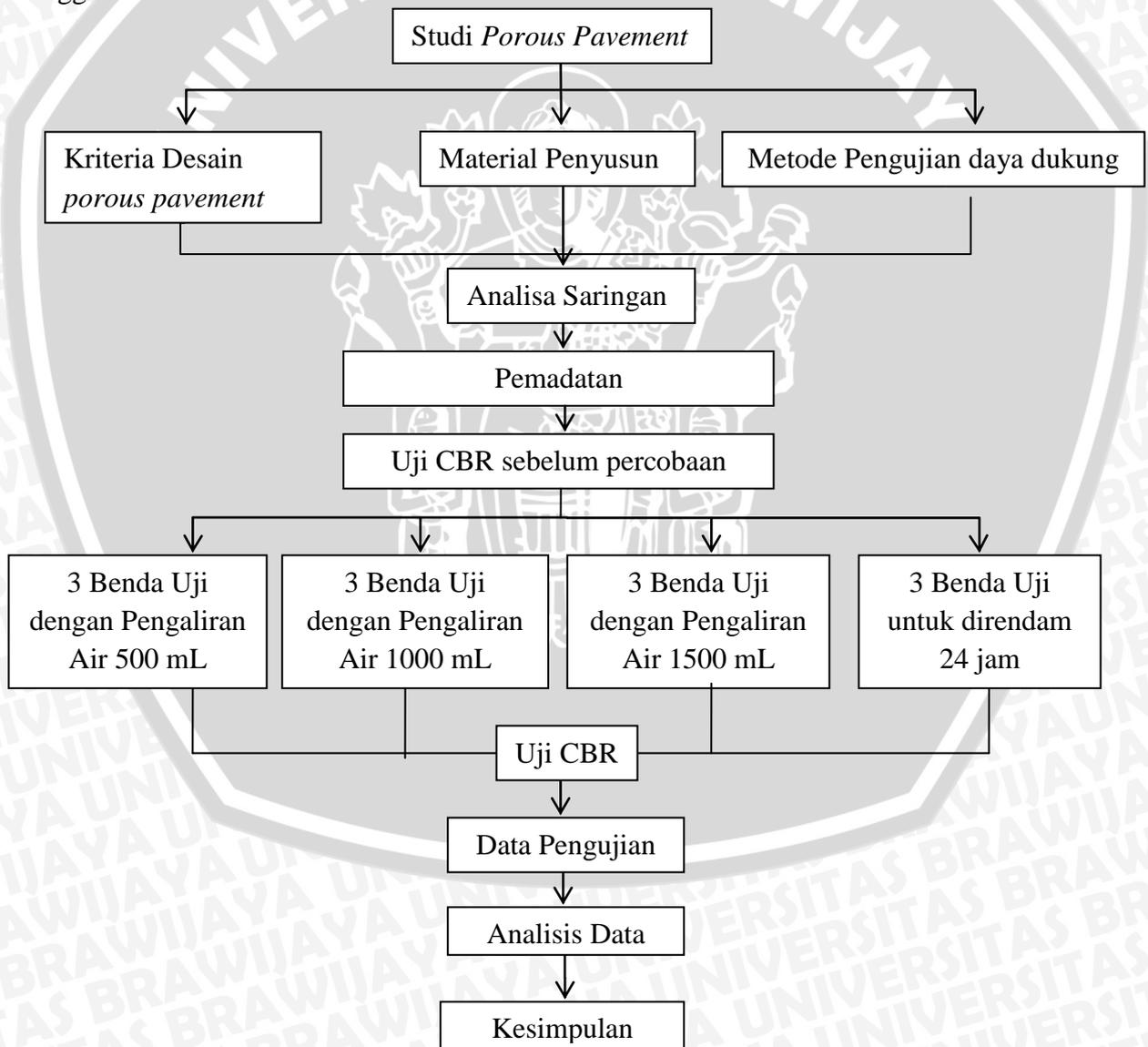


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian sangat diperlukan tahapan penelitian. Tahapan penelitian merupakan tahapan yang dipakai sebagai landasan pemikiran dalam mempermudah proses penelitian hingga analisa data. Tahapan penelitian memberikan gambaran tentang urutan langkah studi secara sistematis supaya proses penelitian lebih teratur. Untuk lebih jelasnya, Gambar 3.1 menjelaskan proses penelitian dari awal hingga akhir.



**Gambar 3.1** Diagram alir penelitian *porous pavement*

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian benda uji akan dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Brawijaya. Sedangkan material yang digunakan merupakan material batu pecah yang didatangkan dari Ngoro, Mojokerto, Jawa Timur.

### 3.3 Persiapan Penelitian

Pada bab pendahuluan telah dijelaskan tentang tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh penambahan volume air pada lapisan *subbase porous pavement* serta gradasi yang paling sesuai untuk pondasi *porous pavement*. Benda uji yang digunakan berupa agregat kasar atau batu pecah. Benda uji tersebut harus dilakukan pengujian penambahan volume, dan CBR.

#### 3.3.1 Material Benda Uji

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai infiltrasi yang sesuai dengan intensitas curah hujan daerah tertentu untuk lapisan *subbase porous pavement*. Oleh karena itu diperlukan beberapa benda uji dengan porositas yang berbeda beda. Berikut penjelasan masing masing benda uji:

a) Baseline 1

Baseline merupakan dasar dari penelitian ini. Gradasi yang digunakan pada baseline ini berpedoman pada spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas A batas atas. Gradasi pada benda uji ini umum digunakan pada perkerasan lentur untuk kelas jalan lingkungan.

b) Baseline 2

Gradasi ini berpedoman pada spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas A batas bawah.

c) X1

Benda uji X1 merupakan hasil modifikasi ASTM No. 57. Modifikasi ini bertujuan untuk menyesuaikan gradasi ASTM No. 57 dengan gradasi pada div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas A.

d) X2

Benda uji X2 adalah hasil modifikasi dari X1 dengan memperbanyak gradasi 1½' dan mengurangi gradasi 1', 3/8', no. 4, dan no. 10. Tujuan dilakukan modifikasi ini adalah untuk memperbesar porositas.

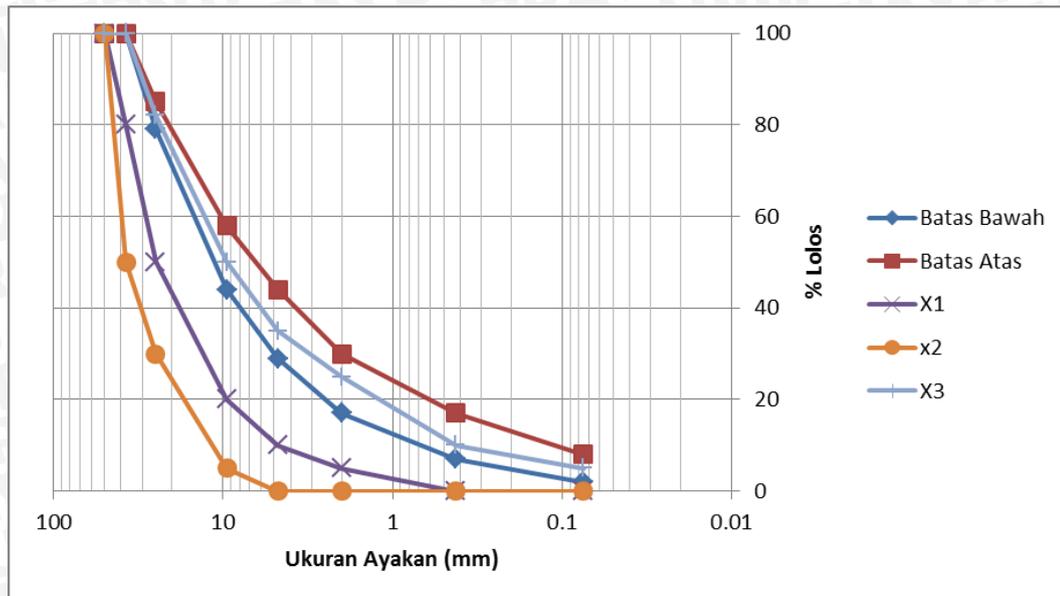
e) X3

Benda uji X3 berada di antara *range* batas atas dan batas bawah pada baseline.

Dari penjelasan di atas maka variasi gradasi dapat disajikan dalam Tabel 3.1 dan Gambar 3.2. Dalam tabel dan grafik tersebut ditampilkan prosentase lolos saringan pada masing-masing ukuran ayakan. Tujuan modifikasi gradasi adalah untuk mendapatkan nilai porositas dan permeabilitas yang beragam sehingga didapatkan hasil gradasi yang paling optimal digunakan pada lapisan sub base *porous pavement*.

**Tabel 3.1** Variasi gradasi dalam penelitian *porous pavement*

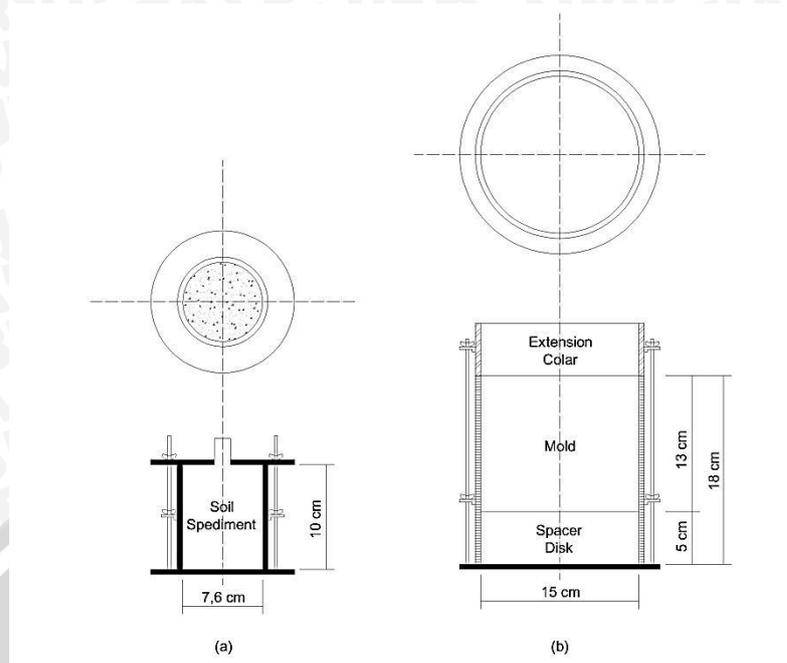
Ukuran Ayakan	Diameter	Kelas A		Variasi Gradasi		
		Batas Bawah	Batas Atas	X1	X2	X3
2"	50	100	100	100	100	100
1.5"	37.5	100	100	80	50	100
1"	25	79	85	50	30	82
3/8"	9.5	44	58	20	5	50
no. 4	4.75	29	44	10	0	35
no. 10	2	17	30	5	0	25
no. 40	0.425	7	17	0	0	10
no. 200	0.075	2	8	0	0	5



**Gambar 3.2** Variasi gradasi dalam penelitian *porous pavement*

### 3.3.2 Mold Modifikasi

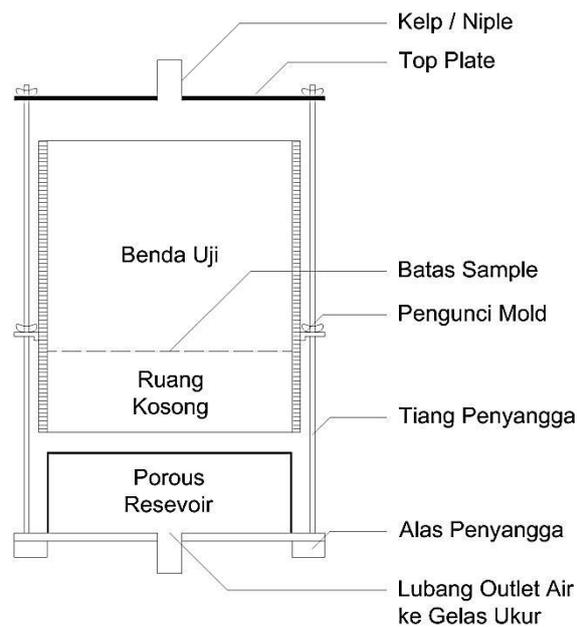
Pada penelitian ini satu benda uji akan dilakukan pengujian *Constant head* dan CBR sekaligus karena saat pengujian *constant head*, sampel harus berada pada kondisi terpadatkan. Sedangkan saat pengujian CBR, sampel juga harus dalam kondisi jenuh dengan air. Permasalahannya yang terjadi, dimensi dan material *mold* atau tempat pengujian *constant head* dan CBR berbeda. *Mold constant head* tidak dapat digunakan untuk pemadatan, karena dimensinya tidak sesuai dengan standar CBR. Ukuran *mold* CBR dan *constant head* ditunjukkan pada Gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Mold Uji *Constant Head* ASTM D2434 (a) dan Mold Uji CBR (b) ASTM D1883-10

Dari permasalahan diatas, muncul ide baru untuk memodifikasi mold supaya sampel dapat dipadatkan, kemudian diuji constant head, lalu diuji CBR. Karena rumus *constant head* merupakan variable bebas, maka tinggi sampel dapat dirubah, oleh karena itu tinggi sampel akan disesuaikan dengan tinggi sampel pada mold pengujian CBR. Selain itu, pengujian CBR merupakan standar yang telah ditetapkan oleh ASTM dengan dimensi sampel dan jumlah energi tertentu yang tidak dapat dimodifikasi.

Pengujian constant head memerlukan *top plate* yang juga terdapat klep untuk masuknya air, dan mold pengujian CBR tidak memiliki *top plate* ini, maka perlu dibuatkan *top plate* yang sesuai dengan diameter mold CBR. Pengujian constant head juga memerlukan *porous disk* pada bagian bawah sample yang berfungsi untuk meloloskan air dari atas sampel kebawah. Mold CBR tidak memiliki *porous disk* seperti ini, namun pada mold CBR terdapat ruang kosong yang nantinya akan diisi oleh *spacer disk*, ruang kosong ini yang dapat dimanfaatkan untuk memberi porous disk pada mold CBR. Bagian bawah *porous disk* juga perlu diberi suatu tempat tampungan yang juga terdapat lubang outlet air yang mengalir sampel. Untuk lebih jelas, gambar 3.3 menunjukkan detail dan keterangan mold modifikasi.



**Gambar 3.4** Potongan melintang mold modifikasi *constant head* sekaligus CBR

1. Mold – Mold terbuat dari logam besi dengan bentuk silinder dengan diameter dalam 15,2 cm, ketebalan mold 6 mm, dan ketinggian 17,5 cm. Juga terdapat *extension collar* dengan diameter dalam 15,2 cm, ketebalan 6 mm dan ketinggian 5 cm.
2. *Top Plate* – berbentuk lingkaran dengan diameter luar 22,5 cm dan ketebalan 3mm. Ditengah tengahnya terdapat lubang diameter 1,5 cm untuk tempat *inlet* air yang nantinya dapat diletakan klep atau *niple*. Dipinggir pelat terdapat lubang dengan diameter 1 cm sebagai lubang tiang penyangga.
3. *Spacer Disk* – terbuat dari logam besi dengan bentuk silinder pejal dengan diameter luar 15,2 cm dan ketinggian 5 cm. Saat dirakit dengan mold, *spacer disk* harus pas masuk dengan diameter *mold*.
4. *Porous Reservoir* – *Porous Reservoir* berbentuk silinder dengan plat berlubang pada bagian atasnya sebagai tempat mengalirnya air dari benda uji dan 1 lubang outlet pada pelat bawahnya sebagai tempat keluarnya air menuju gelas ukur. Diameter luarnya 15,2 cm, sama dengan *spacer disk*, saat dirakit dengan mold, *porous reservoir* harus pas masuk dengan diameter mold. Pada bagian bawahnya terdapat pipa *knee* supaya memudahkan pengukuran debit air yang keluar jika dilakukan diatas meja. Bagian bawah *porous reservoir* ini merupakan modifikasi dari cara *constant head* sebelumnya yang memerlukan cawan yang lebih besar

untuk penampungan air keluar. Silinder *porous reservoir* menyatu dengan pelat bawahnya dengan sambungan las.

5. Tiang penyangga – terbuat dari besi diameter 10 mm dengan tinggi 22 cm. Tiang penyangga ini menjadi satu dengan pelat bawah porous reservoir. Dibawah tiang penyangga dan pelat, terdapat alat penyangga yang terbuat dari karet untuk memberikan ketinggian mold supaya dapat dipasang pipa *knee*.

Selain mold yang telah dimodifikasi, berbagai peralatan yang harus dipersiapkan untuk mendukung berjalannya seluruh percobaan antara lain :

1. Meja kerja. Meja kerja berfungsi sebagai tempat untuk melakukan percobaan *constant head*. Pada tengah meja diberi lubang sebagai dudukan mold agar mudah dialiri air. Galon sebagai tandon digantung di atas mold. Di bawah meja disediakan labu ukur untuk menampung air yang keluar.
2. Penyangga tandon. Penyangga tandon berfungsi untuk menyangga tandon, sekaligus sebagai garis ukur *tinggi head* untuk memudahkan pengaturan tinggi air pada percobaan *constant head*.
3. Tandon, tandon berfungsi sebagai tempat penampungan air yang mengalir benda uji pada percobaan *constant head*. Tandon tersebut ditempatkan di ketinggian yang bervariasi, agar volume air yang keluar dari tandon sama dengan volume air yang keluar dari lubang outlet air. Pada penelitian ini tandon yang digunakan berupa galon dari air mineral 19 liter dengan diberi tanda pada setiap satu liter air.
4. Rak peralatan. Rak peralatan berfungsi sebagai tempat seluruh peralatan, baik benda uji, hingga tandon. Tandon diletakan bagian paling atas, benda uji diletakan dibagian tengah, sedangkan selang dan gelas ukur diletakan dibagian bawah.
5. Standar proctor, standar memiliki berat  $2,495 \pm 0,009$  kg ( $5,50 \pm 0,02$  lb) dan tinggi jatuh  $457,2 \pm 1,524$  mm ( $18,00'' \pm 0,06''$ ).
6. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 mL dua buah.
7. 1 set peralatan *plumbing* seperti baut niple, solasi pipa, keran dua arah, selang yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya air, baik air yang mengisi tandon, air luapan tandon, maupun air yang mengisi benda uji dan gelas ukur.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Analisa Saringan

Analisa Saringan merupakan metode penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butiran. Tahapan, peralatan, dan benda uji percobaan analisa saringan mengacu pada spesifikasi ASTM D 422 tentang *Test Method for particle-size Analysis of Soils*. Analisa saringan berguna untuk mendapatkan gradasi gradasi benda uji yang akan digunakan. Peralatan yang dibutuhkan antara lain :

1. Timbangan dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji
2. Satu set saringan; 50 mm (2"); 37,5 mm (1½"); 25 mm (1"); 9,5 mm (¾"); 4,75 mm (No.4); 2 mm (No.10); 0,425 mm (No.40); 0,075 mm (No.200)
3. Nampan sebagai tempat pemisah butiran
4. Kuas, sendok dan alat alat lainnya

Karena tujuan utama dari analisa saringan ini untuk memperoleh berbagai macam variasi gradasi agregat, maka perlu dibutuhkan agregat kasar 10 karung. Penelitian ini menggunakan batuan pecah dengan ukuran yang lolos ayakan 2" hingga no. 200. Langkah langkah pengujian analisa saringan sebagai berikut:

1. Siapkan presentase untuk masing masing ukuran ayakan pada satu variasi gradasi.
2. Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan alat selama 10 menit.
3. Masukkan agregat yang tertahan pada masing masing saringan kedalam wadah yang berbeda untuk setiap ukuran.
4. Lakukan kembali langkah pertama hingga semua agregat kasar selesai diayak.

#### 3.4.2 Proses Pemadatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan antara lain :

1. Mold dan standar proctor
2. Extension collar
3. Pisau, scoop, dan palu karet

Prosedur :

1. Siapkan benda uji berupa batuan pecah yang telah dilakukan uji saringan dan dicampur berdasarkan gradasi
2. Masukkan benda uji ke dalam mold secara berlapis

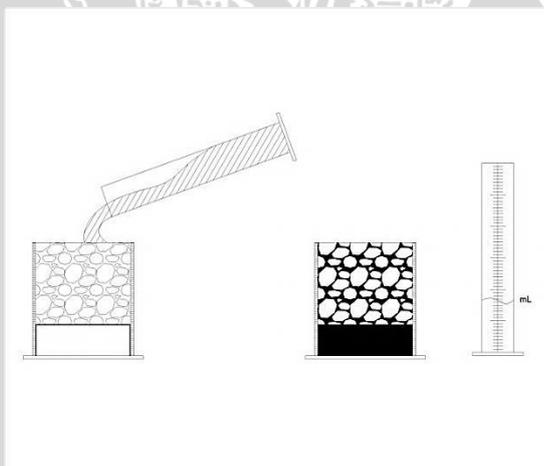
3. Setiap lapisan ditumbuk menggunakan *standar proctor* sebanyak 56 kali
4. Pengisian lapisan diteruskan sampai 3 lapisan
5. Buka *extension collar* dan ratakan permukaan benda uji
6. Ulangi percobaan untuk seluruh benda uji.

### 3.4.3 Pengujian Porositas

Pengujian porositas merupakan perbandingan volume rongga rongga pori terhadap volume seluruh batuan. Perbandingan ini dinyatakan dalam persen dan disebut porositas.

$$\text{porositas } \emptyset = \frac{\text{Volume pori}}{\text{Volume total mold}} \times 100\% \quad (3-1)$$

Langkah percobaan dan perhitungan porositas mengacu pada bab tinjauan pustaka tentang porositas. Untuk mengetahui nilai porositas, perlu dilakukan pengujian laboratorium. Namun saat pengujian porositas, sampel tanah harus dalam keadaan terpadatkan supaya ruang pori yang diukur benar benar akurat dengan keadaan sebenarnya. Skema percobaan porositas ditunjukkan pada gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Skema percobaan porositas menggunakan gelas ukur

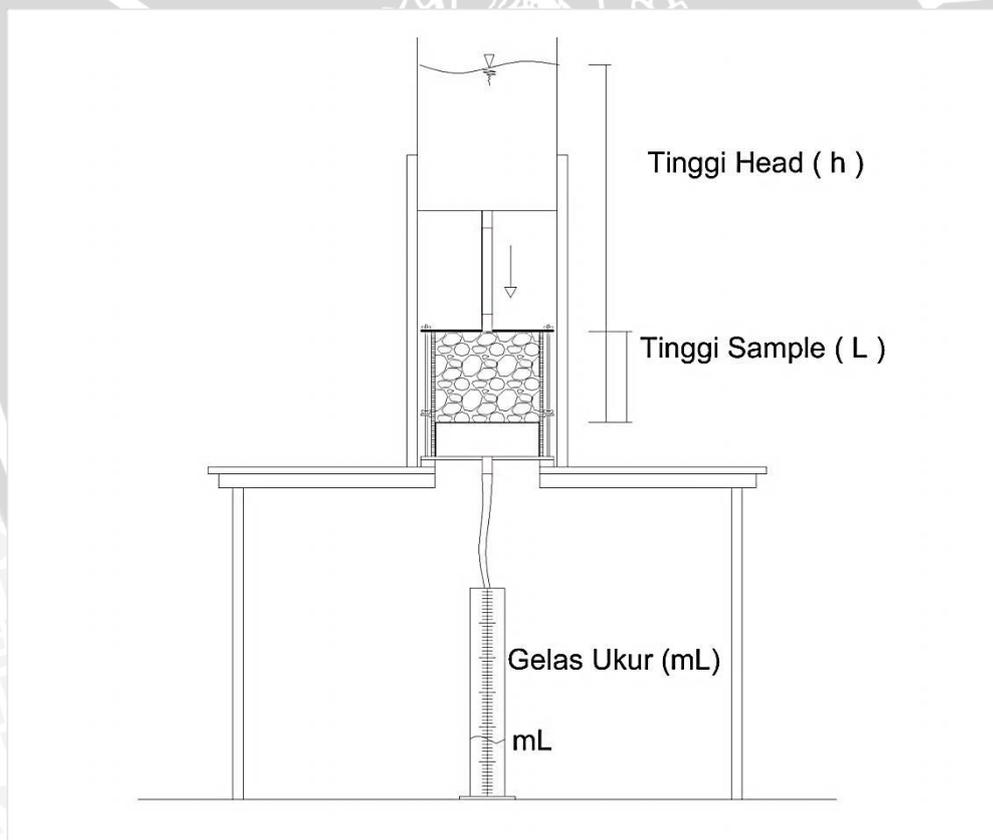
Tahapan percobaan porositas:

1. Siapkan benda uji yang telah dipadatkan pada tahapan uji pemadatan.
2. Lapsi sekeliling mold yang berpotensi sebagai tempat merembesnya air menggunakan plastisin tipis dan lem pipa.

3. Pasang baut nipple yang sudah disumbat menggunakan *glue gun* untuk menutup mold.
4. Masukkan air dalam dua gelas ukur 1000 mL kedalam benda uji hingga terisi penuh.
5. Catat air yang tersisa dalam gelas ukur.
6. Buka baut *niple* untuk mengeluarkan air dalam mold.
7. Hitung dengan persamaan 3 – 1 untung mendapatkan porositas.
8. Lakukan kembali langkah diatas untuk variasi benda uji yang lain.

#### 3.4.4 Pengujian Permeabilitas

Berbagai persiapan benda uji, peralatan dan langkah percobaan *constant head* mengacu pada bab tinjauan pustaka tentang pengujian permeabilitas. Skema percobaan *constant head* ditunjukkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Skema percobaan *constant head*

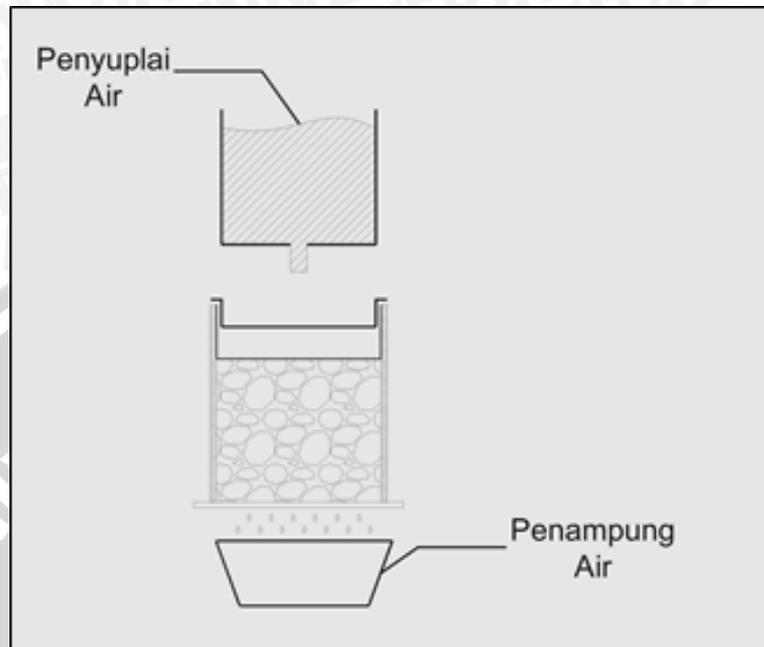
Langkah langkah percobaan *constant head* sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan pada uji porositas disiapkan di meja percobaan *constant head*
2. Siapkan pelat, tiang penyangga dan *porous reservoir*.
3. Letakan benda uji beserta mold diatas pelat sehingga *porous reservoir* bisa masuk kedalam mold. Kunci mold dengan erat
4. Letakan *top plate* dibagian atas mold sehingga tiang penyangga masuk kedalam lubang *top plate*. kunci dengan erat. Pastikan tidak ada bagian yang bocor pada semua benda uji sehingga air tidak bisa merembes. Jika ada bagian yang merembes, segera dilapisi dengan plastisin dan dilem dengan lem pipa.
5. Siapkan tandon berisi air pada ketinggian yang sudah direncanakan di atas benda uji yang dihubungkan dengan selang. Selang dari tandon air masuk kedalam benda uji melalui lubang inlet di tengah *top plate*. Selang diberi keran untuk buka tutup air.
6. Siapkan gelas ukur dan selang pengisinya, pasang ke lubang *outlet* pada bagian bawah *reservoir plate*.
7. Siapkan wadah untuk limpasan air yang terbuang pada tandon.
8. Isi tandon dengan air 5 x 1000 mL.
9. Siapkan gelas ukur, tempatkan dekat dengan selang outlet. Siapkan *stopwatch* untuk mengukur waktu air memenuhi gelas ukur
10. Masukan aliran air keluar ke dalam gelas ukur saat itu juga mulai menghitung waktu di *stopwatch*.
11. Catat berapa waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume air di gelas ukur yang terkumpul
12. Setiap 1000 mL air yang keluar dicatat berapa waktu yang dibutuhkan.
13. Ulangi mulai langkah 11 hingga 5 kali pembacaan untuk mendapatkan nilai rata rata untuk tinggi yang sama.
14. Kemudian lakukan percobaan yang sama untuk contoh tanah yang lain.

Variabel yang mempengaruhi kecepatan permeabilitas antara lain tinggi benda uji, beda tekan aliran air, dan luas penampang. Perhitungan nilai permeabilitas pada percobaan *constant head* dapat dituliskan seperti pada persamaan 2-2

### 3.4.5 Penambahan Volume Air

Benda uji yang telah disiapkan diberi penambahan air sebanyak 500 ml, 1000 ml, dan 1500 ml. Skema percobaan penambahan volume air seperti pada gambar 3.7.



**Gambar 3.7** Skema percobaan penambahan volume air

Langkah langkah percobaan penambahan volume air sebagai berikut :

1. Benda uji yang telah disiapkan diberi pelat *porous* di bagian bawahnya.
2. Kemudian siapkan tabung penyuplai air yang sudah diisi sesuai volume air yang ditentukan.
3. Lalu air dimasukkan ke dalam mold.
4. Air yang keluar dari mold ditampung di bawah mold.
5. Setelah air di tabung penyuplai dan di atas permukaan benda uji habis, dilanjutkan dengan mengukur air yang ada di penampung air.

### 3.4.6 Pengujian California Bearing Ratio

Setelah benda uji digunakan untuk uji *constant head*, kemudian dilanjutkan uji CBR. Berbagai persiapan, material, dan peralatan benda uji mengacu pada bab tinjauan pustaka tentang pengujian daya dukung tanah yang mengacu pada spesifikasi ASTM D 1883. Dalam percobaan ini benda uji yang digunakan merupakan benda uji yang sama pada percobaan *constant head*. Jumlah benda uji berjumlah 2 buah untuk masing

masing gradasi. Konsep utama percobaan CBR adalah rasio atau perbandingan antara beban yang terjadi dengan beban standar pada suatu penurunan tertentu.

Unid Load didapatkan dari pembacaan *proofing ring* dikalikan dengan faktor kalibrasi kemudian dibagi luas area piston.

Langkah langkah percobaan CBR sebagai berikut :

1. Lepaskan semua peralatan uji *constant head*.
2. Tutup menggunakan pelat besi.
3. Balik mold sehingga permukaan atas mold berada dibawah.
4. Letakan mold diatas mesin uji CBR.
5. Pasang semua peralatan uji CBR dan posisikan angka pada *dial gauge* pada angka nol.
6. Nyalakan putaran mesin, dan Terapkan beban pada piston penetrasi sehingga lajunya penetrasi kurang lebih 1,27 mm/dt
7. Catat pembacaan beban setiap kelipatan 0,025 inch hingga 0,5 inch.

### 3.5 Metode Analisa Data

Dari hasil pengamatan penambahan volume dihitung volume tertampung dengan nilai mendekati. Kemudian data uji volume tertampung dan nilai CBR disajikan pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2** Nilai volume tertampung dan CBR pada masing-masing gradasi

No.	Gradasi	Penambahan Volume (mm)	Volume Tertampung (mm)	CBR (%)	CBR Terendam (%)
1	X1	500 (a)			
2		500 (b)			
3		500 (c)			
1	X1	1000 (a)			
2		1000 (b)			
3		1000 (c)			
1	X1	1500 (a)			
2		1500 (b)			
3		1500 (c)			

Dari Tabel 3.2, dapat dibuat grafik hubungan antara volume dan grafik hubungan CBR terendam dan dapat diketahui pula pengaruh CBR setelah diberi penambahan volume.

