itu, tanah lempung biasanya memiliki nilai kuat geser dan kapasitas daya dukung yang rendah.

Salah satu konstruksi yang berada diatas tanah lempung adalah beberapa ruas jalan di daerah Desa Gunungcondong, Kecamatan

Bruno, Kabupaten Purworejo yang mengalami kerusakan berupa retak-retak akibat pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinking*) pada tanah dasar (*subgrade*). Untuk perkerasan jalan, sebaiknya tanah dasar (*subgrade*) memiliki kapasitas daya dukung yang baik sehingga mampu menerima beban lalu lintas yang diteruskan dari lapisan fondasi bawah (*subbase course*) agar tidak mengurangi kenyamanan dan tidak membahayakan keselamatan pengguna jalan tersebut. Berdasarkan permasalahan diatas, diperlukan peninjauan kembali terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik tanah lempung agar dapat diketahui perilaku tanah tersebut. Salah satu metode untuk penanganan yang baik terhadap perilaku tanah antara lain dengan cara stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara fisik, mekanik dan kimiawi. Salah satu upaya stabilisasi tanah adalah secara kimiawi dengan penggunaan campuran bahan tambah (*additive*). Bahan tambah yang dapat digunakan dapat berupa abu terbang, kapur, semen, pasir, dan lain-lain. Pada penelitian ini menggunakan bahan tambah Pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum untuk campuran stabilisasi pada tanah dasar (*subgrade*).

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah lempung dari Desa Gunungcondong, Kecamatan Bruno, Kabupaten Purworejo,
2. mengetahui nilai CBR tanah lempung yang telah distabilisasi dengan penambahan campuran Pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum, dan
3. mengetahui perencanaan tebal lapis perkerasan lentur pada tanah lempung yang distabilisasi dengan menggunakan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2013.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan pemberian bahan tambah pada tanah tersebut atau menggunakan alat bantu tertentu agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Sifat-sifat tanah yang dapat diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan keawetan. Stabilisasi tanah terbagi menjadi tiga jenis, yaitu stabilisasi tanah mekanik, stabilisasi tanah fisik dan stabilisasi tanah kimiawi.

2.2 Stabilisasi Tanah Lempung dengan Bahan Kimiawi

1. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kapur

Mufti pada tahun 2017 telah melakukan penelitian berjudul Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur Untuk Material Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan. Hasil tertinggi dari pengujian CBR tanah dengan campuran bahan tambah adalah pada tanah asli + Abu sekam padi 7% + kapur 4% kondisi *Unsoaked* pada pemeraman 1 hari didapatkan nilai CBR sebesar 24,20%, kemudian pada pemeraman 3 hari sebesar 29,72% dan pada pemeraman 7 hari sebesar 33,52% kemudian pada kondisi *Soaked* didapatkan nilai CBR sebesar 31,28%. Uji Pengembangan (*Swelling*) didapatkan hasil semakin tinggi persentase bahan campur abu sekam padi maka potensi pengembangan tanah semakin kecil yakni dari pengembangan tanah asli sebesar 4,8% menjadi 0,032% pada pengembangan tanah asli + abu sekam padi 7% + kapur 4%.

Tebal lapis perkerasan yang didapatkan menurut Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2013 pada lapisan AC WC diperoleh tebal sebesar 50 mm, pada lapisan AC BC diperoleh tebal sebesar 220 mm, pada lapisan CTB diperoleh tebal sebesar 150 mm,serta pada lapisan

LPA Kelas A diperoleh tebal sebesar 150 mm.

2. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir

Yeimo pada tahun 2014 telah melakukan penelitian berjudul Kajian Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir dan Kapur Sebagai *Subgrade* Pada Ruas Jalan Enarotali Madi Kabupaten Paniai Provinsi Papua. Penelitian dilakukan dengan stabilisasi menggunakan pasir dan kapur yang melalui proses pemeraman selama 7 hari, untuk mendapatkan hasil dari nilai CBR dan kuat tekan bebas. Menurut klasifikasi (USCS) menggambarkan bahwa tanah lanau atau lempung tak berorganik termasuk kedalam CL dan ML, sedangkan menurut klasifikasi (AASHTO) termasuk dalam kelompok A-7-6, merupakan tanah lempung sedang sampai buruk, sehingga kurang baik bila digunakan sebagai fondasi jalan. Kepadatan tanah dengan penambahan pasir dan kapur dapat menurunkan nilai berat volume kering maksimum (MDD), dan dapat menaikkan kadar air optimum (OMC). Nilai CBR maksimum terjadi pada kadar pasir 10% dan kapur 8% dengan masa pemeraman 7 hari. Hasil uji tekan bebas dengan masa pemeraman 7 hari pada saat runtuh, meningkat dari 4,01 kg/cm² menjadi 10,17 kg/cm² terjadi pada kadar pasir 10% dan kapur 8%.

3. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Gypsum

Ndaru pada tahun 2015 telah melakukan penelitian berjudul Perbaikan Tanah Ekspansif dengan Penambahan Serbuk Gypsum dan Abu Sekam Padi Untuk Mengurangi Kerusakan Struktur Perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung lempung ekspansif Bojonegoro dengan pencampuran serbuk gypsum dan abu sekam padi menggunakan uji *swelling* dan CBR (*California Bearing Ratio*). Peningkatan nilai CBR paling optimum didapatkan pada kondisi penambahan bahan campuran serbuk gypsum dan abu

sekam padi kedalam tanah asli sebesar 4% penambahan serbuk gypsum dan 5% abu sekam padi dengan lama waktu *curing* selama 14 hari yaitu sebesar 21,87%.

3. LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

1. Definisi Tanah

Tanah merupakan suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil, pasir, lempung, lanau, ataupun campuran dari bahan tersebut. Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan dan digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedangkan pasir adalah jenis tanah yang bersifat tidak kohesif dan tidak plastis.

2. Klasifikasi Tanah

Menurut Bowles (1991), sistem klasifikasi tanah dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah. Karena sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi mengelompokkan tanah ke dalam kategori yang umum berdasarkan kesamaan sifat fisik. Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Beberapa sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan USCS (*Unified Soil Classification System*).

3. Tanah Lempung

Tanah lempung memiliki karakteristik apabila dalam keadaan kering, tanah ini sangat keras, bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada keadaan air yang lebih

tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak. Sifat kohesif dari lempung menunjukkan bahwa bagian-bagian tanah lempung melekat satu sama lainnya, sedang sifat plastis menunjukkan bahwa bagian-bagian tanah lempung tersebut berubah-ubah tanpa perubahan isi ataupun tanpa kembali ke bentuk yang asli.

3.2 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk mengubah atau memperbaiki sifat tanah terutama pada tingkat kestabilannya. Bowles (1989) menyatakan bahwa stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan mekanis dan bahan campuran (*additive*).

Manfaat dari stabilisasi tanah adalah untuk merubah sifat-sifat teknis tanah, seperti kapasitas dukung, kompreibilitas, permeabilitas, kemudahan dikerjakan, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air. Agar tujuan dan manfaat dari stabilitas tanah dapat tercapai, dalam pelaksanaannya harus memperhatikan beberapa faktor agar dapat memilih bahan stabilisasi yang sesuai sebagai berikut :

1. cuaca dan drainase,
2. penyelidikan perkerasan,
3. pengambilan contoh dan pengujian bahan,
4. penilaian awal terhadap jenis stabilisasi yang diperlukan, dan
5. pemilihan akhir jenis stabilisasi.

3.3 Pasir Vulkanik Merapi

Lasino dkk. (2011) menyatakan bahwa Pasir Vulkanik Merapi merupakan jatuhnya piroklastik dari Gunung Merapi. Jatuhan piroklastik berupa hujan abu/pasir vulkanik terjadi saat letusan dan menyebar ke segala arah sesuai dengan arah hembusan angin. Kandungan kimia sampel pasir yang bercampur dengan abu vulkanik merapi yaitu SiO₂ sebesar 63,90%, Al₂O₃ sebesar 17,67%, CaO sebesar 7,10%, Na₂O sebesar 3,27%, MgO, K₂O, Fe₂O₃, dan SO₃ yang

masing-masing kurang dari 3%. Kandungan terbesar adalah silika yang merupakan unsur utama dalam pembentukan semen. Selain itu, suatu bahan akan mengalami reaksi *pozzoland*, salah satunya apabila mengandung jumlah SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ minimum 70%. Sehingga, pasir yang bercampur dengan Abu Vulkanik Gunung Merapi mempunyai sifat pozzolanik yaitu sifat yang bertambahnya waktu, maka bahan tersebut apabila bereaksi dengan alumina (Al₂O₃) dan CaO yang ada dilempung organik akan menjadi bertambah keras.

3.4 Gypsum

Secara teknik, Gypsum disebut sebagai zat kapur sulfat. Kurniawan dkk. (2014) menyatakan beberapa pengaruh positif gypsum pada tanah lempung ekspansif, yaitu sebagai berikut :

1. gypsum dapat meningkatkan stabilitas tanah karena mengandung kalsium yang mampu mengikat tanah lempung ekspansif yang dipengaruhi oleh agregat tanah,
2. gypsum yang dicampur pada tanah lempung ekspansif dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah dapat tergantikan oleh kalsium pada gypsum sehingga pengembangannya menjadi lebih kecil, dan
3. gypsum mampu meningkatkan kecepatan rembesan air karena gypsum lebih menyerap banyak air.

3.5 Pengujian Sifat Fisik

Pengujian sifat fisik tanah terdiri atas uji kadar air, uji berat volume, uji berat jenis, uji analisa saringan dan hidrometer serta uji batas konsistensi (*atterberg limit*). Pengujian ini adalah sebagai pertimbangan untuk merencanakan dan melaksanakan pembangunan suatu konstruksi. Sampel tanah yang disiapkan adalah tanah lempung pada kondisi tidak terganggu (*undisturbed*) dan sampel tanah terganggu (*disturbed*). Pada sampel tanah tidak terganggu masih didalam tabung sedangkan untuk sampel tanah terganggu dimasukkan didalam karung kemudian bongkahan tanah yang

didalam karung dikeringkan, setelah sampel tanah terganggu dikeringkan kemudian tanah diayak dengan saringan No.40. Setelah semua sampel tanah siap kemudian mulai melakukan pengujian sifat fisik tanah.

3.6 Pemadatan Tanah

Menurut Wesley (1977), pemadatan adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu cara mekanis. Untuk setiap daya pemadatan tertentu (*certain compactive effort*), kepadatan yang tercapai tergantung kepada banyaknya air didalam tanah tersebut, yaitu pada kadar airnya. Jika kadar air tertentu rendah, maka tanah itu keras atau kaku dan sukar dipadatkan. Sedangkan kadar air yang tinggi, kepadatannya akan turun lagi karena pori-pori tanah menjadi penuh terisi air yang tidak dapat dikeluarkan dengan cara memadatkan.

Menurut Hardiyatmo (2010), maksud dari dilakukan pemadatan sebagai berikut :

1. menaikkan kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah mampat,
3. mengurangi permeabilitas, dan
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan air kadar air.

Teori pemadatan pertama kalinya dikembangkan oleh R.R. Proctor. Empat variabel pemadatan tanah yang didefinisikan oleh Proctor, yaitu usaha pemadatan atau energi pemadatan, jenis tanah (gradasi, kohesif atau tidak kohesif, ukuran partikel dan sebagainya), kadar air, dan berat isi kering.

3.7 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Menurut Sukirman (1995) pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air tertentu. CBR adalah perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1”/0,2” dengan beban yang ditahan batu pecah standar pada penetrasi 0,1”/0,2”. Nilai CBR adalah perbandingan (dalam

persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch dengan kecepatan 0,05 inch/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembus bahan *standard* tertentu dan diukur beban yang diperlukan untuk penetrasi.

3.8 Pengembangan (*Swelling*)

Identifikasi dan klasifikasi tanah lempung secara empiris dilakukan dengan menggunakan parameter hasil dari uji batas-batas *Atterberg*. Uji batas *Atterberg* yang diperlukan adalah batas cair dan batas plastis. Tanah dengan indeks plastisitas (PI) kurang dari 15% tidak akan memperlihatkan perilaku pengembangan. Sedangkan tanah dengan PI lebih besar dari 15%, kandungan tanah lempung harus dievaluasi disamping nilai-nilai batas konsistensi (*atterberg limit*) dengan identifikasi melalui uji pengembangan.

3.9 Konstruksi Perkerasan Jalan

Konstruksi perkerasan lentur jalan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan yang ada dibawahnya. Pemilihan material yang baik akan menimbulkan distribusi beban yang baik pula sehingga diharapkan beban lalulintas yang terdistribusi ke tanah besarnya tidak melebihi daya dukung tanah tersebut. Lapis perkerasan lentur jalan yang biasa digunakan dalam konstruksi perkerasan lentur jalan dari urutan paling bawah yaitu tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface course*).

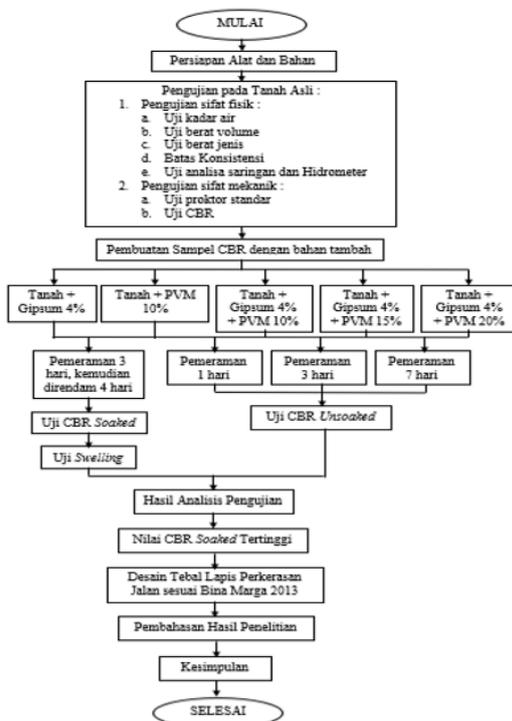
3.10 Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga Tahun 2013

Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 merupakan pengembangan dari manual sebelumnya dengan suatu pendekatan perencanaan dan desain yang dipakai untuk merencanakan struktur perkerasan jalan barudan tebal lapis tambah pada suatu struktur perkerasan jalan. Selain

itu, metode ini juga bertujuan untuk menanggulangi isu empat tantangan yang berkaitan dengan kinerja aset jalan. Empat tantangan terhadap kinerja aset jalan di Indonesia yang ada di dalam manual ini adalah beban berlebih, temperatur perkerasan tinggi, curah hujan tinggi, dan tanah lunak. Metode Bina Marga 2013 dapat digunakan sebagai perencanaan perkerasan pada jalan baru, pelebaran jalan, dan rekonstruksi perkerasan lentur dan kaku. Metode ini juga menjelaskan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan struktur perkerasan. Metode ini dapat digunakan untuk menghasilkan desain awal yang nantinya dapat diperiksa terhadap pedoman desain perkerasan Pd T-012002-B dan *Software* Desain Perencanaan Jalan Perkerasan Lentur (SDPPJL) untuk desain perkerasan lentur.

4. METODE PENELITIAN

Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

5. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik dan mekanik sampel tanah asli yang berasal dari Desa Gunungcondong, Kecamatan Bruno, Purworejo dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Asli

No	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air	44,058	%
2	Berat Volume	1,613	gr/cm ³
3	Berat Jenis (Gs)	2,582	
4	<i>Atterberg Limit</i>		
	Batas Cair (LL)	86,6	%
	Batas Plastis (PL)	54,251	%
	Batas Susut	27,99	%
	Indeks Plastis (PI = LL - PL)	32,349	%
5	<i>Analisis Granuler</i>		
	% Lolos #200	71,706	%
	Kerikil	0	%
	Pasir	28,294	%
	Lanau	27,173	%
6	<i>Klasifikasi Tanah</i>		
	AASHTO	A-7-5	Tanah berlempung
	USCS	OH	Lempung Organik dengan Plastisitas sedang sampai tinggi
	<i>Uji Proktor Standar</i>		
	Kadar Air Optimum	1,167	%
7	Berat Volume Kering Maksimal	33,25	gr/cm ³

5.1 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian ini dibagi menjadi dua yaitu pengujian CBR tanpa rendaman (*Unsoaked*) dengan pemeraman 1 hari, 3 hari dan 7 hari

serta pengujian CBR rendaman (*Soaked*) yang terlebih dahulu diperam selama 3 hari kemudian direndam dalam air selama 4 hari untuk mengetahui nilai pengembangan (*swelling*). Setelah direndam, sampel tanah dapat dilakukan pengujian CBR. Pengujian CBR dilakukan terhadap tanah asli, tanah + Gypsum 4%, tanah + Pasir Vulkanik Merapi 10%, tanah + Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 10%, tanah + Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 15% dan tanah + Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 20%. Adapun rekapitulasi hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanah Asli

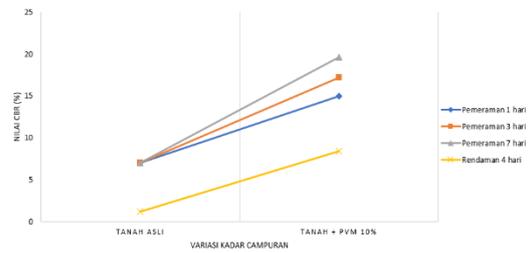
Sampel Pengujian	Unsoaked	Soaked
Tanah Asli	6,975%	1,139%

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanah dengan Campuran Bahan Tambah

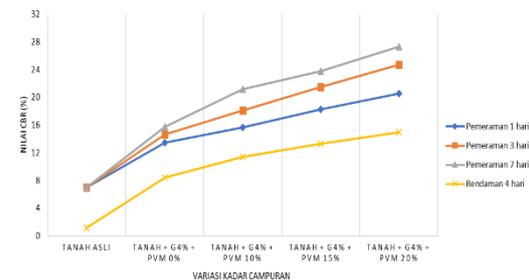
Keterangan Nilai	Hari Ke -				
	0	1	2	3	4
Pengembangan (%)	0	1	2	3	4
Tanah Asli	0%	1,995%	2,570%	3,572%	4,426%
Tanah + Gypsum 4%	0%	0,518%	0,678%	1,079%	1,619%
Tanah + Pasir Merapi 10%	0%	0,942%	1,207%	1,887%	2,242%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 10%	0%	0,440%	0,617%	1,003%	1,407%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 15%	0%	0,363%	0,573%	0,692%	0,864%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 20%	0%	0,119%	0,351%	0,438%	0,533%



Gambar 2. Hasil Pengujian CBR Pada Tanah Asli dan Tanah + Gypsum 4%



Gambar 3. Hasil Pengujian CBR Pada Tanah Asli dan Tanah + Pasir Vulkanik Merapi 10%



Gambar 4. Hasil Pengujian CBR Pada Tanah Asli dan Tanah + Gypsum + Pasir Vulkanik Merapi

Berdasarkan ketiga grafik diatas, dapat diketahui bahwa nilai CBR tertinggi dengan penambahan Pasir Vulkanik Merapi terjadi pada pemeraman 7 hari yaitu sebesar 19,577% dan nilai CBR tertinggi dengan penambahan Gypsum juga terjadi pada pemeraman 7 hari yaitu sebesar 15,717%. Sehingga dapat diketahui jika Pasir Vulkanik Merapi memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap kenaikan nilai CBR daripada Gypsum. Selain itu, semakin tinggi persentase Gypsum dan Pasir Vulkanik Merapi serta semakin lama pemeraman maka semakin tinggi pula nilai CBR yang diperoleh. Selain itu, hasil CBR rendaman juga semakin meningkat apabila persentase bahan tambah semakin tinggi. Artinya, Gypsum dan Pasir Vulkanik Merapi dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah untuk memperbaiki jenis tanah yang kurang stabil. Selanjutnya, untuk menentukan desain tebal perkerasan jalan dengan metode Bina Marga 2013 digunakan nilai CBR dalam kondisi terendam (cuaca hujan) dilapangan sehingga digunakan nilai CBR tanah campuran yang sudah distabilisasi

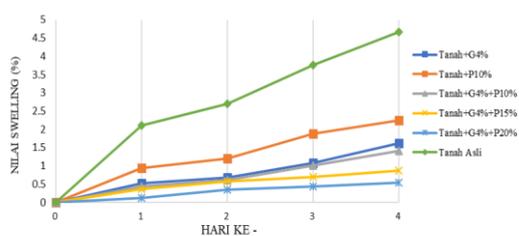
dengan nilai terbesar, yaitu sebesar 14,973%.

5.2 Pengembangan (Swelling)

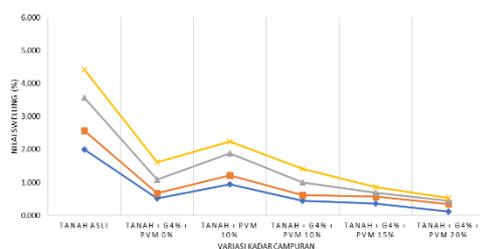
Pengujian pengembangan bertujuan untuk mencari nilai perbandingan antara perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula yang dinyatakan dalam persen. Pengujian dilakukan terhadap tanah asli maupun tanah dengan campuran bahan tambah yang direndam selama 4 hari. Hasil pengujian pengembangan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Pengembangan (Swelling) dari Pengujian CBR Soaked

Keterangan Nilai Pengembangan (%)	Hari Ke -				
	0	1	2	3	4
Tanah Asli	0%	1,995%	2,570%	3,572%	4,426%
Tanah + Gypsum 4%	0%	0,518%	0,678%	1,079%	1,619%
Tanah + Pasir Merapi 10%	0%	0,942%	1,207%	1,887%	2,242%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 10%	0%	0,440%	0,617%	1,003%	1,407%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 15%	0%	0,363%	0,573%	0,692%	0,864%
Tanah + Gypsum 4% + PVM 20%	0%	0,119%	0,351%	0,438%	0,533%



Gambar 5. Hasil Pengujian Pengembangan Pada CBR Rendaman (Soaked) dengan Tinjauan Waktu Rendaman



Gambar 6. Hasil Pengujian Pengembangan Pada CBR Rendaman (Soaked) dengan Tinjauan Campuran Tanah

Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa pada tanah asli nilai pengembangan mencapai angka tertinggi yaitu sebesar 4,426% dan nilai indeks plastisitas (PI) pada pengujian sebelumnya diperoleh nilai sebesar 34,188%. Sesuai Tabel 3.9, dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa sampel tanah Desa Gunungcondong, Kecamatan Bruno, Purworejo merupakan tanah lempung dengan pengembangan yang tinggi karena nilai indeks plastisitas sebesar 20% – 35%. Tetapi, setelah tanah ditambahkan bahan stabilisasi berupa Gypsum dan Pasir Vulkanik Merapi, nilai pengembangan mengalami penurunan. Penurunan yang terbesar terjadi pada persentase campuran Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 20% menghasilkan nilai pengembangan 0,533% pada rendaman 4 hari. Artinya, Gypsum dan Pasir Merapi dapat menurunkan potensi pengembangan pada tanah lempung.

5.3 Desain Tebal Perkerasan Lentur Jalan dengan Metode Bina Marga 2013

Hasil perhitungan desain perkerasan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Lalu Lintas

Jenis Kendaraan	LHR	VDF 4	ESA4	CESA 4	CESA 5
Sepeda Motor	1.255	0	0	0	0
Sedan, Jeep	164	0	0	0	0
Mikrolet, Minibus	63	0	0	0	0
Bus Kecil	54	0,3	16,2	130.198,371	234.357,067
Truk 2 Sumbu Ringan	128	0,8	102,4	822.982,293	1.481.368,128
Truk 2 Sumbu Sedang	70	1,6	112	900.136,883	1.620.246,39
Truk 3 as	60	7,6	456	3.664.843,025	6.596717,445
Jumlah (ESAL)				5.518.160,572	9.932.689,03

Berdasarkan perhitungan lalu lintas diatas, diperoleh nilai CESA4 dan CESA5 yang dapat digunakan untuk desain perkerasan sesuai dengan Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga 2013. Nilai CESA4 digunakan untuk bagan desain pelaburan tipis (Burda) dan perkerasan tanpa penutup. Sedangkan nilai CESA5 digunakan untuk bagan desain perkerasan lentur. Selanjutnya,

sesuai dengan Tabel 4 nilai CBR tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan dalam perhitungan sebesar 14,973% dan nilai ini dianggap telah mewakili perkiraan nilai CBR tanah dasar. Karena nilai CBR yang diperoleh >6%, maka desain pondasi jalan tidak perlu peningkatan atau perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping layer*). Sehingga dari nilai CESA5 sebesar 9.932.689,030 ESAL dapat ditentukan tebal lapis perkerasan yang akan digunakan sesuai Bagan Desain 3A Perkerasan Lentur Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir pada Tabel 6.

Tabel 6. Bagan Desain 3A : Desain Perkerasan Lentur – Aspal dengan Lapis Pondasi Berbutir

STRUKTUR PERKERASAN									
	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9
Solusi yang dipilih					Lihat Catatan 3			Lihat Catatan 3	
Pengulangan beban sumbu desain 20 tahun di lajur rencana (pangkat 5) (10 ⁶ CESA5)	1-2	2-4	4-7	7-10	10-20	20-30	30-50	50-100	100-200
	KETEBALAN			LAPIS PERKERASAN					
	(mm)			(mm)					
AC WC	20	40	40	40	40	40	40	40	40
AC Binder	60	60	60	60	60	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Catatan	1	1	2	2	3	3	3	3	3

Berdasarkan tabel diatas struktur perkerasan termasuk dalam ketegori FF4. Setelah diperoleh tebal lapis perkerasan, dapat dibuat gambar potongan melintang lapis perkerasan jalan lentur yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Potongan Melintang Lapis Perkerasan Lentur Jalan

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai seluruh proses pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini, maka diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut ini.

1. Dari pengujian sifat fisik dan mekanik tanah asli diperoleh hasil bahwa klasifikasi tanah menurut Metode AASHTO termasuk dalam kelompok A-7-5(29) dengan tanah berlempung sedang sampai buruk. Selanjutnya dengan Metode USCS diketahui karakteristik tanah termasuk dalam kategori OH, artinya tanah bersifat lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi.
2. Hasil pengujian CBR pada tanah asli untuk kondisi tanpa rendaman (*Unsoaked*) adalah sebesar 6,975% dan CBR kondisi rendaman (*Soaked*) sebesar 1,139%. Setelah penambahan bahan tambah, nilai CBR tertinggi kondisi *Unsoaked* yaitu pada campuran Tanah + Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 20% dengan pemeraman selama 7 hari sebesar 27,342% dan nilai CBR tertinggi kondisi *Soaked* juga terjadi pada campuran Tanah + Gypsum 4% + Pasir Vulkanik Merapi 20% dengan rendaman selama 4 hari sebesar 14,973%. Penambahan Pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum memberikan pengaruh terhadap kekuatan tanah, yaitu meningkatkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) terhadap nilai CBR tanah asli dengan besarnya peningkatan nilai CBR *Unsoaked* yaitu 20,367% dan CBR *Soaked* 13,834%.
3. Nilai CBR *Soaked* tertinggi yaitu 14,973% digunakan untuk *subgrade* pada desain tebal lapis perkerasan lentur jalan sesuai dalam Manual Desain Perkerasan Bina Marga 2013. Hasil yang diperoleh yaitu pada lapisan AC WC 40 mm, AC *Binder* 60 mm, AC *Base* 105 mm dan LPA Kelas A 300 mm.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penulisan ini guna untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut ini.

1. Penelitian selanjutnya dapat menjadikan Pasir Vulkanik Merapi sebagai variabel tetap untuk setiap sampel atau menggunakan bahan ini sebagai bahan stabilisasi tanah tanpa menggunakan

- bahan tambah lainnya mengingat bahan tersebut lebih ekonomis.
2. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan bahan tambah yang sama, yaitu Pasir Vulkanik Merapi dan Gypsum tetapi dengan persentase campuran yang lebih besar serta waktu pemeraman yang lebih lama.
 3. Apabila peneliti selanjutnya ingin merencanakan ulang tebal perkerasan lentur jalan, sebaiknya mencari data tebal perkerasan lentur yang lama sehingga dapat dijadikan perbandingan dan melihat pengaruh dari stabilisasi yang direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 2013. *Metode Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013*. Jakarta.
- Bowles, J. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta. Edisi Kedua. Erlangga.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kurniawan V, Zaika Y, Harimurti. 2014. Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum dengan Lamanya Waktu Pengeraman (*Curing*) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif di Bojonegoro. *Tugas Akhir*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Lasino, Sugiharto B, Cahyadi D. 2011. *Pemanfaatan Pasir dan Debu Merapi Sebagai Bahan Konstruksi Dalam Mendukung Pembangunan Infrastruktur dan Meningkatkan Nilai Guna Lahar Vulkanik*. Prosiding PPI Standardisasi 2011. p. 20-36. Yogyakarta.
- Mufti, D.N. 2017. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Bahan Tambah Abu Sekam Padi dan Kapur Untuk Material Konstruksi Perkerasan Lentur Jalan*. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Ndaru, F.W. 2015. *Perbaikan Tanah Ekspansif dengan Penambahan Serbuk Gypsum dan Abu Sekam Padi Untuk Mengurangi Kerusakan Struktur Perkerasan*. *Tugas Akhir*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sukirman, S. 1995. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Wesley, L. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbitan Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Yeimo, D. 2014. *Kajian Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir dan Kapur Sebagai Subgrade Pada Ruas Jalan Enarotali Madi Kabupaten Paniai Provinsi Papua*. *Tesis*. Univesitas Gadjah Mada. Yogyakarta.