

BAB III

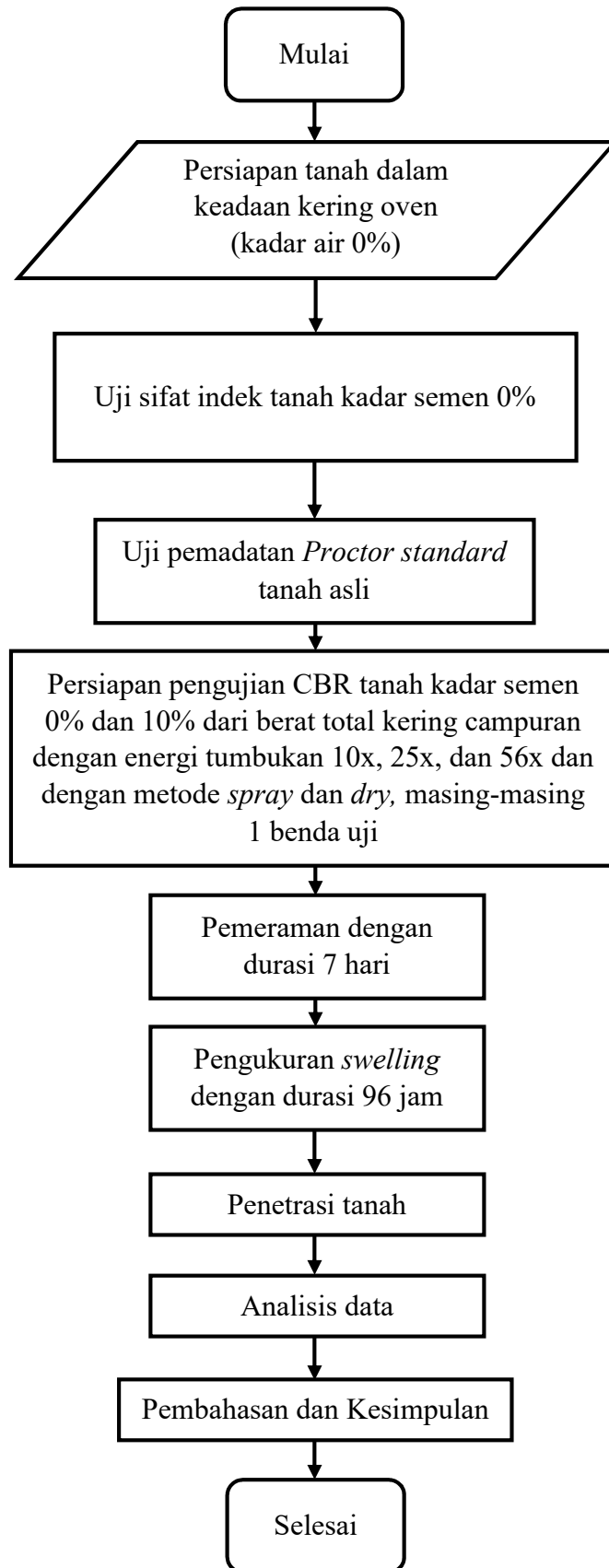
METODE PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Geoteknik Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini diawali dengan tanah yang lolos saringan no 40 dalam keadaan kering oven untuk mengetahui sifat indek tanah. Penelitian ini menggunakan 2 metode campuran yaitu campuran kering (*dry*) dan campuran basah (*spray*) dengan penambahan semen 10% dan tanpa semen (kadar semen 0%) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai CBR rendaman dengan waktu peram selama 7 hari dan waktu rendam selama 4 hari. Penelitian ini menggunakan 3 variasi usaha pemadatan CBR yaitu 10, 25, dan 56 kali tumbukan setiap lapisannya. Berat semen yang digunakan sebesar 10% dari total berat campuran, jumlah air diambil berdasarkan nilai OMC (*optimum moisture content*) yang didapatkan dari pengujian pemadatan *Proctor Standard*. Hasil mendetail tentang pengujian pemadatan dijelaskan pada Lampiran 4. Bagan alir penelitian dijelaskan pada Gambar 3.1. Hasil dari penelitian ini adalah membandingkan nilai pengujian nilai CBR pada penetrasi 0,1” dan CBR pada penetrasi 0,2” tanpa dan dengan penambahan semen. Penelitian ini juga membandingkan hasil CBR dengan menggunakan metode campuran kering (*dry*) dan hasil CBR dengan menggunakan campuran basah (*spray*). Kadar semen dan jumlah sampel pada penelitian ini dijelaskan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Konfigurasi Kadar Semen dan Jumlah Sampel

No	Keterangan	Kadar semen	Variasi usaha tumbukan	Metode pencampuran	Jumlah sampel
1	Tanpa semen	0%	10, 25, 56	<i>Dry mix</i>	@ 1
2	Dengan semen	10%	10, 25, 56	<i>Dry dan Spray mix</i>	@ 1



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian sesuai dengan ASTM D1883-99 (*standard test method for CBR (California Bearing Ratio) of laboratory-compacted soils*) dan ASTM D698-12 (*standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort*) dan bahan yang berasal dari tanah ruas jalan tol Ungaran – Bawen.

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

a. Alat Pengujian Pemadatan *Proctor Standard*

1) Silinder Pemadatan

Silinder pemadatan (Gambar 3.2) terdiri dari silinder utama dan silinder tambahan yang dipasang secara manual dan sebagai dasarnya digunakan pelat alas yang memiliki 2 tiang sebagai pengait antara silinder utama/tambahan dan pelat alas. ASTM (2012b) dalam standar D698 menyebutkan ada 2 ukuran mold pemadatan yaitu 4 in. atau $4 \pm 0,016$ in. ($101,6 \pm 0,4$ mm) dan 6 in. atau $6 \pm 0,026$ in. ($152,4 \pm 0,7$ mm). Penelitian ini menggunakan mold dengan ukuran 4 in. atau $4 \pm 0,016$ in. ($101,6 \pm 0,4$ mm).



Gambar 3.2. Silinder Pemadatan

2) Alat Penumbuk Pemadatan *Proctor Standard*

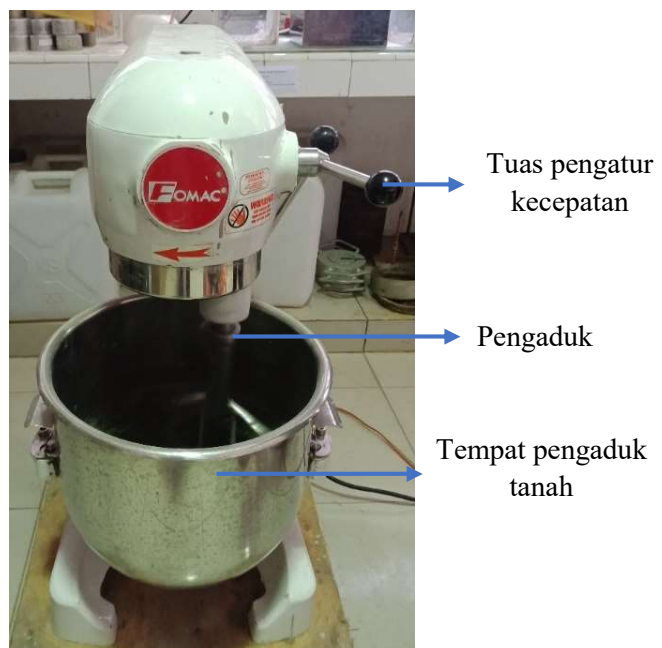
Alat penumbuk standar manual (Gambar 3.3) ASTM (2012b) dalam standar D698 menyebutkan berat dari penumbuk *proctor standard* adalah $5,50 \pm 0,02$ lbf ($24,47 \pm 0,09$ N atau $2,495 \pm 0,009$ kg) ; diameter bidang jatuh $2 \pm 0,005$ in. ($50,80 \pm 0,13$ mm) ; dan tinggi bidang jatuh $12,00 \pm 0,05$ in. ($304,8 \pm 1$ mm).



Gambar 3.3. Alat Penumbuk *Proctor Standard*

3) Alat Pencampur Otomatis

Alat pencampur otomatis (Gambar 3.4) terdapat 3 kecepatan.



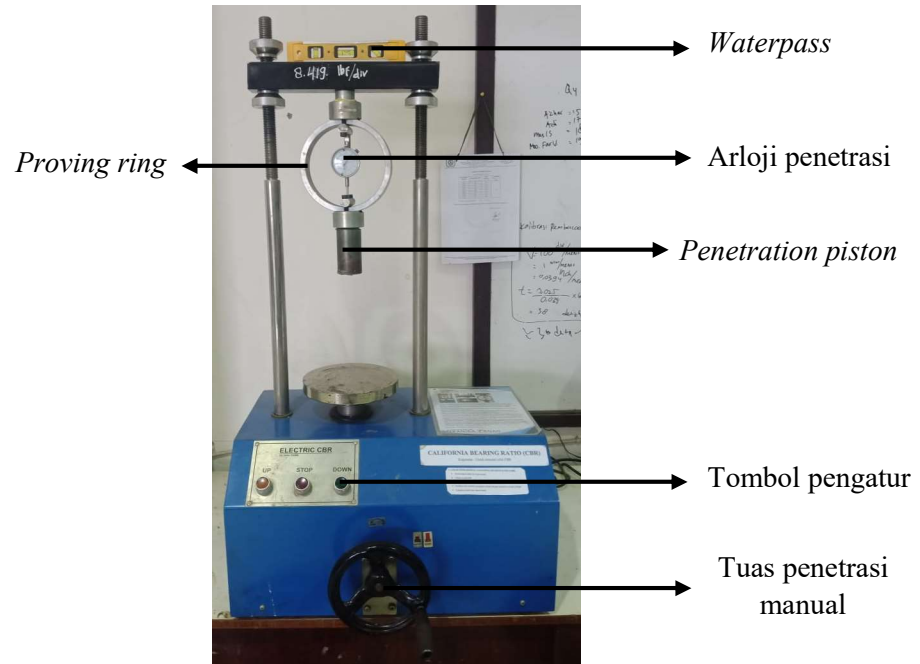
Gambar 3.4. Alat Pencampur Otomatis

b. Alat Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

1) Alat Penetrasi CBR

a) *Penetration piston*

ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan *penetration piston* berdiameter $1,954 \pm 0.005$ in. ($49,63 \pm 0.13$ mm). Alat penetrasi CBR (Gambar 3.4)



Gambar 3.5. Alat Penetrasi CBR (*California Bearing Ratio*)

2) Kompresor Angin dan *Sprayer*

Kompresor angin (Gambar 3.6) merupakan *sprayer* dengan tekanan angin yang digunakan untuk menyemprotkan pasta semen.



Gambar 3.6. Kompresor Angin dan *Sprayer*

3) Silinder Pemadatan CBR

Silinder pemadatan untuk pengujian CBR terdiri dari silinder utama (Gambar 3.7.a), silinder sambungan (Gambar 3.7.a), dan pelat dasar (Gambar 3.7.b). ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan diameter silinder utama $6 \pm 0,0026$ in. ($152,4 \pm 0,66$ mm), tinggi silinder utama $7 \pm 0,0018$ in. ($177,8 \pm 0,46$ mm), dan tinggi silinder sambungan 2 in. (50,8 mm).



(a)



(b)

Gambar 3.7. Cetakan CBR, (a). Silinder Pemadatan (b) Pelat Dasar

4) Pelat Ganjal (*Spacer Disk*)

Pelat ganjal (Gambar 3.8) terbuat dari logam padat. ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan tinggi pelat ganjal (*spacer disk*) $2.416 \pm 0,005$ in. ($61,37 \pm 0,127$ mm).



Gambar 3.8. Pelat Ganjal

5) Pelat Beban (*Surcharge Weight*)

Pelat beban (Gambar 3.9) terbuat dari logam berbentuk huruf U. ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan berat total 2 pelat beban adalah $4,54 \pm 0,02$ kg dengan berat per satu pelat beban adalah $2,27 \pm 0,02$ kg berdiameter $5^{7/8}$ to $5^{15/16}$ in. (149,23 to 150,81 mm).



Gambar 3.9. Pelat Beban Huruf U

6) Penumbuk CBR (*California Bearing Ratio*)

Penumbuk CBR (Gambar 3.10) dilengkapi dengan beban jatuh berdiameter 6 in. (152,4 mm) yang berfungsi memadatkan tanah dengan 10, 25, dan 56 kali tumbukan.



Gambar 3.10. Alat Penumbuk CBR

- c. Alat Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*)
1) Arloji Ukur *Swelling*



Gambar 3.11. Arloji Ukur *Swelling*

- 2) Pelat Berlubang (*Adjustable and Plate*)

Pelat berlubang (Gambar 3.12) ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan pelat berlubang memiliki kurang lebih 42 lubang dengan diameter masing-masing lubang 1/16 in. (1,59 mm).



Gambar 3.12. Pelat Berlubang dengan Tripod

3) Pelat Beban *Swelling* (*Swelling Surcharge Weight*)

Pelat beban (Gambar 3.9) terbuat dari logam berbentuk huruf O dan huruf U. ASTM (1999) dalam standar D1883 menyebutkan berat total 2 pelat beban adalah $4,54 \pm 0,02$ kg dengan berat per satu pelat beban adalah $2,27 \pm 0,02$ kg berdiameter $5^{7/8}$ to $5^{15/16}$ in. (149,23 to 150,81 mm) dan lebar diameter lubang tengah $2^{1/8}$ in. (53,98 mm).

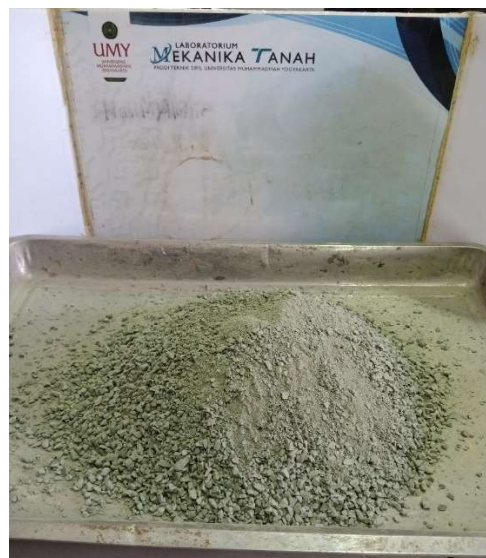


Gambar 3.13. Pelat Beban Huruf O

3.2.2. Bahan

a. Tanah *Clayshale*

Pada penelitian ini digunakan tanah berjenis *clayshale* yang berasal dari ruas jalan tol Ungaran – Bawen.

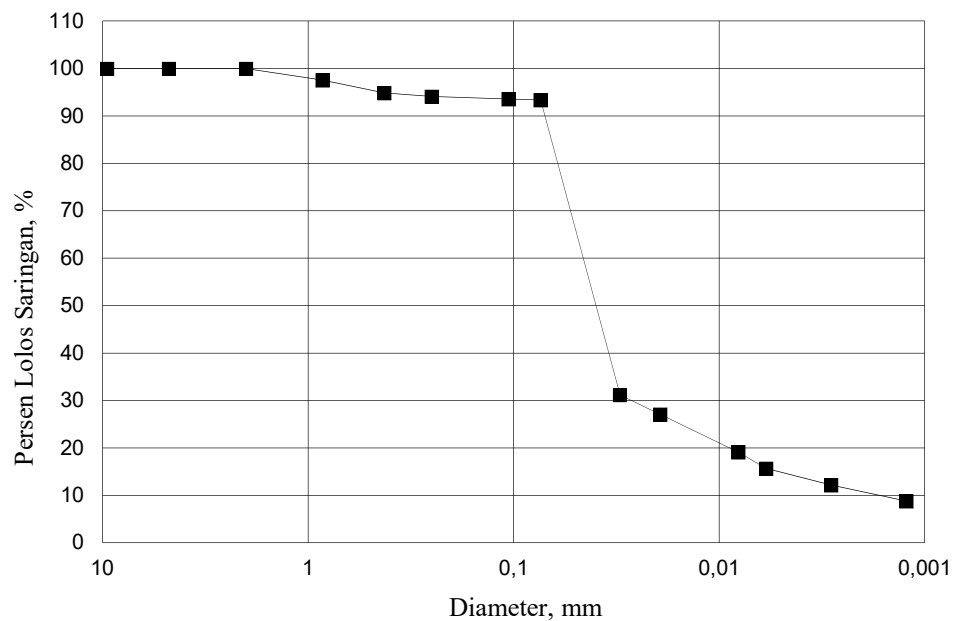


Gambar 3.14. Tanah *Clayshale* Lolos Saringan No. 4

Tanah *clayshale* memiliki hasil pengujian sifat indek tanah dijelaskan pada Tabel. 3.2 dan distribusi ukuran butiran tanah ditunjukkan pada Gambar 3.15. Hasil mendetail tentang pengujian berat jenis, pengujian sifat indek tanah dan pengujian distribusi ukuran butiran tanah dapat dilihat pada lampiran 1, 2 dan 3.

Tabel 3.2. Hasil Pengujian Sifat IndeK Tanah *Clay Shale*

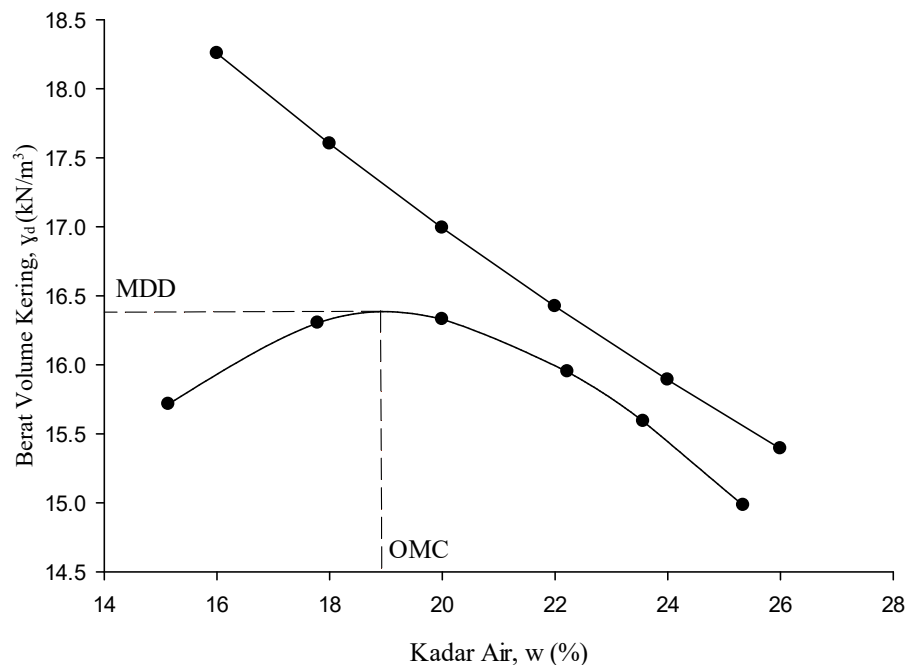
Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
Berat Jenis (Gs)	2,65
<i>Atterberg Limit</i>	
Batas Cair (LL)	57,87%
Batas Plastis (PL)	28,40%
Batas Susut (SL)	10,55%
Indeks Plastisitas (PI)	29,50%
<i>Pemadatan Proctor Standard</i>	
Berat Volume Kering Maksimum (MDD)	16,33 kN/m ³
Kadar Air Optimum (OMC)	19%



Gambar 3.15. Distribusi Ukuran Butir Tanah

Berdasarkan grafik distribusi ukuran butir tanah pada Gambar 3.15 tanah *clayshale* mengandung fraksi kasar (pasir) sebanyak 6,7% dan fraksi halus (lanau/lempung) sebanyak 93,3%. Dari hasil pengujian sifat indek tanah (Tabel 3.2) didapatkan batas cair (LL) sebesar

57,87% dan indeks plastisitas (PI) sebesar 29,50% menurut sistem USCS (*Unified Soil Classification System*) diklasifikasikan kedalam tanah CH (tanah lempung berplastisitas tinggi) sedangkan menurut AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*) diklasifikasikan kedalam tanah A-7-6 (*clayey soils*). Kurva pemadatan (Gambar 3.16) menunjukkan bahwa berat volume tanah kering (MDD) yang didapatkan sebesar 16,33 kN/m³ dan kadar air optimum (OMC) sebesar 19%.



Gambar 3.16. Kurva Pemadatan

b. Semen *Portland Type I*

Semen (Gambar 3.17) yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland type I* dengan merek Holcim. Menurut BSN (2004) dalam standar 15-2049 semen *Portland* adalah semen hidrolis yang didapatkan melalui proses menggiling terak semen *Portland* yang terdiri atas kalsium silikat digiling bersama bahan tambahan berupa satu atau lebih kalsium sulfat dan bisa ditambah bahan lain. ASTM (2011) C125 dalam Muntohar (2014b) menyebutkan semen *Portland*

adalah suatu semen hidraulik dengan bahan penyusun utamanya adalah kalsium silikat hidrat (*hydraulic calcium silicate*).



Gambar 3.17. Semen *Portland Type I*

3.3. Pembuatan Campuran Benda Uji

Pencampuran bahan (tanah *clayshale*) dilakukan dalam kondisi MDD (*Maximum Dry Density*) dan OMC (*Optimum Moisture Content*). Pencampuran dilakukan dengan metode *dry mix* dan *spray mix* untuk masing-masing kadar semen.

3.3.1. Campuran *Dry Mix*

Tahapan pencampuran tanah dan semen dilakukan pada kondisi kering sampai tanah dan semen tercampur secara merata (homogen) kemudian tambahan air. Air yang digunakan sesuai dengan OMC tanah pada pengujian pemadatan *Proctor standard* yaitu 19%.

3.3.2. Campuran *Spray Mix*

Benda uji pada penelitian ini dicetak dengan mencampurkan semen dan air dengan perbandingan FAS (faktor air semen) 0,7 kemudian disemprotkan pada tanah yang telah tercampur dengan air secara merata (homogen). Benda uji dicetak menggunakan OMC yang sama dengan metode *dry mix*.

3.3.3. Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji dari campuran tanah, semen dan air.

Tahapan - tahapan pembuatan benda uji dilakukan sebagai berikut :

- a) Persiapan tanah, pada penelitian ini digunakan tanah yang lolos sarigan No. 4 (4,740 mm) dalam kondisi kering oven. Campuran kadar semen 0% dibutuhkan tanah sebanyak 3530 g, untuk kadar semen 10% metode *dry mix* dan *spray mix* dibutuhkan tanah sebanyak 3177 g.

Perhitungan *mix design* nya sebagai berikut :

- 1) Metode *dry mix* dan *spray mix*

$$\text{Total berat tanah dan semen} = 3530 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat semen} &= 10\% \times 3530 \text{ g} \\ &= 353 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah} &= 3530 \text{ g} - 353 \text{ g} \\ &= 3177 \text{ g} \end{aligned}$$

- b) Penelitian ini menambahkan jumlah air yang sama pada metode *spray* dan *dry mix*, pada pembuatan benda uji kadar 0% ditambahkan air sebanyak 670,7 ml dan benda uji kadar semen 10% metode *dry mix* ditambahkan air sebanyak 670,7 ml, sedangkan benda uji kadar semen 10% metode *spray mix* dengan FAS 0,7 ditambahkan air tanah sebanyak 423,6 ml dan air semen sebanyak 247,1 ml. perhitungan *mix design* nya sebagai berikut :

- 1) Metode *dry mix*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air} &= 19\% \times 3530 \text{ g} \\ &= 670,7 \text{ ml} \end{aligned}$$

- 2) Metode *spray mix*

$$\text{Jumlah air total} = 670,7 \text{ ml}$$

$$\text{Berat semen} = 353 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air semen} &= 0,7 \times 353 \text{ g} \\ &= 247,1 \text{ ml} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah air tanah} &= 670,7 \text{ ml} - 247,1 \text{ ml} \\ &= 423,6 \text{ ml} \end{aligned}$$

- c) Setiap campuran tanah, semen, dan air yang telah merata kemudian dimasukkan kedalam silinder CBR lalu dipadatkan secara bertahap sebanyak 3 lapisan dengan 3 variasi tumbukan yaitu 10x, 25x, dan 56x tumbukan setiap lapisannya.
- d) Hasil pencetakan benda uji (Gambar 3.18 sampai Gambar 3.20) kemudian ditimbang sebelum dan sesudah diperam selama 7 hari. Pemeraman dilakukan dengan menutupi benda uji menggunakan plastik agar kondisi tanah campuran tetap terjaga.



(a)

(b)



(c)

Gambar 3.18. Benda Uji CBR dengan Kadar 0% (a) 0x Tumbukan, (b) 25x Tumbukan, (c) 56x Tumbukan



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.19. Benda Uji CBR dengan Kadar 10% *Dry Mix* (a) 10x Tumbukan, (b) 25x Tumbukan, (c) 56x Tumbukan

Gambar 3.19 menunjukkan benda uji CBR dengan penambahan kadar semen 10% menggunakan metode pencampuran kering (*dry mix*) dimana benda uji a dengan energi pemadatan 10 kali tumbukan, benda uji b dengan energi pemadatan 25 kali tumbukan, dan benda uji c dengan energi pemadatan 56 kali tumbukan. Gambar 3.20 menunjukkan benda uji CBR dengan penambahan kadar semen 10% menggunakan metode pencampuran basah (*spray mix*) dimana benda uji a dengan energi pemadatan 10 kali tumbukan, benda uji b dengan energi pemadatan 25 kali tumbukan, dan benda uji c dengan energi pemadatan 56 kali tumbukan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.20. Benda Uji CBR dengan Kadar 10% *Spray Mix* (a) 10x Tumbuka, (b) 25x Tumbukan, (c) 56x Tumbukan

- e) Setelah proses pemeraman selama 7 hari benda uji kemudian direndam (Gambar 3.21) selama 96 jam (4 hari) guna mengukur *swelling* tanah (pengembangan) dengan diberi pelat berlubang dan pelat beban berbentuk huruf O. Nilai pengembangan setiap interval waktu yang terdapat diarloji ukur kemudian dicatat guna mendapatkan hasil nilai pengembangan tanah secara keseluruhan. Nilai pengembangan

kemudian diplotkan dengan interval waktu untuk mendapatkan kuva pengembangan tanah.



Gambar 3.21. Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

3.4. Langkah-langkah Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) laboratorium pada penelitian ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Setelah proses pemeraman selama 7 hari dan perendaman selama 4 hari kemudian ditimbang beratnya.
- b. Sebelum penetrasi, benda uji ditambahkan beban diatas tanah dengan pelat beban berjumlah 2 buah dengan berat 1 buah pelat beban adalah $2,27 \pm 0,02$ kg.
- c. Benda uji diletakkan diatas pelat alat CBR dengan *penetration piston* berada ditengah benda uji, dipastikan agar piston sudah menyentuh tanah dan kunci *penetration piston*. Kecepatan CBR sesuai ASTM D1883-99 yaitu 1,27 mm/menit (0,05 in./menit).
- d. Jarum arloji penetrasi diatur pada angka nol dan *stopwatch* pembacaan.
- e. Kemudian setelah semua persiapan selesai kemudian lakukan penetrasi. Beban penetrasi diatur setiap 38 detik sampai dengan 12 menit 40 detik atau setiap penurunan 0,025”sampai dengan 0,5” (1,27 mm sampai 12,70 mm).

- f. Setelah penetrasi selesai, tanah dikeluarkan dari silinder untuk pengujian kadar air.



Gambar 3.22. Pengujian Penetrasi CBR (*California Bearing Ratio*)
Laboratorium