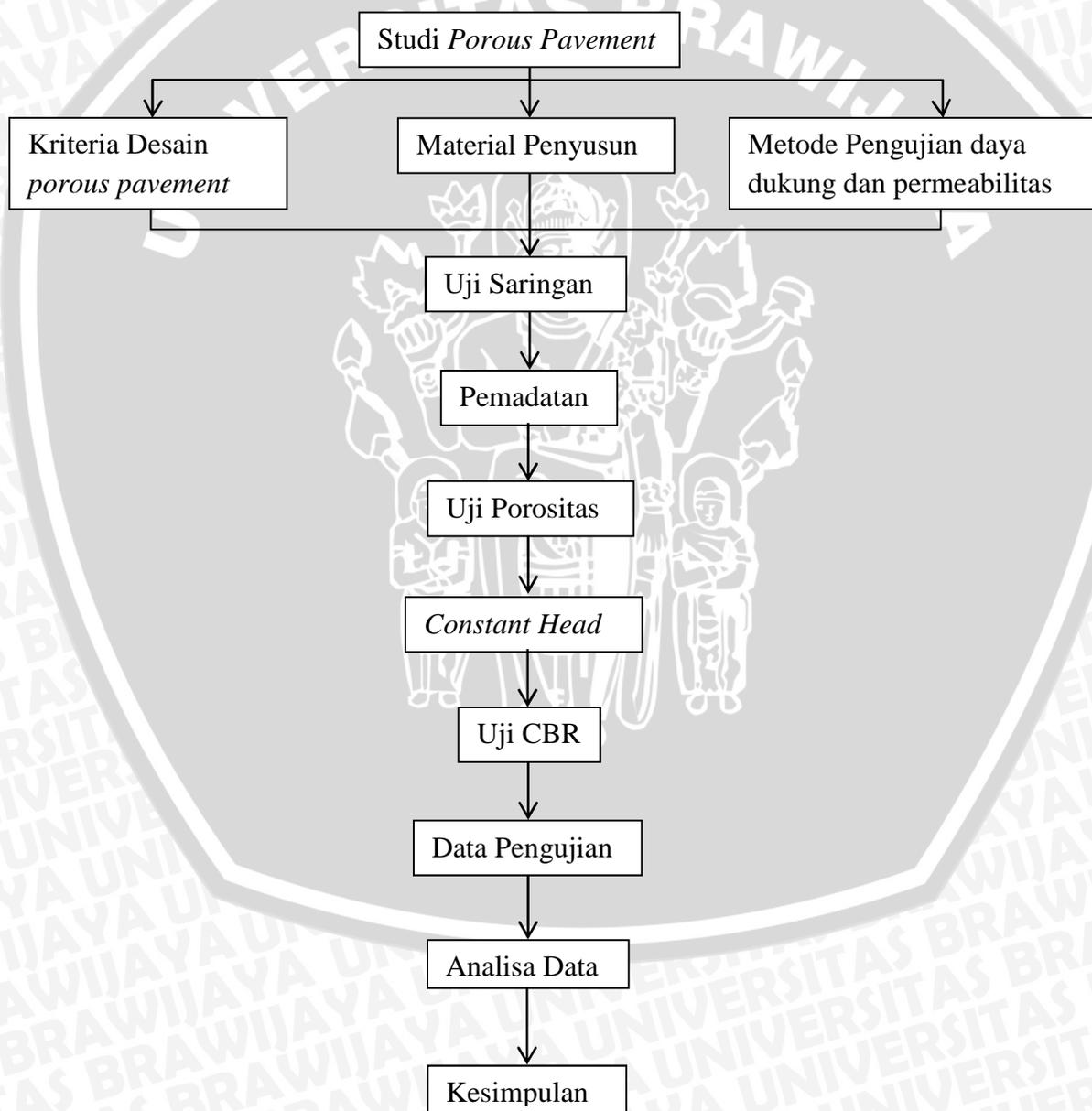


BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian merupakan tahapan yang dipakai sebagai landasan pemikiran dalam mempermudah proses penelitian hingga analisa data. Tahapan penelitian ini dapat memberikan gambaran langkah 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 dan Laboratorium Struktur Universitas Brawijaya. Sedangkan material yang digunakan didatangkan dari daerah Sama'an dan Dau, Malang, Jawa Timur.

3.3. Persiapan Penelitian

Seperti yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kapasitas infiltrasi dan daya dukung dari lapisan subbase perkerasan porous. Maka benda uji yang berupa agregat kasar atau batu pecah tersebut harus dilakukan pengujian porositas, permeabilitas dan daya dukung. Pengujian permeabilitas dapat dilakukan dengan menggunakan *Constand Head Test* sedangkan daya dukung dapat dilakukan dengan menggunakan *California Bearing Ratio*.

3.3.1. Material Benda Uji

Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui nilai CBR optimal yang dapat dicapai dengan porositas sebesar besarnya. Oleh karena itu diperlukan beberapa benda uji dengan porositas yang berbeda beda. Berikut penjelasan masing masing benda uji

a) Baseline

Benda uji pertama merupakan benda uji yang umum digunakan sebagai perkerasan lentur untuk kelas jalan lingkungan. Gradasi baseline berpedoman pada spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas B. Hasil percobaan Gradasi baseline ini digunakan sebagai dasar atau datum berbagai data percobaan selanjutnya.

b) TRY 1

Benda uji kedua mengacu pada spesifikasi umum div. 5 perkerasan berbutir Bina Marga kelas A.

c) TRY 2

Benda uji ke tiga mengacu pada AASHTO no. 3.

d) TRY 3

Benda uji ke empat mengacu pada AASHTO no. 5.

e) TRY 4

Benda uji ke lima merupakan benda uji yang dimodifikasi dari benda uji try 2. Modifikasi ini bertujuan untuk memberika benda uji dengna porositas lebih besar

dari benda uji try 2. Pembesaran porositas dilakukan dengan mengurangi prosentase lolos saringan pada agregat dengan size besar dan menambah. .

f) TRY 5

Benda uji ke enam merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Dengan menambahkan ukuran 0,5” dan 0,75” dengan prosentasi lolos masih dalam *range* baseline.

g) TRY 6

Benda uji ke tujuh merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Dengan menambahkan ukuran 0,5” dengan prosentase lolos masih dalam range baseline

h) TRY 7

Benda uji ke delapan merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Dengan menambahkan ukuran 0,75” dengan prosentase lolos masih dalam range baseline

i) TRY 8

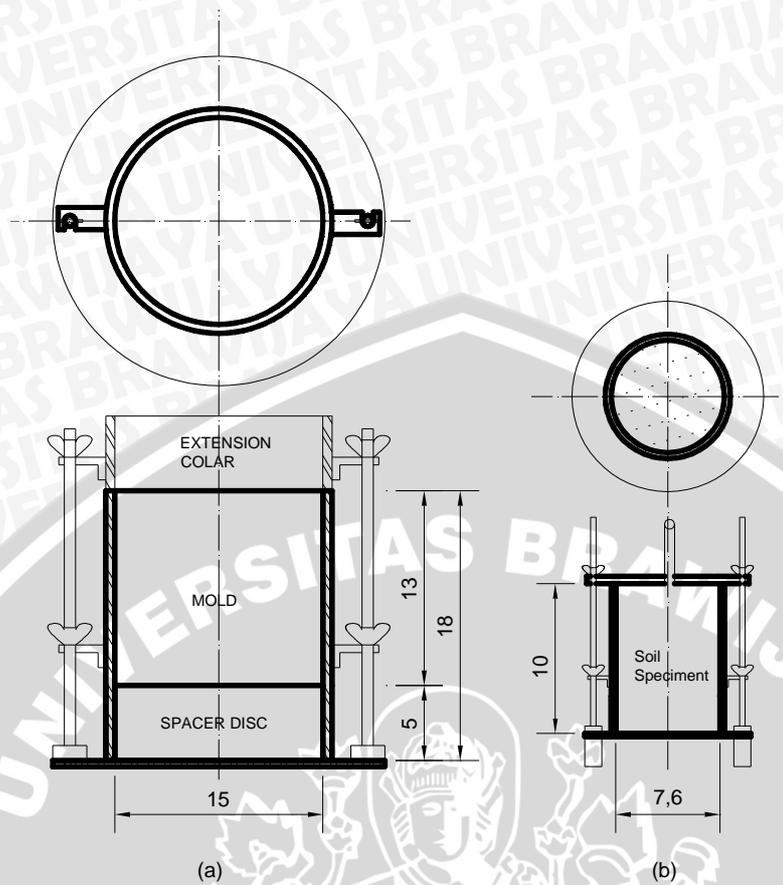
Benda uji ke sembilan merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Dengan memperkecil prosentasi lolos saringan pada ukuran 1,5” dan 1” sehingga keluar dari *range* baseline.

j) TRY 9

Benda uji ke sepuluh merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Dengan memperkecil prosentasi lolos saringan pada ukuran 1” sehingga keluar dari *range* baseline. Dengan begitu jumlah tertahan saringan ukuran 1” lebih berat.

3.3.2. Mold Modifikasi

Satu benda uji 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, 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 3.2**

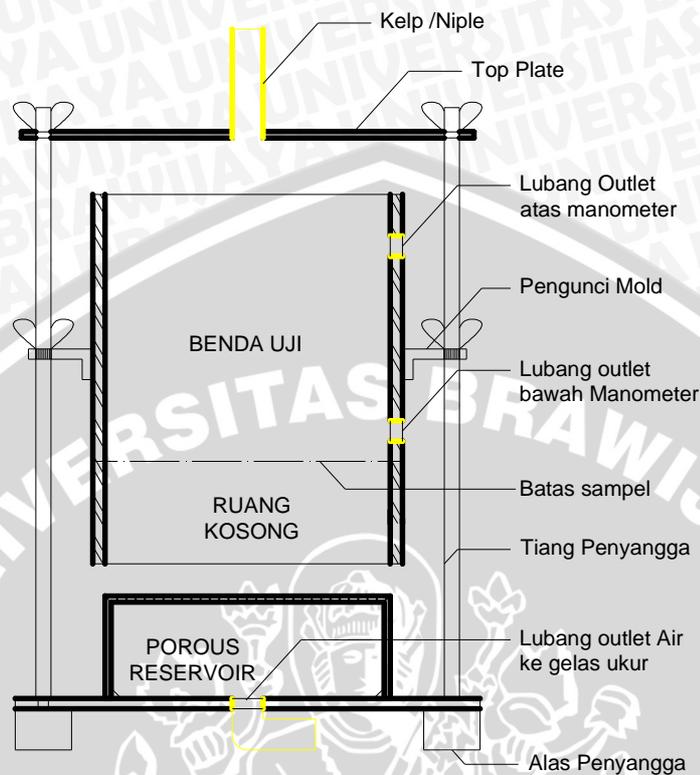


Gambar 3.2 : Mold Uji CBR (a) ASTM D1883-10 dan Mold Uji *Constant Head* ASTM D2434 (b)

Dari permasalahan diatas, muncul ide baru untuk memodifikasi mold supaya sampel dapat dipadatkan, kemudian diuji constand head, lalau 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 di modifikasi.

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 3.3 : Potongan melintang mold modifikasi constant head sekaligus CBR.

1. Mold – Mold terbuat dari logam besi dengan bentuk silinder dengan diameter dalam 15 cm ,ketebalan mold 6mm, dan ketinggian 18 cm. Juga terdapat *extension collar* dengan diameter dalam 15 cm, ketebalan 6mm dan ketinggian 5cm.
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 13,8 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 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 berjalanya seluruh percobaan antara lain :

1. Tandon, tandon berfungsi sebagai tempat penampungan air yang mengalir benda uji pada percobaan constant head. Tandon tersebut ditempatkan diketinggian yang cukup untuk memberikan tinggi tekan yang dapat membuat benda uji jenuh dengan air.
2. 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.
3. Standart proctor, standart memiliki berat 5 kg dan tinggi jatuh 50 cm.
4. Gelas ukur dengan kapasitas 1000 mL dua buah.
5. 1 set peralatan plumbing seperti baut nipple, 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 butir. 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; 63,5 mm (2½”); 50,8 mm (2”); 19,1 mm (¾”); 12,5 mm (½”); 9,5 mm (¾”); No.4 (4.75 mm).
3. alat pemisah atau wadah benda uji
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 11 zak karung. Penelitian ini menggunakan batuan pecah dengan ukuran yang lolos ayakan 2” hingga no. 4. 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 tangan 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 :

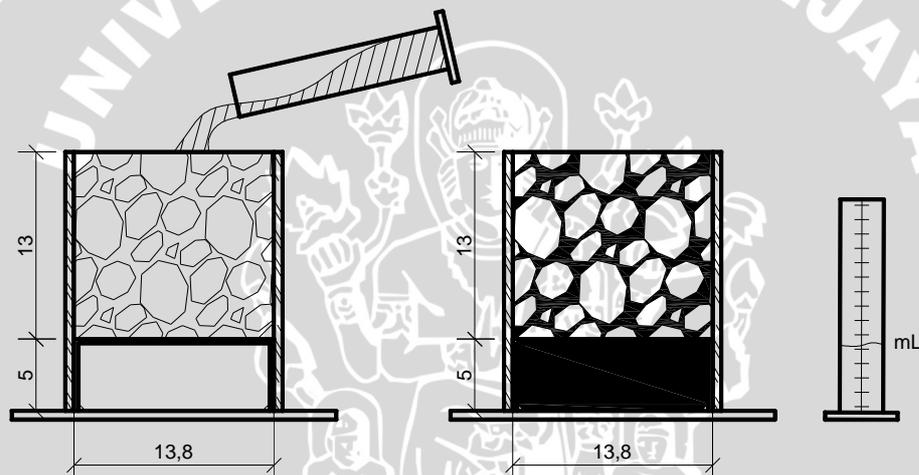
1. Siapkan benda uji berupa batuan pecah yang telah dilakukan uji saringan dan dicampur berdasarkan variasi gradasi
2. Benda uji direndam selama kurang lebih satu jam, setelah itu di keringkan di bawah sinar matahari hingga permukaan hampir kering
3. Masukkan benda uji kedalam mold secara berlapis
4. Setiap lapisan ditumbuk menggunakan *standart proctor* sebanyak 25 kali
5. Pengisian lapisan diteruskan sampai 3 lapisan
6. Buka *extension collar* dan ratakan permukaan benda uji
7. 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 3.4**



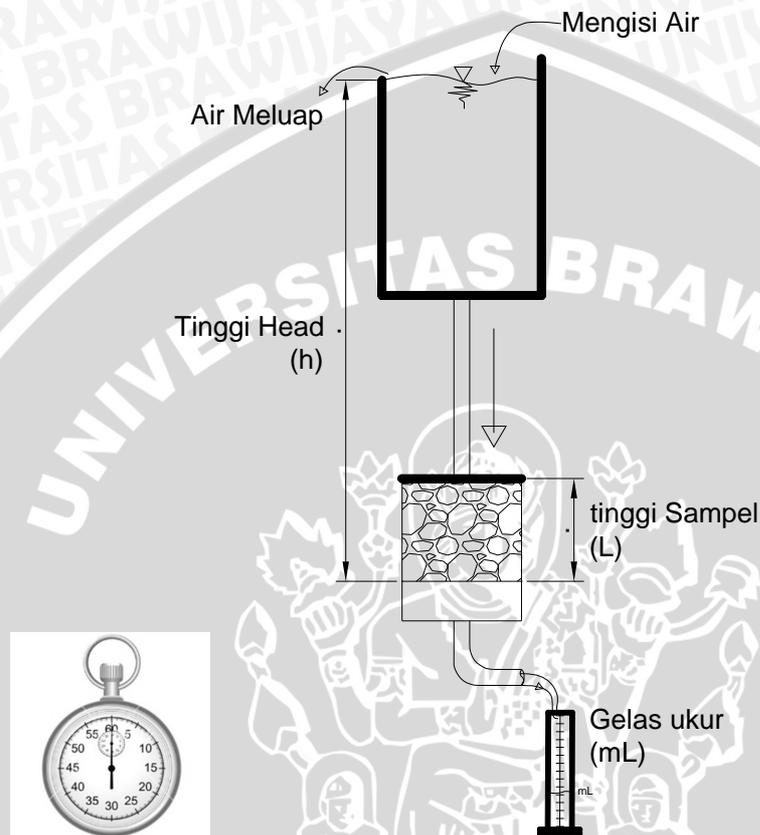
Gambar 3.4 skema percobaan porositas menggunakan gelas ukur

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.
3. Pasang baut niple yang sudah disumbat menggunakan *glue gun* untuk menutup mold.
4. Masukkan air dalam dua gelas ukur 1000mL 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 3.5**



Gambar 3.5 skema percobaan *constant head*

Langkah langkah percobaan *constant head* sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan pada uji porositas disiapkan dirak 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.

5. Siapkan tandon berisi air pada ketinggian tertentu diatas 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 dan aliri secara konstan, setelah penuh terisi semua. Buka keran selang *inlet* ke benda uji, dan air masuk kedalam benda uji hingga keluar ke selang outlet.
9. Biarkan air terus mengalir keluar hingga kurang lebih 5 menit sehingga didapatkan kecepatan konstant
10. Setelah aliran air konstan, siapkan gelas ukur, tempatkan dekat dengan selang outlet. Siapkan *stopwatch* untuk mengukur waktu air memenuhi gelas ukur
11. Masukan aliran air keluar kedalam gelas ukur saat itu juga mulai menghitung waktu di stopwatch.
12. Catat berapa waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume air di gelas ukur yang terkumpul
13. Ulangi mulai langkah 11 hingga 5 kali pembacaan untuk mendapatkan nilai rata rata.

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 pada **persamaan 2-2**

$$k = \frac{V \cdot L}{A \cdot t \cdot h} \quad (2 - 2)$$

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 California Bearing Ratio

Setelah benda uji digunakan untuk uji *constan head*, setelah itu digunakan untuk untuk 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 3 buah untuk masing masing gradasi. Konsep utama percobaan CBR adalah rasio atau perbandingan antara beban yang terjadi dengan beban standart pada suatu penurunan tertentu.

$$CBR = \frac{\text{test uni load (psi)}}{\text{standart unit load (psi)}} \times 100\%$$

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

$$\text{test unit load (psi)} = \frac{(\text{pembacaan proofing ring} \times \text{faktor kalibrasi})(\text{lbs})}{\text{luas area piston (inch)}}$$

Langkah langkah percobaan CBR sebagai berikut :

1. Lepaskan semua peralatan uji *constant head*.
2. Taburkan sirtu diatas permukaan benda uji, 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 in hingga 0,5 in

3.5. Metode Analisa Data

Dari hasil pengamatan uji *constant head* dan *California bearing ratio*, disajikan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 : Nilai porositas, permeabilitas dan CBR masing masing jenis gradasi

| No | Gradasi | Kode | Porositas (%) | Permeabilitas (cm/s) | CBR |
|----|-----------|------|---------------|----------------------|-----|
| 1 | Base line | BS 1 | | | |
| 2 | | BS 2 | | | |
| 3 | | BS 3 | | | |
| 4 | | BS 4 | | | |
| 5 | | BS 5 | | | |
| 6 | | BS 6 | | | |
| 1 | TRY 1 | A1 | | | |
| 2 | | A2 | | | |
| 3 | | A3 | | | |
| 4 | | A4 | | | |
| 5 | | A5 | | | |
| 6 | | A6 | | | |
| 1 | .dst | B1 | | | |
| 2 | | B2 | | | |
| 3 | | B3 | | | |
| 4 | | B4 | | | |
| 5 | | B5 | | | |
| 6 | | B6 | | | |

Dari table 3.1, dapat dibuat grafik hubungan antara porositas dan permeabilitas, grafik hubungan antara permeabilitas dan CBR. Dari grafik tersebut dapat diketahui CBR optimal yang dapat dicapai jika memperbesar porositas pada suatu gradasi pondasi perkerasan lentur.