

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengujian dan pembahasan sebagai berikut :

4.1.1 Pengujian Berat Jenis

Dari hasil pengujian berat jenis yang dilakukan diperoleh nilai berat jenis tanah seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian berat jenis

Kadar Semen	Berat Jenis
0%	2,58
10%	2,73

Dari hasil pengujian dapat diketahui nilai berat jenis tanah asli sebesar 2,58, sedangkan nilai berat jenis tanah dengan bahan tambah semen 10% sebesar 2,73. Tanah dengan bahan tambah semen mempunyai nilai berat jenis yang lebih besar daripada tanah yang tidak diberi tambahan semen. Menurut Andriani dkk (2012), hal ini disebabkan karena semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation dari semen, sehingga ukuran butiran tanah bertambah besar. Oleh karena itu penambahan semen pada tanah lempung akan menyebabkan air sulit masuk ke mikropori dan makropori tanah lempung, sehingga penambahan semen akan menyebabkan berat jenis tanah lempung meningkat.

4.1.2 Pengujian *Atterberg Limit*

Dari pengujian *Atteberg limit* diperoleh data seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengujian *atterberg limit*

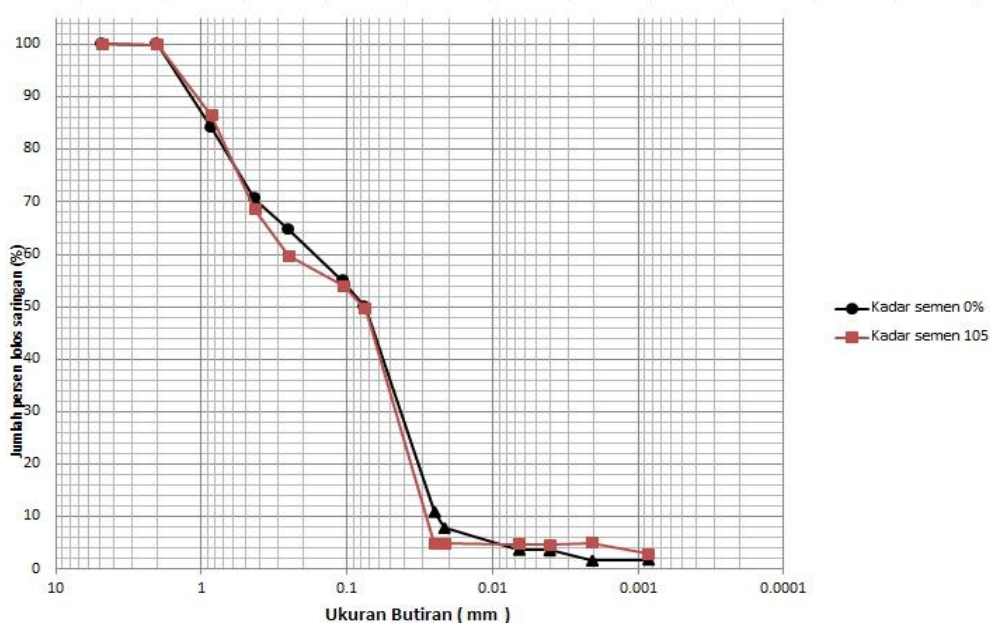
Jenis Pengujian	Kadar Semen	
	0%	10%
Batas cair (LL)	37,5	34
Batas plastis (PL)	21,99	33,44
Indeks plastisitas (PI)	15,51	0,56
Batas susut (SL)	17,05	31,43

Pengujian *Atterberg limit* digunakan untuk mengetahui batas konsistensi tanah asli dan tanah dengan bahan tambah semen. Berdasarkan hasil pengujian tanah dengan bahan tambah semen 0% diperoleh nilai batas cair sebesar 37,5%, sedangkan tanah dengan bahan tambah semen 10% diperoleh nilai batas cair sebesar 34%. Hasil pengujian menunjukkan tanah dengan kadar semen 0% memiliki nilai batas cair lebih tinggi dari tanah dengan bahan tambah semen 10%. Menurut Putra dan Budiman (2013), penurunan nilai batas cair disebabkan karena sebagian air yang terdapat pada pori-pori tanah bereaksi dengan semen untuk digunakan dalam proses sementasi, sehingga terjadi pengurangan kadar air. Hasil dari pengujian batas plastis, tanah dengan bahan tambah semen 0% diperoleh nilai batas plastis sebesar 21,99% sedangkan tanah dengan bahan tambah semen 10% diperoleh nilai batas plastis sebesar 33,44%. Tanah dengan bahan tambah semen mempunyai nilai batas plastis yang lebih tinggi dari tanah tanpa bahan tambah semen. Menurut Andriani dkk (2012), hal ini disebabkan terjadinya pertukaran ion K^+ (potassium) dengan Na^+ (sodium) yang terkandung dalam tanah lempung oleh ion Ca^{++} dan Mg^{++} yang terkandung dalam semen. Dari hasil pengujian diperoleh nilai indeks plastisitas tanah dengan bahan tambah semen 0% sebesar 15,51%, sedangkan tanah dengan bahan tambah semen 10% diperoleh nilai indeks plastisitas sebesar 0,56%. Nilai indeks plastisitas menurun jika kadar semen meningkat. Menurut Sarkar dkk (2012), penurunan nilai indeks plastisitas disebabkan oleh penurunan potensial pengembangan secara signifikan dan berkurangnya air yang dapat diserap oleh mineral tanah *clay*. Berdasarkan hasil pengujian batas susut, tanah dengan bahan tambah semen 0% diperoleh nilai batas susut sebesar 31,64%. Sedangkan tanah dengan bahan tambah semen 10% diperoleh nilai batas susut sebesar 41,83%. Nilai batas susut meningkat jika kadar semen meningkat. Menurut Djelloul dkk (2017), hal ini disebabkan karena ketika semen dicampur dengan tanah terjadi reaksi hidrasi antara semen dengan air dan terjadinya sementasi primer dan sekunder. Dari nilai-nilai yang diperoleh dari pengujian *atterberg limit* dapat diketahui bahwa tanah tanpa bahan tambah semen memiliki nilai batas cair dan indeks plastisitas lebih besar dari tanah yang diberi bahan tambah semen. Tanah tanpa bahan tambah semen memiliki nilai batas plastis dan batas susut lebih kecil dari tanah yang diberi bahan tambah semen.

Menurut Andriani dkk (2012), hal tersebut disebabkan karena adanya pertukaran ion-ion K^+ (potassium) dan Na^+ (sodium) yang terkandung di dalam tanah lempung oleh ion-ion Ca^{++} dan Mg^{++} yang terkandung pada semen yang menyebabkan ukuran partikel-partikel tanah menjadi besar dan mengurangi indeks plastisitas tanah. Selain itu, silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang terdapat pada semen bercampur dengan air membentuk pasta untuk mengikat partikel lempung dan menutupi pori-pori tanah. Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan sementasi akan lebih sulit ditembus air, sehingga membuat campuran tanah-semen lebih tanah terhadap penyerapan air dan dapat menurunkan sifat plastisitasnya.

4.1.3 Pengujian Gradasi Butir Tanah

Hasil dari pengujian gradasi butir tanah ini diperoleh kurva yang menunjukkan hubungan antara ukuran partikel tanah dalam satuan milimeter dengan presentase tanah yang lolos di setiap saringan. Dari hasil analisis hydrometer benda uji dengan kadar semen 0% memiliki ukuran butir sebesar 0,000848 mm sampai 0,02498 mm, sedangkan benda uji dengan kadar semen 10% memiliki ukuran butir sebesar 0,00128 mm sampai 0,034 mm.



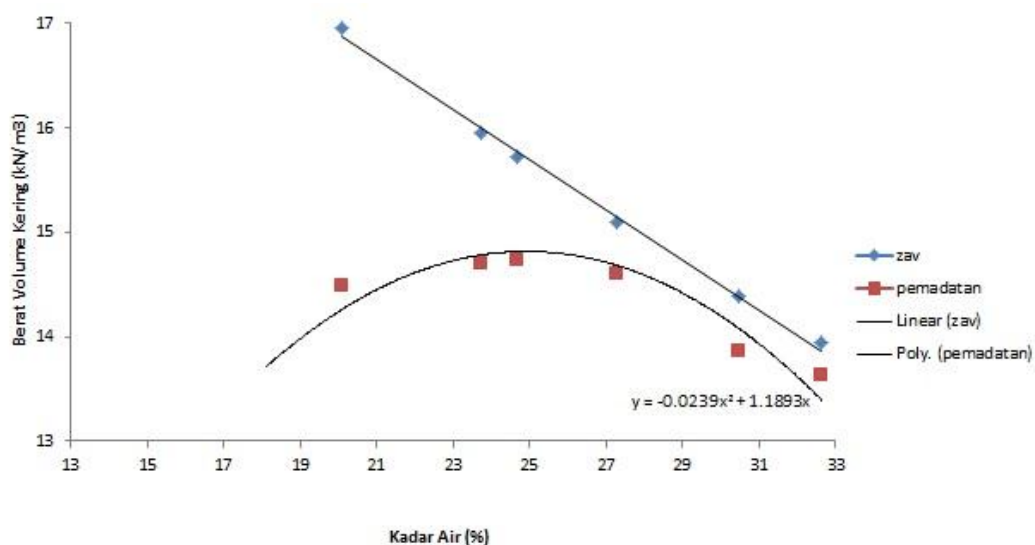
Gambar 4.1 Kurva gradasi butir tanah

Dalam pengujian ini terdapat dua jenis analisis yang digunakan, yaitu analisis saringan dan analisis *hydrometer*. Dari hasil pengujian dapat diketahui

bahwa benda uji dengan kadar semen 10% memiliki ukuran butir lebih besar dibandingkan dengan benda uji dengan kadar 0%. Menurut Andriani dkk (2012), penambahan semen berpengaruh pada ukuran butiran tanah. Tanah dengan bahan tambah semen memiliki ukuran butiran yang lebih besar dibandingkan tanah tanpa bahan tambah semen. Hal ini disebabkan adanya proses sementasi yang berupa gumpalan (flokulasi) pada tanah karena reaksi tanah dengan semen.

4.1.4 Pengujian Pemadatan Proctor Standar

Pengujian pemadatan proctor standar ini digunakan untuk memperoleh nilai OMC dan MDD yang akan digunakan sebagai acuan untuk perhitungan berat tanah, semen, dan banyaknya air dalam pembuatan benda uji *modified slake durability*. Pengujian pemadatan standar hanya dilakukan pada tanah asli. Hasil dari pengujian pemadatan proctor standar ini berupa kurva hubungan antara kadar air dan berat volume tanah kering, yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kurva yang dihasilkan menunjukkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering maksimalnya.



Gambar 4.2 Hubungan kadar air dan berat volume tanah kering

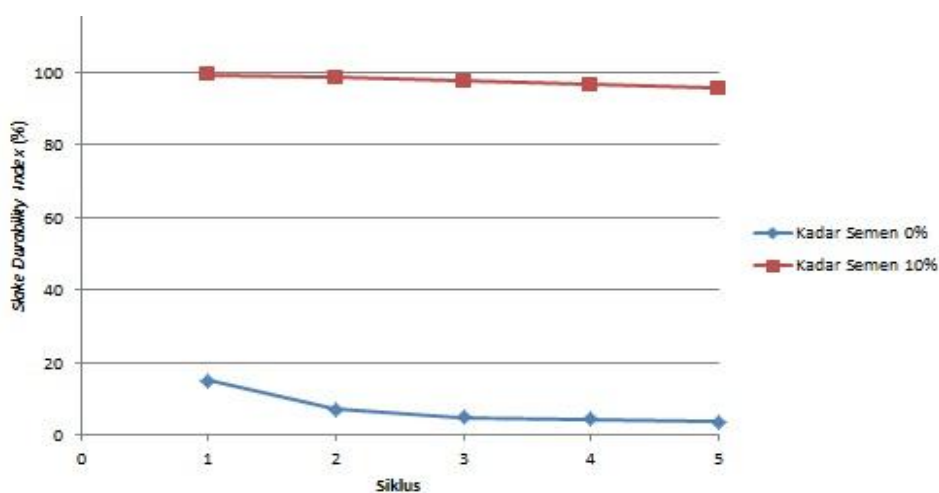
Nilai MDD dan OMC diperoleh dari puncak kurva parabola. Dari kurva diperoleh nilai MDD sebesar $14,8 \text{ kN/m}^3$ dan nilai OMC sebesar 25%. Nilai MDD dan OMC tanah asli digunakan sebagai acuan dalam pembuatan benda uji *modified slake durability* agar dapat membandingkan benda uji dengan kadar semen 0% dan 10% dengan kontrol yang sama.

4.1.5 Pengujian *Modified Slake Durability*

Hasil dari pengujian *modified slake durability* ini berupa besarnya nilai persentase tanah yang tersisa (*slake durability index*) terhadap berat kering oven tanah pada siklus ke-1 pada setiap siklus tanah dengan kadar semen 0% dan tanah dengan kadar semen 10%. Pada pengujian ini dilakukan siklus sebanyak 5 kali siklus.

Tabel 4.3 Hasil pengujian *modified slake durability*

Kadar Semen	<i>Slake Durability Index (%)</i>				
	Siklus 1	Siklus 2	Siklus 3	Siklus 4	Siklus 5
0%	14,96	7,25	5,02	4,41	3,78
10%	99,44	98,69	97,68	96,66	95,62



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara siklus dengan *slake durability index*



Gambar 4.4 Kadar semen 0%
siklus 1



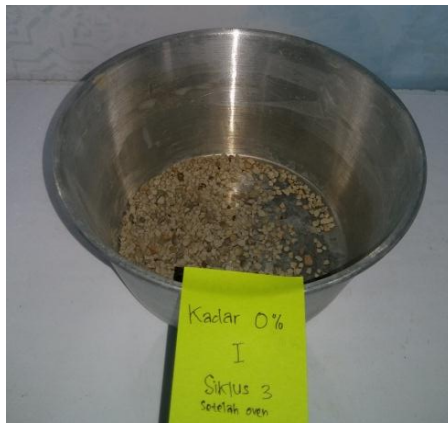
Gambar 4.5 Kadar semen 10%
siklus 1



Gambar 4.6 Kadar semen 0% siklus 2



Gambar 4.7 Kadar semen 10% siklus 2



Gambar 4.8 Kadar semen 0% siklus 3



Gambar 4.9 Kadar semen 10% siklus 3



Gambar 4.10 Kadar semen 0% siklus 4



Gambar 4.11 Kadar semen 10% siklus 4



Gambar 4.12 Kadar semen 0% siklus 5



Gambar 4.13 Kadar semen 10% siklus 5

Hasil dari pengujian *modified slake durability* ini berupa besarnya nilai *slake durability index* pada setiap siklus tanah dengan kadar semen 0% dan tanah dengan kadar semen 10%. Pada pengujian ini dilakukan siklus sebanyak 5 kali siklus. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa benda uji dengan kadar semen 0% dan 10%, persentase sisa tanah dari siklus ke-1 sampai siklus ke-5 semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa tanah tersebut mengalami pelapukan akibat siklus pembasahan dan pengeringan yang diuji selama 5 siklus. Dari keseluruhan siklus, tanah pada benda uji dengan kadar semen 0% memiliki kelapukan yang lebih besar dibandingkan dengan benda uji dengan kadar semen 10%. Hal ini menunjukkan bahwa benda uji dengan kadar semen 10% memiliki ketahanan yang lebih baik dari benda uji dengan kadar semen 0%, seperti yang terlihat pada gambar 4.4 sampai 4.13. Hal ini disebabkan adanya penambahan kadar semen yang dapat meningkatkan pH campuran dan memicu reaksi semen sebagai akibat dari waktu perawatan, menciptakan ikatan semen, dan memberikan kekakuan yang lebih besar pada tanah (Djelloul dkk., 2017). Semen juga merupakan material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi satu kesatuan yang kompak dan tahan air (Andriani dkk, 2012). Semen juga memicu terjadinya reaksi hidrasi ketika bercampur dengan air, semen akan menjadi media perekat kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah (Hardiyatmo, 2017). Hal ini membuat air tidak

mudah masuk pada benda uji yang menggunakan campuran semen. Sehingga dapat mengurangi pelapukan dan memiliki daya tahan yang lebih baik dibandingkan dengan benda uji tanpa campuran semen.

Dari hasil pengujian dapat diklasifikasikan ketahanan tanah berdasarkan nilai *slake durability index* (I_d) sesuai dengan tabel 2.2. benda uji dengan kadar semen 0% mempunyai ketahanan sangat rendah, sedangkan benda uji dengan kadar semen 10% mempunyai ketahanan yang sangat tinggi.