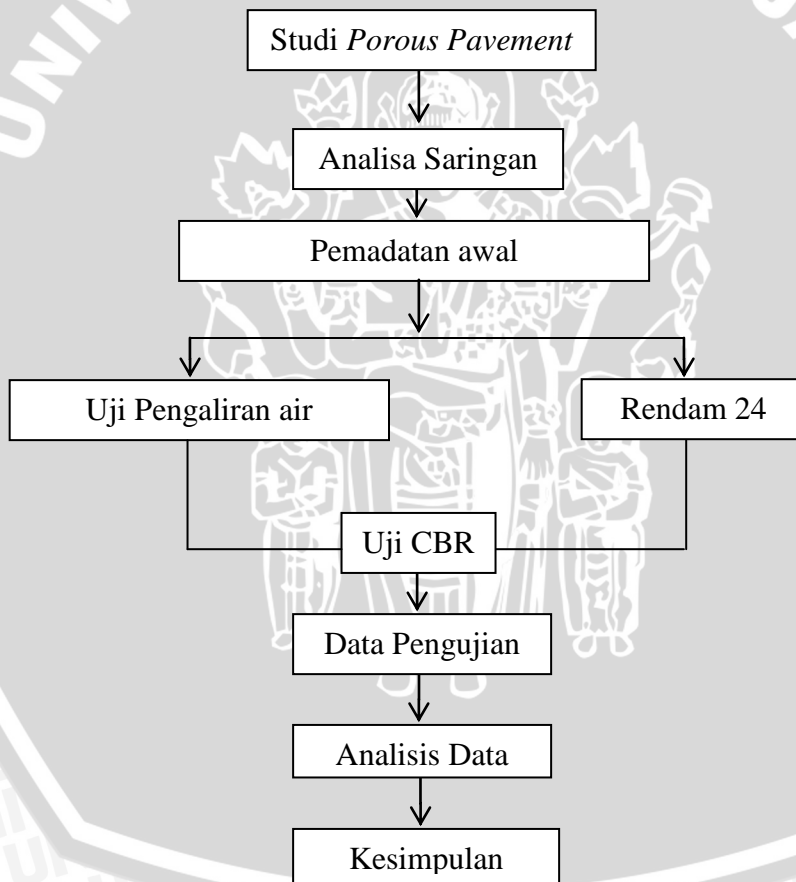


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

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 slag baja didatangkan dari Sidoarjo, Surabaya, Jawa Timur.

3.3 Persiapan Penelitian

Pada bab pendahuluan telah dijelaskan tentang tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui gradasi lapisan *subbase porous pavement* yang dapat mengalirkan air sesuai dengan intensitas curah hujan. Material yang digunakan berupa agregat slag baja dan abu batu. menggunakan alternative penggunaan slag baja hanya sampai ayakan no 4. Hal ini sesuai dengan penjelasan diatas, bahwa slag baja sangat sulit untuk dihancurkan, sehingga digunakan alternatif abu batu sebagai pengisi (*filler*). Benda uji tersebut harus dilakukan pengujian porositas, permeabilitas, daya dukung, kemudian diambil 3 gradasi yang terbaik dari penelitian sebelumnya. Daya dukung dapat dilakukan dengan menggunakan *California Bearing Ratio*.

3.3.1 Material Benda Uji

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai daya dukung yang dihasilkan pada pengaliran air air yang berbeda-beda pada masing-masing gradasi. Serta pengaruh dari CBE terendam pada masing-masing gradasi. Hal ini disesuaikan dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. 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

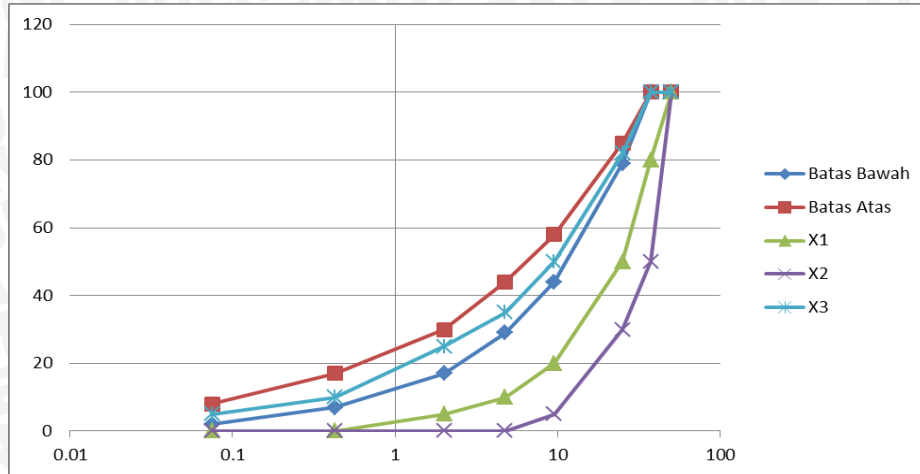
Gradasi ini berpedoman pada spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas A batas bawah.

- c) X1 Benda uji X2 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 X4 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 X5 pada penelitian sebelumnya, 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*

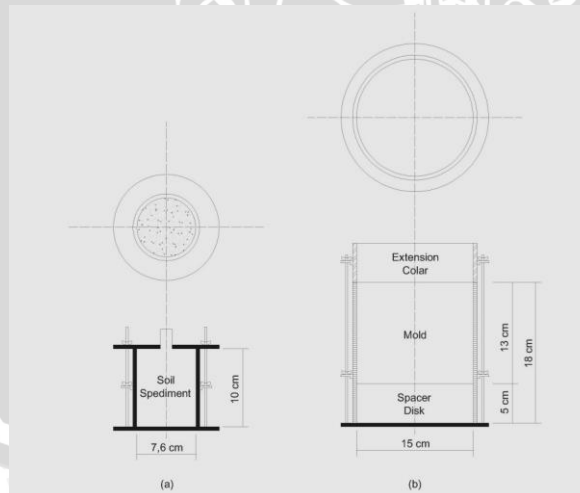
Ukuran Ayakan	Kelas A		Variasi Gradasi		
	BB	BA	X1	X2	X3
2'	100	100	100	100	100
1 1/2'	100	100	80	50	100
1'	79	85	50	30	82
3/8'	44	58	20	5	50
No. 4	29	44	10	0	35
No. 10	17	30	5	0	25
No. 40	7	17	0	0	10
No. 200	2	8	0	0	5



Gambar 3. 2 Grafik 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 standart 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 standart 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 3.4 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 colar* 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 5cm. 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 diketinggian 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. Standart proctor, standart 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 agregat slag baja dan abu batu 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 standart proctor
2. Extension collar
3. Pisau, scoop, dan palu karet

Prosedur :

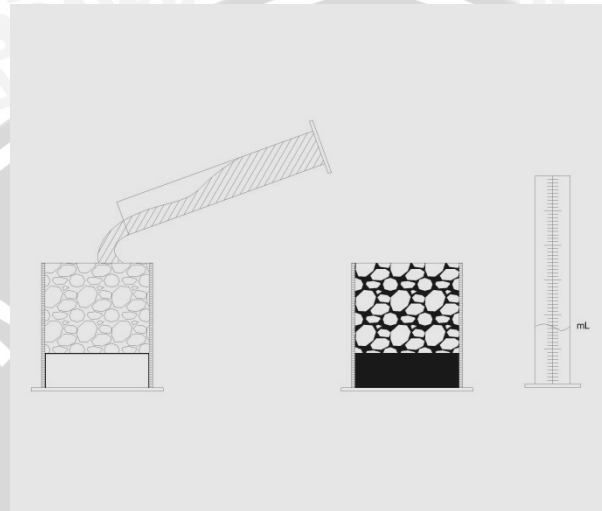
1. Siapkan benda uji berupa batuan pecah yang telah dilakukan uji saringan dan dicampur berdasarkan gradasi
2. Masukkan benda uji kedalam mold secara berlapis
3. Setiap lapisan ditumbuk menggunakan *standart proctor* sebanyak 56 kali
4. Pengisian lapisan diteruskan sampai 3 lapisan
5. Buka *extension 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.

$$\text{porositas } \emptyset = \frac{\text{Volume pori}}{\text{Volume total mold}} \times 100\%$$

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



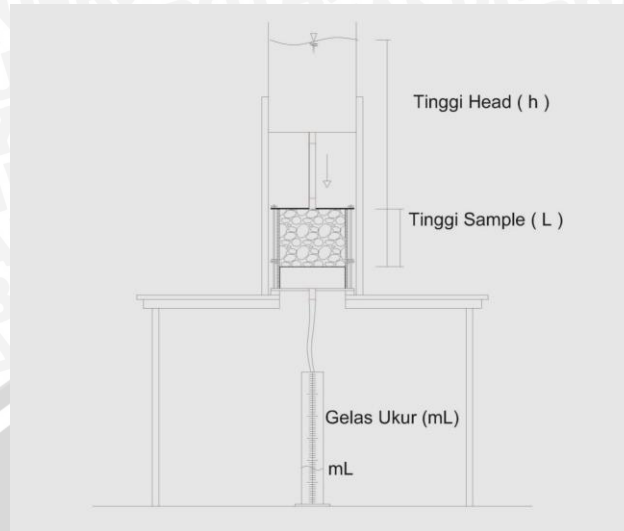
Gambar 3.5 Skema percobaan porositas menggunakan gelas ukur

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 niple 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* . Skema percoabaaan *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. Masukkan aliran air keluar kedalam 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:

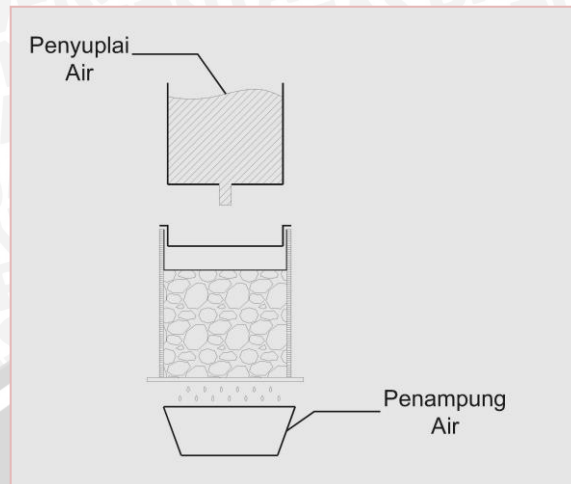
$$k = \frac{V \cdot L}{A \cdot t \cdot h}$$

Dengan :

- V = Volume air yang terkumpul (cm³)
- L = Tinggi benda uji (cm)
- A = Luas Potongan melintang benda uji (cm²)
- t = Waktu pengisian gelas ukur (sec)
- h = Tinggi jatuh / head (cm)

3.4.5 Pengujian Penambahan Volume

Pada percobaan ini jumlah sampel yang dipersiapkan sebanyak 3 benda uji setiap variasi gradasi. Benda uji yang sudah disiapkan diberikan pengaliran air air sebanyak 1000 ml, 2000 ml, 3000 ml. skema percobaan pengaliran air air seperti pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Skema Percobaan Infiltrasi

Langkah langkah percobaan pengaliran air sebagai berikut :

1. Menyiapkan benda uji yang dibawahnya diletakkan *porous*
2. Menyiapkan tabung penyuplai air 1000 ml, 2000 ml, 3000 ml
3. Menyiapkan penampung air dibawah mold
4. Memasukkan air kedalam mold
5. Mencatat volume air yang keluar dari dalam mold
6. Ulangi percobaan diatas pada sampel yang berbeda dengan volume 2000 ml, dan 3000 ml

3.4.6 Pengujian California Bearing Ratio

Setelah benda uji digunakan untuk uji *infiltrasi*, kemudian dilanjutkan uji CBR. Pada uji CBR sendiri dilakukan dengan dua cara yaitu CBR *soaked* dan CBR *unsoaked*. 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 *infiltrasi*. Jumlah benda uji berjumlah 3 buah untuk masing masing gradasi. Sedangkan untuk CBR *soaked* sendiri hamper sam dengan CBR *unsiaked* namun perbedaannya adalah direndam selama 1 hari (24 jam). Konsep utama percobaan CBR adalah rasio atau perbandingan antara beban yang terjadi dengan beban standart pada suatu penurunan tertentu, dengan rumus:

$$\text{Dengan rumus CBR (\%)} = \frac{\text{BEBAN}}{\text{BEBAN STANDARAT}} \times 100\%$$

Keterangan:

Beban = didapat dari hasil pembacaan proofing ring yang dikalikan dengan faktor kalibrasi

Beban standart = untuk beban 0,1” sebesar 3000 lbs, sedangkan untuk beban 0,2” sebesar 4500 lbs

Langkah – langkah percobaan CBR *unsoaked* sebagai berikut :

1. Menyiapkan benda uji yang sudah direndam selama ± 1 hari
2. Menutup mold menggunakan pelat besi.
3. Membalik mold sehingga permukaan atas mold berada dibawah.
4. Meletakkan mold diatas mesin uji CBR.
5. Memasang semua peralatan uji CBR dan posisikan angka pada *dial gauge* pada angka nol.
6. Menyalakan putaran mesin, dan Terapkan beban pada piston penetrasi sehingga lajunya penetrasi kurang lebih 1,27 mm/dt
7. Mencatat pembacaan beban setiap kelipatan 0,025 in hingga 0,5 in.

3.5 Metode Analisa Data

Dari hasil pengamatan dengan pengaliran yang berbeda-beda di dapatkan nilai CBR dalam keadaan OMC, CBR setelah pengaliran air, Tabel 3.2, serta pengaruh dari perendaman benda uji di dapatkan CBR terendam (*soaked*) disajikan dalam Tabel 3.3

Tabel 3 2 CBR berdasarkan gradasi

No.	Gradasi	CBR (%)
1	X1	
2	X2	
3	X3	

Tabel 3 3 CBR akibat Pengaliran air

No.	Gradasi	Volume 1000 ml CBR (%)	Volume 2000 ml CBR (%)	Volume 3000 ml CBR (%)
1	X1			
2	X2			
3	X3			

Tabel 3 4 CBR terendam

No.	Gradasi	CBR Terendam (%)
1	X1	
2	X2	
3	X3	

Dari Tabel 3.2, dapat dibuat grafik hubungan antara gradasi dan CBR, sedangkan untuk Table 3.3 dapat dibuat grafik hubungan antara pengaliran air dengan CBR. Serta Table 3.4 dapat diketahui penurunan CBR antara CBR OMC dan terendam. Serta juga dapat diketahui pengaruh dari kedua variable (pengaliran air dan terendam).