

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

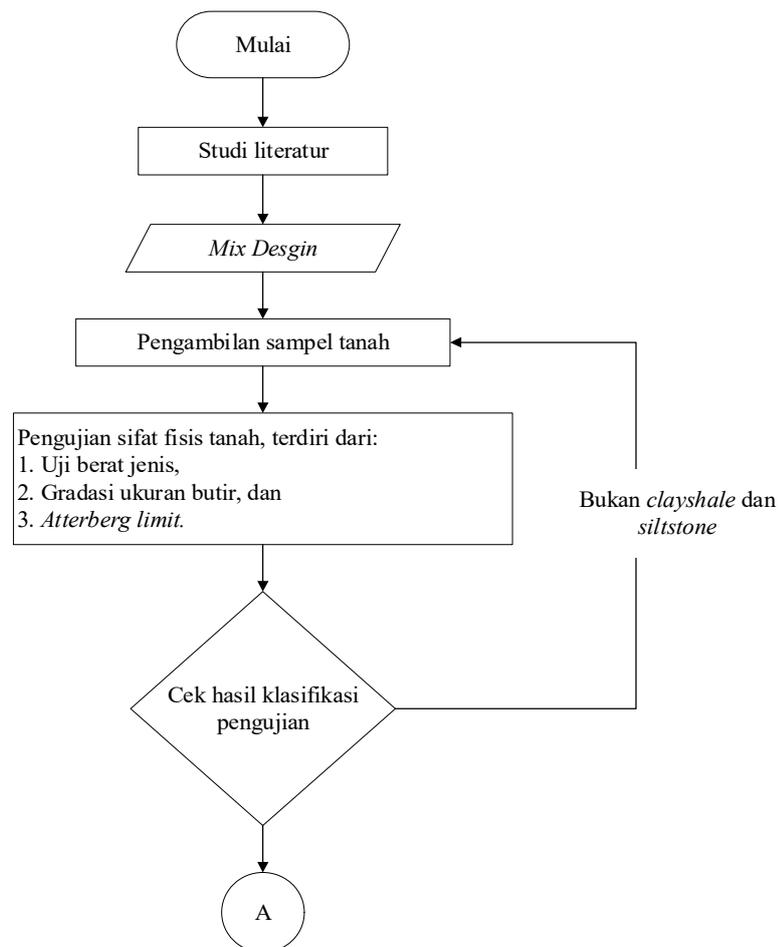
Pengujian diawali dengan melakukan pemilihan sedimen yang tidak bercampur dengan jenis yang lain. Untuk memastikannya, dilakukan pengamatan secara visual pada setiap pengambilan sampel. Sebelum pengujian kuat tekan bebas dilakukan, perlu dipelajari terlebih dahulu karakteristik dari *mudrock* yang akan diuji. Sifat-sifat fisis diteliti sehingga dapat dilihat kolerasinya dengan perilaku tanah tersebut ketika menerima beban. Data dari hasil pengujian fisis tersebut juga dapat dijadikan sebagai dasar untuk membuat hipotesa sebelum pengujian kuat tekan bebas dilakukan. Pengujian sifat fisis tersebut meliputi pengujian berat jenis, gradasi butiran, dan batas-batas konsistensi. Pemadatan dengan menggunakan *Proctor* standar juga dilakukan untuk menentukan jumlah air yang akan digunakan nantinya. *Flow cone test* dilakukan pada pasta semen untuk mengetahui perbandingan air semen paling tepat yang dapat dilewatkan melalui lubang *sprayer*. Pemberian pasta semen diupayakan secara merata pada seluruh bagian adukan ketika disemprotkan melalui *sprayer*. Pasta semen yang diuji menggunakan perbandingan air semen sebesar 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; dan 1,0 dengan satu kali pengujian menggunakan pasta semen sebanyak 1725 ml.

Pengujian utama yang dilakukan adalah uji kuat tekan bebas. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan semen pada *mudrock* terhadap kekuatan dan daya dukung tanah. Parameter yang digunakan untuk melakukan penilaian tersebut adalah kuat geser *undrained* berdasar nilai kuat tekan bebas dan *secant modulus*. Selain itu, nilai *brittleness index* juga bisa didapatkan melalui pengujian ini.

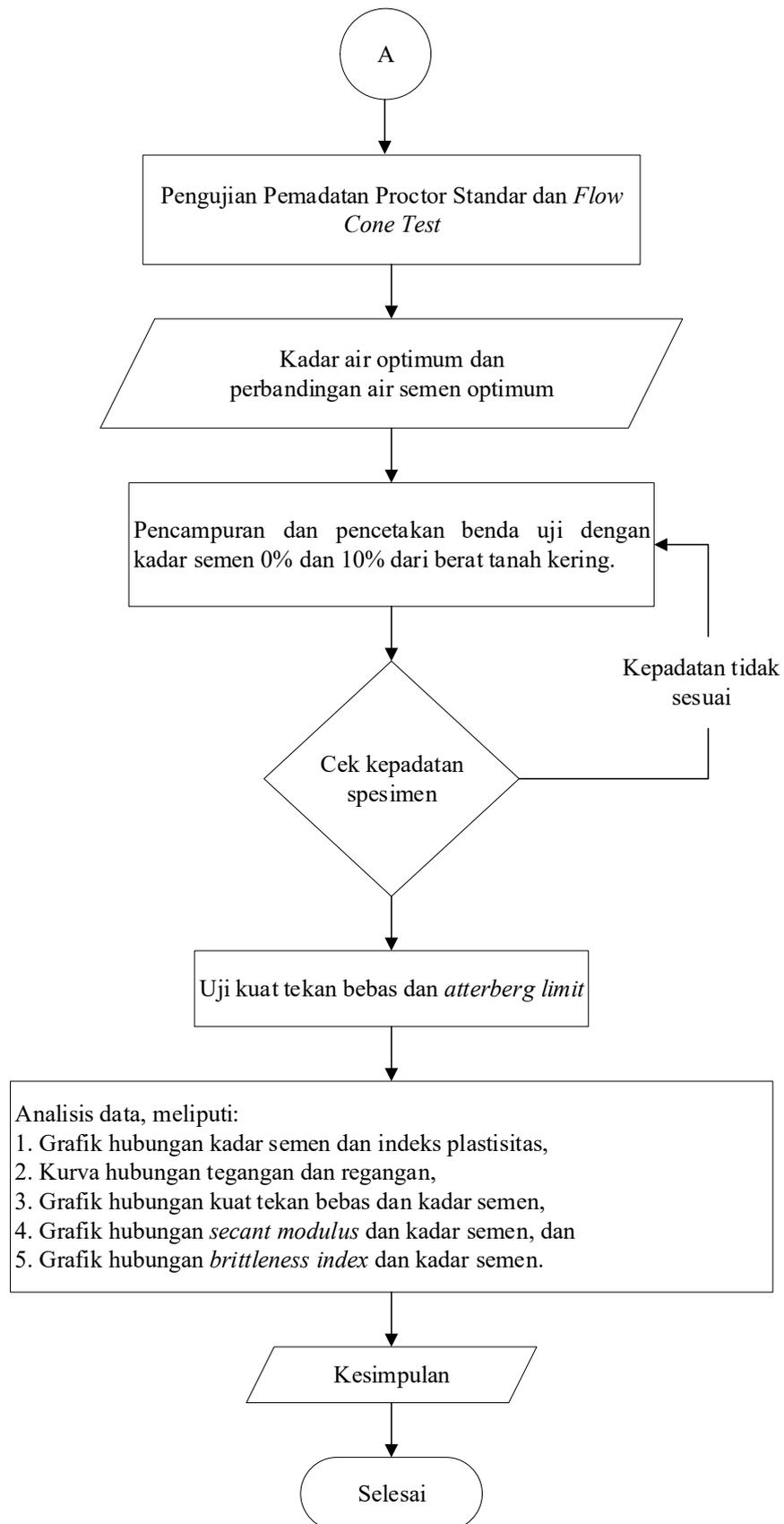
Perbedaan metode pencampuran diharapkan akan menghasilkan nilai kuat tekan bebas dan hubungan tegangan dan regangan yang berbeda. Penggunaan metode pencampuran basah dan kering perlu dikaji efektifitas penggunaannya pada stabilisasi *mudrock*. *Mudrock* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *clayshale* dan *siltstone*. Pengujian dilakukan untuk melihat jenis *mudrock* mana yang dapat bereaksi lebih baik apabila direaksikan dengan semen.

Spesimen tanpa campuran semen sebagai tolak ukur dan spesimen dengan campuran semen sebanyak 10% dari berat kering tanah asli digunakan dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh stabilisasi. Spesimen dipadatkan dengan kadar air pada kondisi OMC. Kadar air tanah mula-mula dikondisikan hingga 0% dengan cara dipanaskan selama 24 jam pada suhu 105°C. Hal ini dimaksudkan agar penambahan air pada spesimen menjadi lebih mudah dan sesuai dengan jumlah yang telah diperhitungkan dalam *mix design*.

Jumlah air yang digunakan pada metode *dry mixing* dan *spray mixing* harus sama. Air yang digunakan untuk membuat pasta semen adalah hasil pengurangan dari jumlah air tanah pada kondisi OMC. Pencetakan spesimen sesegera mungkin dilakukan setelah air dan semen ditambahkan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kehilangan kadar air pada saat pemadatan. Setelah pemadatan dilakukan, spesimen diperam selama tujuh hari sebelum diuji kuat tekan bebasnya. Skema pengujian secara umum dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alur Penelitian (Lanjutan)

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

a. Cetakan Benda Uji

Cetakan benda uji yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 3.3. Cetakan berdiameter bagian dalam 3,5 cm dan tinggi 7 cm. Ukuran ini telah memenuhi persyaratan ukuran benda uji. Berdasarkan ASTM (2013b) dalam standar D2166/D2166M-13, benda uji harus berdiameter minimal 3 mm dan memiliki tinggi dua kali dari diameternya. Alat pencetak ini terdiri dari cetakan dan ekstruder.



Gambar 3.3 Cetakan Benda Uji

b. *Sprayer*

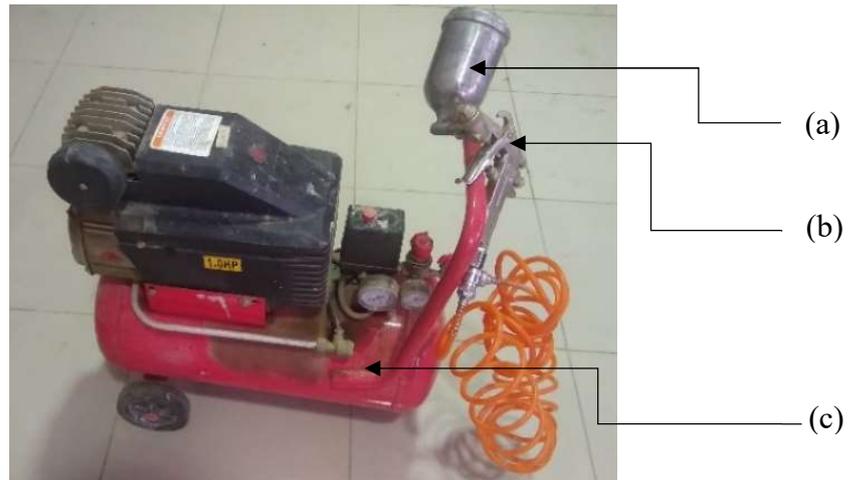
Sprayer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 digunakan untuk menyemprotkan pasta semen ke dalam adukan tanah. *Sprayer* dihubungkan pada kompresor untuk memberikan tekanan udara. Diameter lubang *sprayer* tidak terlalu besar sehingga pasta semen harus tercampur secara merata dan tidak menggumpal. Selama penyemprotan pasta semen diaduk agar tidak ada bagian yang tersisa di dalam tabung penampung pasta semen.

c. *Mixer*

Mixer pada Gambar 3.5 adalah alat untuk mengaduk campuran tanah, air, dan pasta semen. *Mixer* yang digunakan memiliki tiga variasi kecepatan agar pengadukan dapat dilakukan dengan merata.

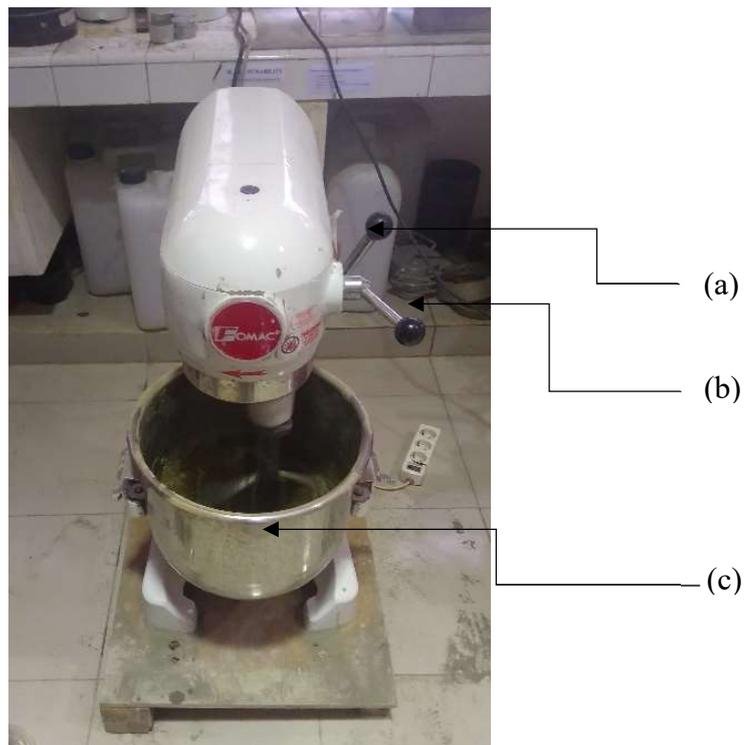
d. *Digital Unconfined Compression Test Machine*

Alat uji tekan bebas ini memiliki kapasitas pembebanan hingga 1 Ton. Bagian-bagian alat uji kuat tekan bebas dijelaskan pada Gambar 3.6. Alat ini menerima dan menyimpan data berupa regangan aksial dan beban setiap 1 detik. Data tersebut kemudian diolah menjadi grafik hubungan tegangan-regangan.



- (a) tabung pasta semen,
- (b) *sprayer*,
- (c) kompresor.

Gambar 3.4 *Sprayer*



- (a) pengatur kecepatan,
- (b) pengatur ketinggian,
- (c) wadah campuran material.

Gambar 3.5 *Mixer*



- (a) Piston penggerak,
- (b) plat perata beban,
- (c) *load cell*,
- (d) pengukur deformasi digital berketelitian 0,01 mm,
- (e) panel kontrol, dan
- (f) komputer.

Gambar 3.6 *Digital Unconfined Compression Test Machine*

3.2.2. Bahan

a. Tanah

Tanah yang digunakan berasal dari Tol Semarang-Bawen Km. 441+800. Diambil dua jenis tanah pada titik ini yaitu *clayshale* dan *siltstone*. Pengujian awal yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisis tanah. Data-data hasil pengujian berat jenis, gradasi butiran tanah, *Atterberg limit*, dan pemadatan tanah disajikan pada Lampiran 1 sampai dengan 4. Hasil singkat dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.1. Menurut USCS tanah jenis *clayshale* termasuk pada jenis tanah CH atau lempung inorganik berplastisitas tinggi. Sedangkan *siltstone* termasuk pada jenis tanah ML-OL atau lanau berlempung dengan plastisitas rendah. *Clayshale* memiliki indeks plastisitas yang lebih besar dibandingkan dengan *siltstone*. Indeks plastisitas tanah dipengaruhi oleh mineral lempung yang terkandung di dalamnya. Tanah lempung memiliki indeks plastisitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan lanau (Hardiyatmo, 2012).

Berat volume tanah kering dan kadar air ditentukan pada kondisi OMC berdasar kurva pemadatan pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8. Kondisi OMC pada

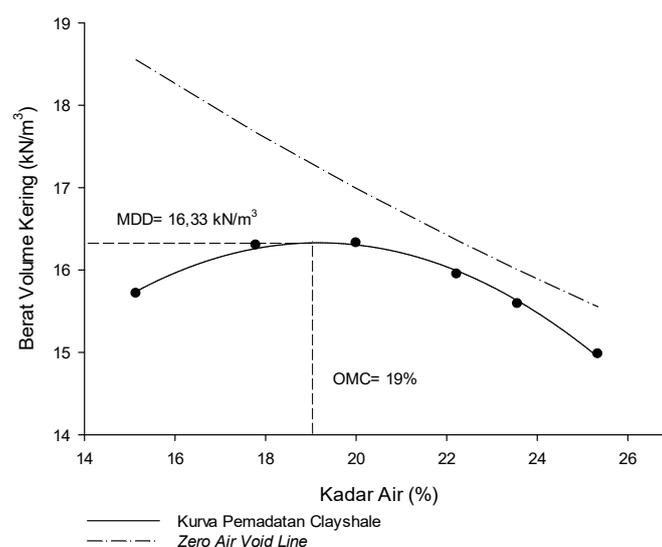
clayshale membutuhkan kadar air sebesar 19% yang akan menghasilkan kepadatan sebesar 16,33 kN/m³. Sedangkan pada *siltstone* kadar air yang digunakan sebesar 25%. Nilai kepadatan yang akan dihasilkan dengan kadar air tersebut adalah sebesar 14,8 kN/m³.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisis Tanah *Clayshale*

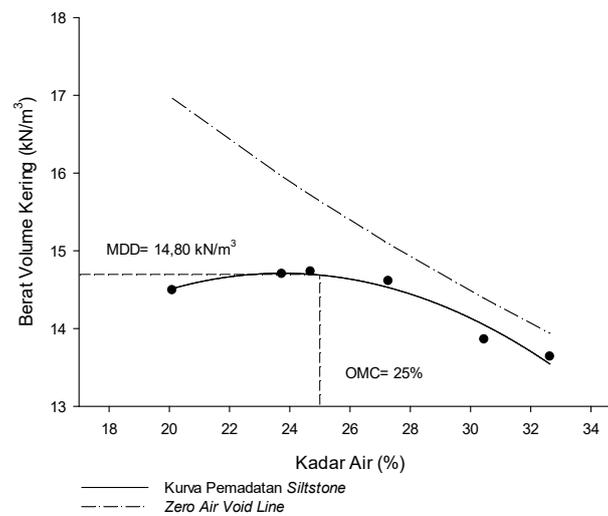
Variabel	Hasil
Berat jenis, Gs	2,65
Pasir (%)	6,7
Lanau-lempung (%)	93,3
Batas cair, LL (%)	57,9
Batas plastis, PL (%)	28,4
Batas susut, SL (%)	10,6
Indeks plastisitas, PI (%)	29,5
Kadar air optimum, OMC (%)	19
Berat volume kering maksimum, MDD (kN/m ³)	16,33

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisis Tanah *Siltstone*

Variabel	Hasil
Berat jenis, Gs	2,58
Pasir (%)	50,9
Lanau-lempung (%)	49,1
Batas cair, LL (%)	37,5
Batas plastis, PL (%)	22,0
Batas susut, SL (%)	17,1
Indeks plastisitas, PI (%)	15,51
Kadar air optimum, OMC (%)	25
Berat volume kering maksimum, MDD (kN/m ³)	14,8



Gambar 3.7 Kurva Pemadatan *Clayshale*



Gambar 3.8 Kurva Pematatan *Siltstone*

b. Semen

Semen yang digunakan adalah *Ordinary Portland Cement (OPM)* yang telah memenuhi persyaratan sesuai dengan ASTM C150-15. Penggunaan semen cocok sebagai bahan stabilisasi untuk tanah yang mengandung kaolin dan *illite* (Bell, 1976). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Alatas dkk. (2015) *clayshale* memiliki kandungan kaolin dan *illite* sebanyak 2% dan 3%. Semen harus dalam keadaan baik seperti pada Gambar 3.9 dan tidak menggumpal ataupun lembab.



Gambar 3.9 Semen *Portland*

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Pencampuran Benda Uji

Penelitian ini mengkaji pengaruh stabilisasi tanah dengan semen menggunakan metode pencampuran basah (*spray mixing*) dan kering (*dry mixing*). Pencampuran kering dilakukan dengan menambahkan air hingga kadar air optimum

tanah terpenuhi, setelah sebelumnya tanah dan semen diaduk rata dalam keadaan kering. Metode *spray mixing* dilakukan dengan cara mencampurkan semen dalam bentuk pasta pada tanah yang telah berada pada kondisi kadar air optimum. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan *sprayer*. Pasta semen yang digunakan juga harus diuji terlebih dahulu. Kekentalan dari pasta semen dikondisikan sedemikian rupa agar dapat disemprotkan dengan menggunakan *sprayer*. Pasta semen yang digunakan dalam penelitian ini memiliki perbandingan air semen sebesar 0,7.

Untuk membuat spesimen pengujian kuat tekan bebas, bongkahan sedimen yang telah dihancurkan hingga lolos saringan No. 4 seperti pada Gambar 3.10 dan 3.11 dikeringkan pada suhu 105°C selama kurang lebih 24 jam agar kandungan air di dalamnya mendekati 0%. Hal ini bertujuan untuk memudahkan penambahan jumlah air pada saat pencampuran. Tanah kemudian dimasukkan ke dalam *mixer* dan diberikan air dengan menggunakan *sprayer* sesuai dengan kebutuhan yang telah dihitung pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.



Gambar 3.10 Bongkahan Sedimen a) *Clayshale* b) *Siltstone*



Gambar 3.11 Benda Uji Lolos Saringan No.4 a) *Clayshale* b) *Siltstone*

Selanjutnya dibuat pasta semen dengan menggunakan perbandingan air semen 0,7. Penggunaan perbandingan air semen ditentukan berdasarkan hasil *flow cone test*. Pengujian dilakukan pada pasta semen dengan berbagai variasi perbandingan air semen. Hasil pengujian pada Tabel 3.3 menunjukkan bahwa pasta semen dengan perbandingan air semen sebesar 0,7 memberikan nilai *efflux* yang mendekati air. Menurut ASTM (1997) dalam standar C939-97, *efflux* adalah waktu yang dibutuhkan material *grouting* bervolume 1725 ml untuk mengalir habis melalui celah berdiameter 1,27 mm. Perbandingan air semen ditentukan berdasarkan kemampuan *sprayer* untuk menyembrotkan pasta yang cukup cair sehingga penyebaran semprotannya menjadi efektif. Pasta semen disemprotkan ke dalam campuran dan selama pencampuran tanah tetap diaduk agar semen dapat melekat secara merata pada seluruh bagian tanah. Komposisi jumlah bahan yang digunakan dihitung berdasarkan berat volume tanah pada kondisi OMC yang dikalikan dengan volume cetakan spesimen. Perhitungan secara matematis untuk menentukan *mix design* spesimen disajikan pada Lampiran 5. Hasil perhitungan untuk komposisi bahan dapat dilihat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian *Flow Cone Test*

Perbandingan air semen	<i>Efflux</i> rata-rata (detik)	<i>Efflux</i> air rata-rata (detik)
0,5	17,49	8,54
0,6	9,24	7,16
0,7	8,05	7,12
0,8	8,05	6,91
0,9	7,36	6,91
1	7,24	6,91

Tabel 3.4 Desain Campuran Untuk *Clayshale* dan *Siltstone*

Jenis Tanah	Kadar Semen (%)	Jumlah Spesimen	Berat Tanah (g)	Berat Semen (g)	Air Tanah (ml)	Air Semen (ml)	Berat Air Total (ml)
<i>Clayshale</i>	0	2	224.221	0	42.602	0	42.602
	10	2	201.799	22.422	26.907	15.695	42.602
<i>Siltstone</i>	0	2	203.211	0	50.803	0	50.803
	10	2	182.890	20.321	36.578	14.225	50.803

3.3.2. Pencetakan Benda Uji

Campuran antara tanah, semen, dan air sesegera mungkin dicetak dan dipadatkan sebelum mengalami kehilangan kadar air. Pemadatan dilakukan tiap tiga lapisan dengan cara ditekan. Kontrol kepadatan tanah berdasarkan berat volume tanah yang seharusnya memenuhi volume untuk cetakan berdiameter 35 mm dan tinggi 70 mm seperti pada Gambar 3.12. Setelah spesimen dipadatkan, spesimen dikeluarkan dengan menggunakan *exstruder* dan disimpan dengan menggunakan plastik agar kadar air tidak banyak berkurang selama proses pemeraman. Pemeraman dilakukan di dalam ruangan tanpa paparan sinar matahari langsung. Pemeraman berlangsung selama 7 hari.



Gambar 3.12 Spesimen (a) *Clayshale* dan (b) *Siltstone* Sebelum Diuji

3.3.3. Pengujian Kuat Tekan Bebas

Spesimen yang telah berumur 7 hari kemudian diuji dengan alat pengujian kuat tekan bebas. Berat dan ukuran spesimen kembali diperiksa sebelum dilakukan pembebanan. Spesimen diletakkan di atas piston penggerak tepat di bagian tengahnya. Kemudian piston dinaikkan hingga benda uji menyentuh pelat perata beban. Pengukur deformasi vertikal dan pembacaan *load cell* pada alat diatur agar berada pada posisi nol. Masukkan data-data benda uji pada perangkat lunak di komputer dan atur kecepatan alat yang digunakan. Kecepatan alat yang digunakan adalah 0,72 mm/menit. Setelah spesimen mengalami keruntuhan, pengujian dihentikan. Spesimen sisa pengujian kemudian diuji kadar airnya.

Data yang didapatkan dari pengujian adalah beban dan deformasi aksial. Dengan bantuan perangkat lunak, data beban diolah menjadi data tegangan berdasarkan Persamaan 2.7 dan 2.8 sehingga dapat dibuat kurva hubungan tegangan dan regangan. Kemudian tegangan maksimum dicari untuk mendapatkan nilai q_u . Nilai modulus elastisitas didapatkan menggunakan persamaan 2.10 dengan menggunakan setengah dari nilai tegangan maksimum dan regangannya. Tegangan residu ditentukan berdasarkan bagian kurva yang mulai konstan tegangannya, kemudian nilai tegangan tersebut dan nilai q_u dianalisis dengan Persamaan 2.11 untuk mendapatkan *brittleness index*.