

BAB IV

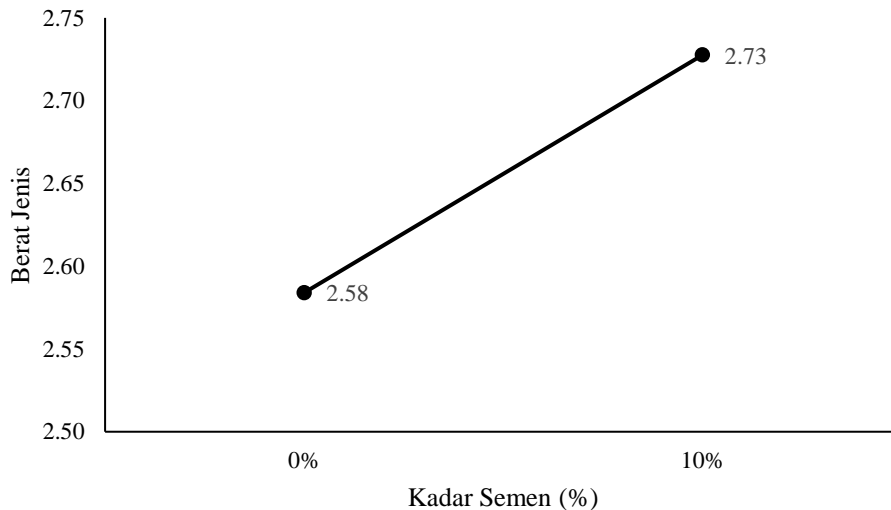
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian dan Pembahasan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan hasil pengujian sesuai dengan parameter yang dirumuskan.

4.1.1 Pengujian Berat Jenis

Hasil dari pengujian berat jenis adalah berat jenis tanah yang dibuat kurva hubungan antara berat jenis dan kadar semen dengan kadar semen yang berbeda-beda yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Secara umum, setiap kenaikan kadar semen maka nilai berat jenis juga mengalami peningkatan. Pada tanah dengan bahan tambah semen 0% memiliki berat jenis sebesar 2,58 sedangkan tanah dengan bahan tambah semen 10% memiliki nilai 2,73 sehingga memiliki selisih 0,15.



Gambar 4.1 Kurva Hubungan Berat Jenis dan Kadar Semen

Hasil pengujian berat jenis sebagai penentu jenis tanah, dilihat dari hasil pengujian yang disajikan pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa dengan bertambahnya kadar semen maka nilai berat jenis juga bertambah. Tanah dengan kadar semen 0% memiliki nilai berat jenis sebesar 2,58, termasuk jenis tanah lempung organik sedangkan tanah dengan kadar semen 10% memiliki nilai berat jenis yang lebih besar yaitu 2,73. Dalam penelitian Andriani dkk. (2012) dan Lesmana dkk. (2016) dijelaskan bahwa terjadi proses sementasi yaitu dimana

semen bercampur tanah mengakibatkan terjadinya pertukaran kation alkali sodium dan potassium (Na^+ dan K^+) tanah digantikan kation semen (Ca^{++} dan Mg^{++}) sehingga tanah mengalami flokulasi (menggumpal), ukuran butir lebih besar sehingga makropori dan mikropori tanah meningkat.

4.1.2 Pengujian *Atterberg Limit*

Hasil dari uji *atterberg limit* berupa batas cair, batas plastis, indeks plastisitas, dan batas susut tanah dengan bahan tambah semen 0% dan tanah dengan bahan tambah semen 10% yang pada Tabel 4.1. Nilai batas cair menurun sebesar 3,5%, nilai batas plastis meningkat sebesar 11,45%, nilai batas susut meningkat sebesar 14,38% , dan nilai indeks plastisitas menurun sebesar 14,95%.

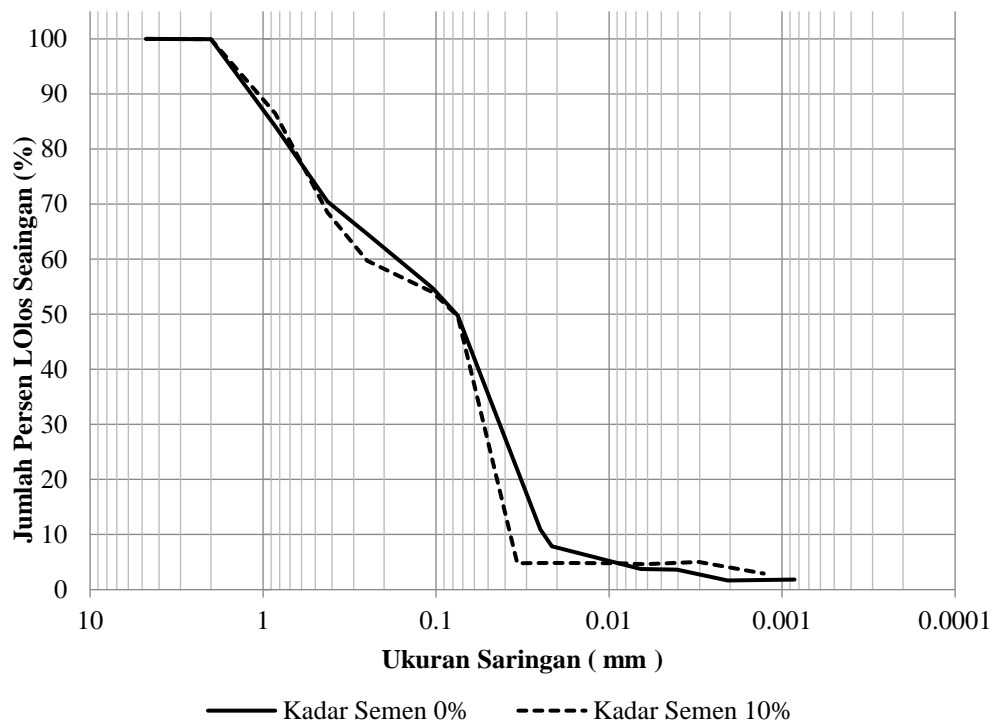
Tabel 4.1 Nilai pengujian *atterberg limit*

Jenis Pengujian	Kadar Semen	
	0%	10%
Batas cair (LL)	37,5%	34%
Batas plastis (PL)	21,99%	33,44%
Batas susut (SL)	17,05%	31,43%
Indeks plastisitas (PI)	15,51%	0,56%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa jika kadar semen meningkat maka batas plastis dan batas susut meningkat, sedangkan batas cair menurun, dan indeks plastisitas menurun. Terjadi proses sementasi yaitu pertukaran ion K^+ (potassium) dan Na^+ (sodium) dari tanah dengan ion Ca^{++} dan Mg^{++} dari semen sehingga ukuran partikel tanah menjadi lebih besar, dapat mengurangi indeks plastisitas tanah diikuti penurunan potensi pengembangan. Selain itu terjadi proses pozzolan senyawa silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) dari semen bercampur dengan tanah dan air membuat rongga pori partikel tanah dikelilingi semen membuat tanah sulit ditembus air sehingga memiliki sifat plastisnya cenderung turun ketika semen bertambah (Andriani dkk., 2012 dan Lesmana dkk., 2016). Kadar semen yang tinggi dapat meningkatkan derajat keasaman (pH) sehingga meningkatkan kapasitas pertukaran kation (Lesmana, 2016).

4.1.3 Pengujian Ukuran Butir Tanah

Hasil pengujian ini berupa kurva hubungan ukuran saringan dengan persentase lolos saringan ditampilkan pada Gambar 4.2. Pengujian ini terdiri dari 2 metode yaitu metode saringan dan metode *hydrometer*. Pada pengukuran metode *hydrometer* ukuran partikel benda uji kadar semen 0% sebesar 0,000848 mm hingga 0,02498 mm, sedangkan ukuran partikel benda uji kadar semen 10% sebesar 0,00128 mm sampai 0,034 mm. Fraksi kasar sebesar 50,92% dan fraksi tanah berbutir halus 49,08%., sedangkan fraksi kasar benda uji kadar semen 10% sebesar 50,36% dan fraksi halus sebesar 49,64%.



Gambar 4.2 Grafik distribusi ukuran butir tanah

Ukuran butir tanah pada benda uji kadar semen 0% lebih kecil dibandingkan dengan ukuran butir benda uji dengan kadar semen 10%, dapat dilihat pada Gambar 4.2. Pengaruh penambahan semen terhadap tanah menurut Andriani dkk. (2012) dan Lesmana dkk. (2016) membuat tanah memiliki ukuran partikel lebih besar dibanding tanah asli. Terjadi proses sementasi yaitu gumpalan (flokulasi) pada tanah akibat reaksi tanah semen, pertukaran kation alkali potassium dan sodium

(Na⁺ dan K⁺) berasal dari tanah digantikan dengan kation berasal dari semen yaitu ion Na⁺⁺ dan Mg⁺⁺.

4.1.4 Pengujian CBR Laboratorium Rendaman

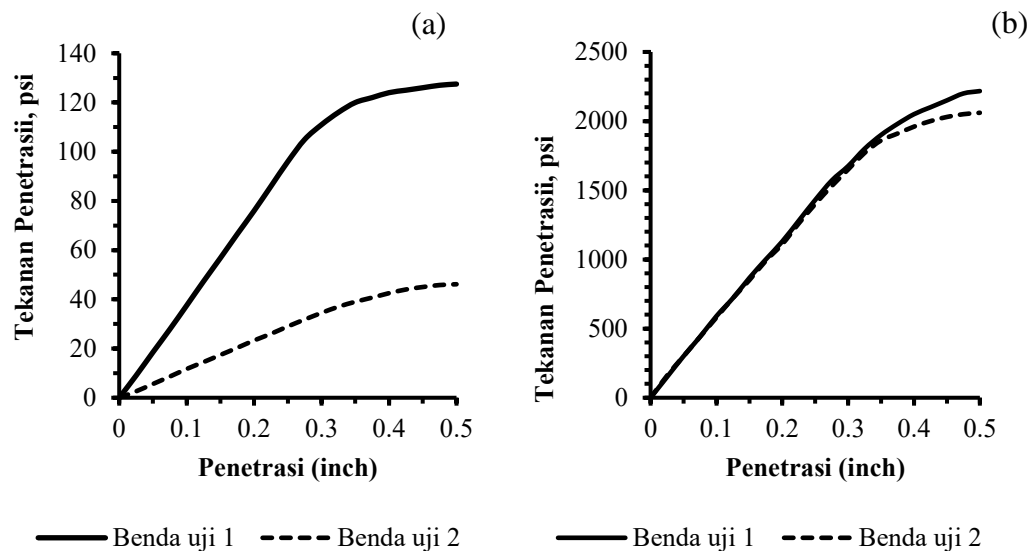
Pengujian ini diperlukan pengukuran pengembangan (*swelling*) selama 96 jam. Data sebelum rendaman dan setelah rendaman ditampilkan pada Tabel 4.2. Pada semua benda uji sebelum rendaman dan setelah rendaman hampir semua parameter memiliki selisih yang hampir sama. Pada berat volume tanah basah, berat tanah basah, dan kadar air memiliki kenaikan, pada berat volume tanah kering dan berat tanah kering mengalami penurunan, selisih berat air terisap benda uji kadar semen 0% lebih banyak yaitu 115 g dibanding benda uji kadar semen 10% hanya 5 g. Hasil pengukuran pengembangan pada semua benda uji 0%. Hasil dari uji CBR laboratorium adalah nilai CBR 0,1” dan nilai CBR 0,2” ditampilkan pada Tabel 4.3 dan hasil penetrasi ditampilkan pada Gambar 4.6.

Tabel 4.2 Data sebelum dan sesudah perendaman

Parameter	Kadar Semen							
	0%				10%			
	Sebelum		Sesudah		Sebelum		Sesudah	
	BU I	BU II	BU I	BU II	BU I	BU II	BU I	BU II
Berat tanah basah, g	4285	4000	4335	4192	5265	4371	5230	4441
Berat tanah kering, g	3406,4	3200	798,85	713,88	200,97	169,42	60,88	49,84
Berat volume tanah basah, g	1,33	1,23	0,74	0,78	1,59	1,23	0,62	0,69
Berat volume tanah kering, g	1,06	0,98	0,23	0,11	0,06	0,06	0,02	0,02
Berat air terisap, g	77	192	77	192	65	70	65	70
Kadar air, %	25	24,7	32,72	41,16	24,7	24,8	32,34	41,32

Tabel 4.3 Nilai CBR laboratorium rendaman

Nilai CBR	Kadar Semen			
	0%		10%	
	BU I	BU II	BU I	BU II
0,1 in.	1,17%	3,75%	59%	58%
0,2 in.	1,55%	5,07%	75,33%	74%
Rata-rata	3,31%		74,66%	



Gambar 4.3 Kurva hubungan penetrasi dan tekanan uji CBR (a) tanah tanpa semen, (b) tanah dengan 10% semen

Nilai pengembangan didapat 0%, berdasarkan Tabel 2.1 memiliki tingkat klasifikasi potensi pengembangan yang rendah karena nilai LL pada semua benda uji $< 50\%$ dan PI $< 25\%$ dapat dilihat pada Tabel 4.1. Besarnya pengembangan tergantung pada jumlah kation dalam tanah, jika kation tanah bereaksi dengan ion positif seperti K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} maka pengembangannya sedikit karena ion positif tersebut berfungsi sebagai pengikat antar partikel dan mengurangi besarnya jarak antar partikel (Yahya, 2015). Parameter sesudah dan sebelum rendaman mengalami perubahan, karena air menyerap ke dalam tanah, namun banyaknya air yang terisap pada benda uji kadar semen 0% lebih banyak dibanding benda uji kadar semen 10% karena benda uji kadar semen 10% mengalami reaksi sementasi dan pozzolan membuat partikel tanah membesar dan air sulit masuk ke dalam partikel tanah. Banyaknya air yang masuk pada tanah membuat berat tanah, berat volume tanah basah dan kadar air meningkat, sedangkan berat volume tanah kering menurun.

Nilai CBR 0,1" dan CBR 0,2" ditunjukkan pada Tabel 4.3 bahwa pada tanah dengan bahan tambah semen 10% lebih tinggi dari pada tanah dengan bahan tambah semen 0% yang artinya semakin tinggi kadar semen maka nilai CBR lebih tinggi sehingga memiliki daya dukung yang tinggi, karena campuran tanah, semen, dan air membentuk butiran baru yang lebih keras. Terjadi proses sementasi yaitu

pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah dengan kation dari semen sehingga mengalami penggumpalan membentuk butiran dengan ukuran lebih besar selain itu juga terjadi proses pozzolan yaitu kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dari tanah dengan silikat (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari semen membentuk kalsium silikat atau aluminat silikat sebagai bahan pengikat, proses hidrasi terjadi karena rekasi ion Ca^{2+} silikat (SiO_2) dan aluminat (AlO_3) dari permukaan tanah membentuk pasta semen sehingga mengikat partikel tanah, dan proses sementasi terjadi akibat sifat semen bercampur dengan air sehingga terjadi proses pozzolan (Andriani dkk., 2012). Dijelaskan Pandiangan (2016) seiring penambahan semen maka meningkatkan nilai daya dukung tanah karena pencampuran tanah-semen-air menimbulkan proses sementasi sehingga membentuk partikel baru yang lebih keras selain itu juga terjadi proses pozzolan karena semen bercampur dengan air. Peningkatan nilai CBR terjadi karena penambahan kadar semen dan mampu menyebarkan air mengelilingi setiap butiran tanah, terjadi proses absorpsi air dan pertukaran ion oleh semen menjadi lebih efektif meningkatkan daya ikat antar butiran tanah sehingga antar butiran tanah akan saling mengunci (*interlocking*). Pada Gambar 4.4 dan 4.5 hasil benda uji setelah penetrasi menunjukkan bahwa benda uji dengan kadar semen 0% terlihat lebih lunak dibanding benda uji dengan kadar semen 10% yang terlihat lebih kering karena pada benda uji 10% terjadi proses sementasi dan pozzolan seperti penjelasan di atas membuat partikel tanah keras dan pada saat perendaman air sulit masuk ke dalam rongga partikel tanah, berbeda dengan tanah dengan kadar semen 0% yang tidak memiliki bahan tambah yang mampu mencegah air masuk ke dalam rongga-rongga partikel tanah sehingga pada saat proses perendaman air dapat masuk ke dalam rongga-rongga partikel tanah dan setelah perendaman selama 96 jam kondisi tanah sangat basah . Selain itu lubang hasil penetrasi benda uji kadar semen 0% lebih dalam dibandingkan tanah dengan kadar semen 10%. Sesuai ketentuan ASTM D 1883-99, nilai CBR yang digunakan yaitu CBR 0.2” benda uji I sebesar 75,33% karena pada benda uji I memiliki nilai CBR yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji II dan dibandingkan dengan penetrasi 0,1” pada benda uji I dan benda uji II. Nilai CBR ini menunjukkan nilai kekuatan tanah dasar sehingga dapat digunakan untuk perencanaan ketebalan perkerasan jalan dan dapat menentukan lapisan tambahan (*overlay*) dan perkerasan lentur.



Gambar 4.4 Benda uji kadar semen 0% setelah penetrasi



Gambar 4.5 Benda uji kadar semen 10% setelah penetrasi