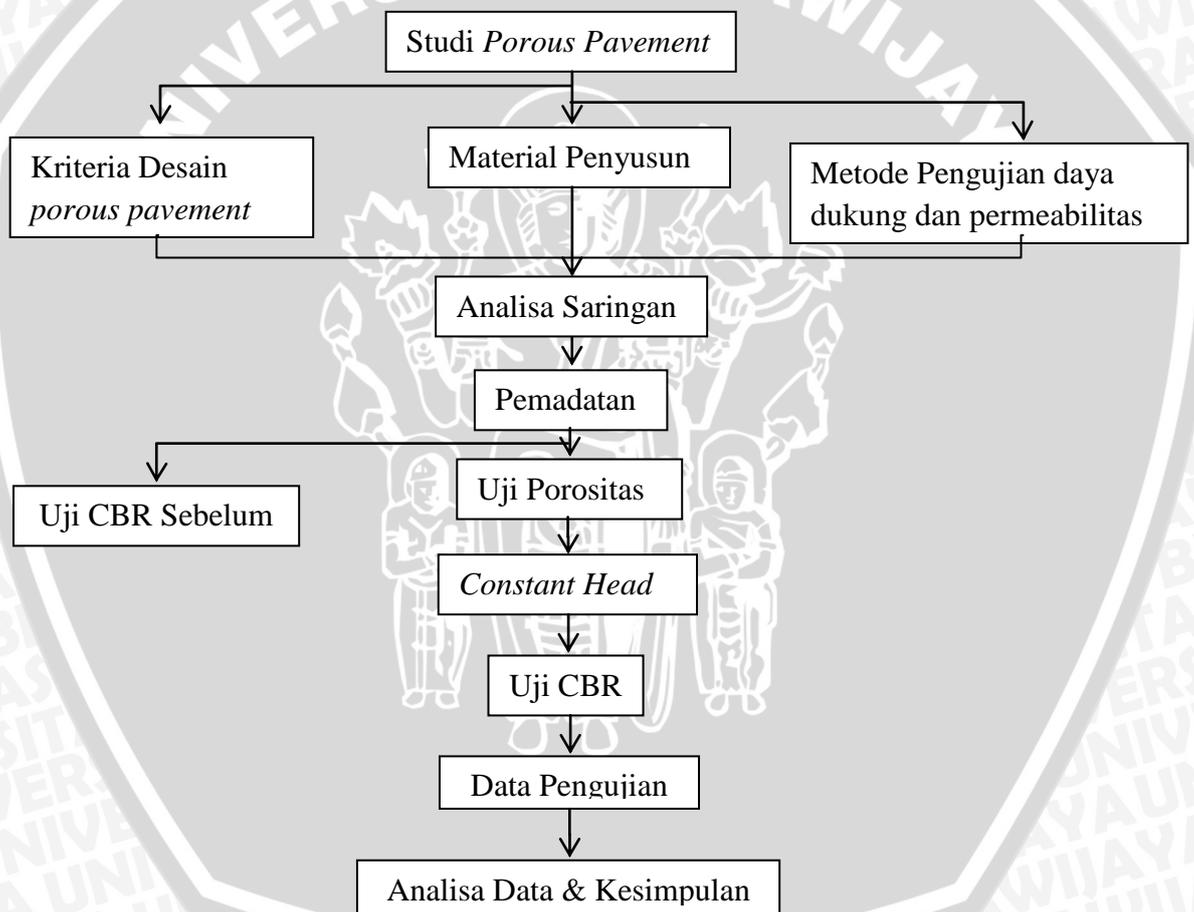


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 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 akan dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Universitas Brawijaya. Sedangkan material yang digunakan adalah *slag* baja yang didapat dari pabrik pengolahan baja PT. Hanil Jaya Steel, Sidoarjo, Jawa Timur.

3.3 Persiapan Penelitian

Telah dijelaskan tentang tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui gradasi lapisan *subbase porous pavement* yang dapat mengalirkan air ke bagian dasar perkerasan dengan optimal. Benda uji 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(CBR)*.

3.3.1 Material Benda Uji

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai permeabilitas yang sesuai untuk lapisan *subbase porous pavement*. Oleh karena itu diperlukan beberapa benda uji dengan variasi gradasi yang berbeda-beda. Berikut penjelasan masing-masing benda uji:

a) Baseline

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

b) X1

Benda uji X1 mengacu pada ASTM No. 67.

c) X2

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) X3

Benda uji X3 adalah hasil modifikasi dari X2 dengan memperbanyak gradasi 1½' dan memperkecil gradasi no. 4 dan no. 10.

e) X4

Benda uji X4 adalah hasil modifikasi dari X2 dan X3 dengan memperbanyak gradasi 1½' dan mengurangi gradasi 1', 3/8', no. 4, dan no. 10. Tujuan dilakukan modifikasi ini adalah untuk memperbesar porositas.

f) X5

Benda uji X5 berada di antara *range* batas atas dan batas bawah pada baseline.

g) X6

Benda uji X6 merupakan modifikasi dari gradasi baseline. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan memperbanyak butiran halus dengan tujuan agar porositasnya semakin kecil. Modifikasi ini mengacu juga pada ASTM D 2940 GA Base dengan menambahkan gradasi 1', no. 10, dan no. 40 dengan prosentase lolos lebih besar *range* dari baseline.

h) X7

Benda uji X7 ini merupakan hasil modifikasi dari X6 dengan memperbesar prosentase lolos gradasi.

i) X8

Benda uji X8 merupakan modifikasi dari ASTM no. 8 dengan menambahkan gradasi 1' dan no. 10.

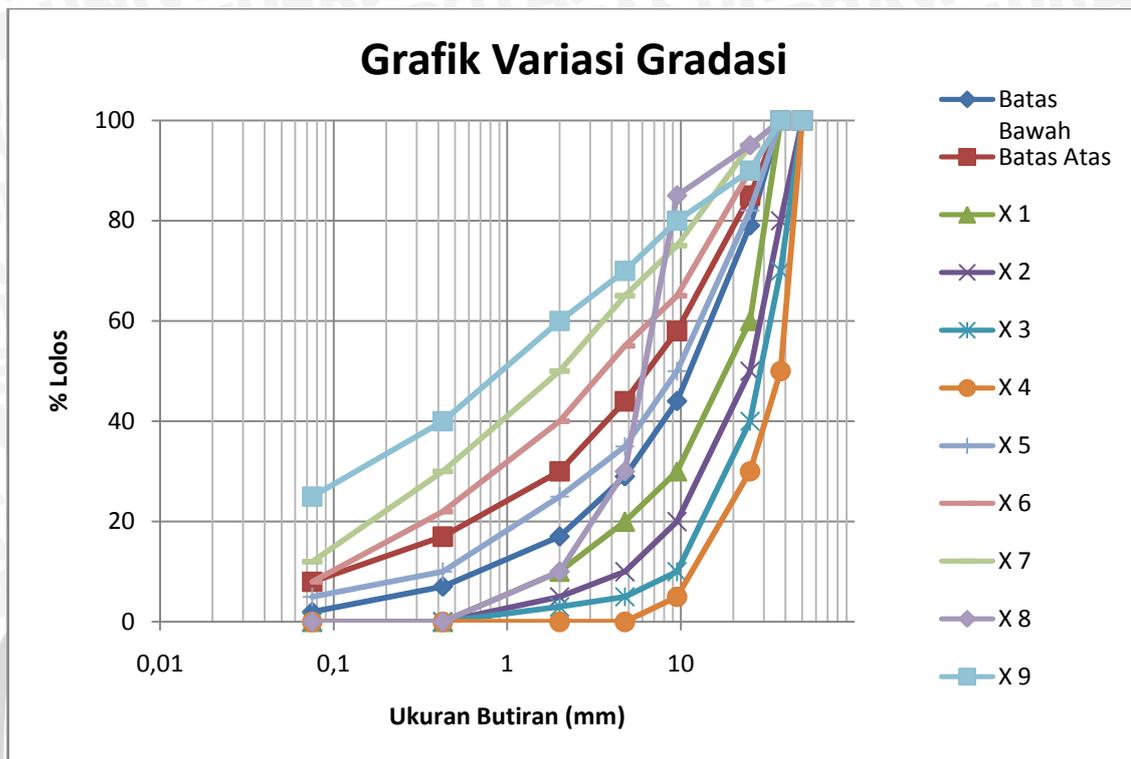
j) X9

Benda uji X9 merupakan modifikasi dari Maryland BRG S/B dengan menambahkan gradasi 3/8' dan no. 4.

Dari penjelasan di atas maka variasi gradasi dapat disajikan dalam **tabel 3.1** dan **gambar 3.1**. 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*

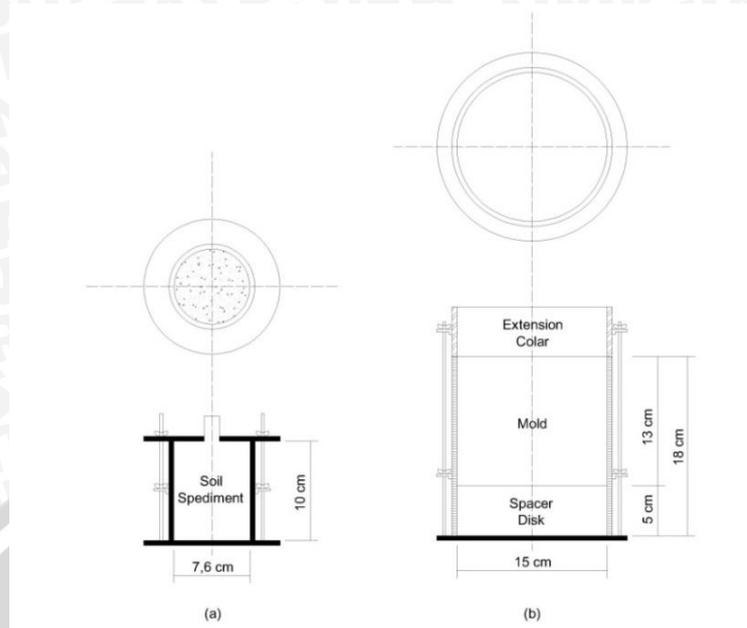
Ukuran Ayakan	Kelas A		Variasi Gradasi								
	BB	BA	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
2'	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1 1/2'	100	100	100	80	70	50	100	100	100	100	100
1'	79	85	60	50	40	30	82	90	95	95	90
3/8'	44	58	30	20	10	5	50	65	75	85	80
No. 4	29	44	20	10	5	0	35	55	65	30	70
No. 10	17	30	10	5	3	0	25	40	50	10	60
No. 40	7	17	0	0	0	0	10	22	30	0	40
No. 200	2	8	0	0	0	0	5	8	12	0	25



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 3.2**



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

Dari permasalahan diatas, perlu adanya modifikasi pada *mold* supaya sampel dapat dipadatkan, kemudian diuji *constand 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 ke bawah. *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. *Mold* disini juga berfungsi sebagai penahan material agar tidak terjadi kelongsoran secara horizontal pada saat diberi tekanan. Pada aplikasi dilapangan *mold* berfungsi layaknya dinding penahan pada struktur jalan seperti yang dijelaskan pada **Gambar 2.2**
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* pada percobaan *constant head*.
3. Tandon, tandon berfungsi sebagai tempat penampungan air yang mengalir benda uji pada percobaan *constant head*. Jarak antara *top plate* dengan permukaan air pada tandon berjarak 77 cm, agar volume air yang keluar dari tandon sama dengan volume air yang keluar dari lubang outlet air (telah dilakukan pra-penelitian sebelumnya). Pada penelitian ini tandon yang digunakan berupa galon dari air mineral 19 liter dengan diberi tanda pada setiap satu liter air.
4. Rak peralatan, dimana 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 tiga 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 prosentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka prosentase 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 *slag* 5 karung. Penelitian ini menggunakan *slag* baja dengan ukuran yang lolos ayakan 2" hingga no. 10 dan abu batu dengan ukuran yang lolos ayakan no.40 sampai no.200. Langkah langkah pengujian analisa saringan sebagai berikut

1. Siapkan prosentase 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 untuk memadatkan material ini antara lain :

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

Sedangkan untuk prosedur dijelaskan seperti berikut :

1. Siapkan benda uji berupa *slag* baja yang telah dilakukan uji saringan dan dicampur berdasarkan gradasi
2. Masukkan benda uji kedalam *mold* secara berlapis

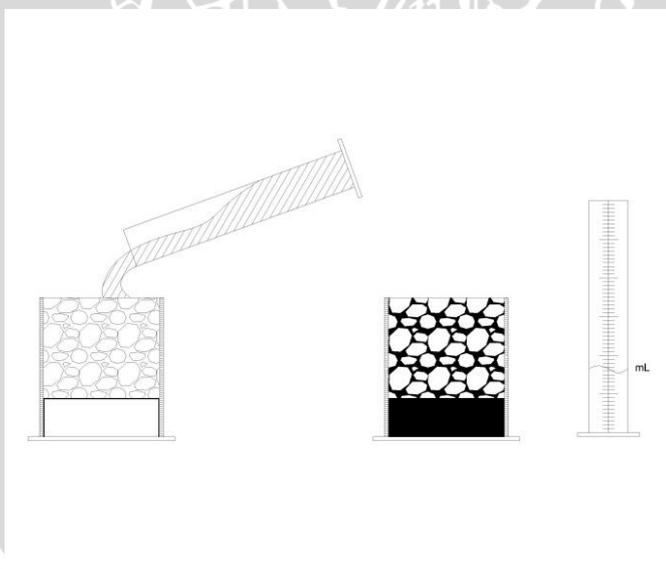
3. Setiap lapisan ditumbuk menggunakan *standart proctor* sebanyak 56 kali
4. Pengisian lapisan diteruskan sampai 3 lapisan
5. Buka *extension collar* dan ratakan permukaan benda uji
6. Ulangi percobaan untuk seluruh benda uji.

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.

$$\text{porositas } (n) = \frac{\text{Volume pori } (Vv)}{\text{Volume total tanah keseluruhan } (Vt)} \times 100\%$$

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. Selain itu benda uji harus dalam keadaan jenuh agar volume pori yang dihitung benar-benar volume rongga udara tanpa ada air yang meresap kedalam butiran-butiran pada benda uji. Skema percobaan porositas ditunjukkan pada **gambar 3.4**



Gambar 3.5 Skema percobaan porositas menggunakan gelas ukur

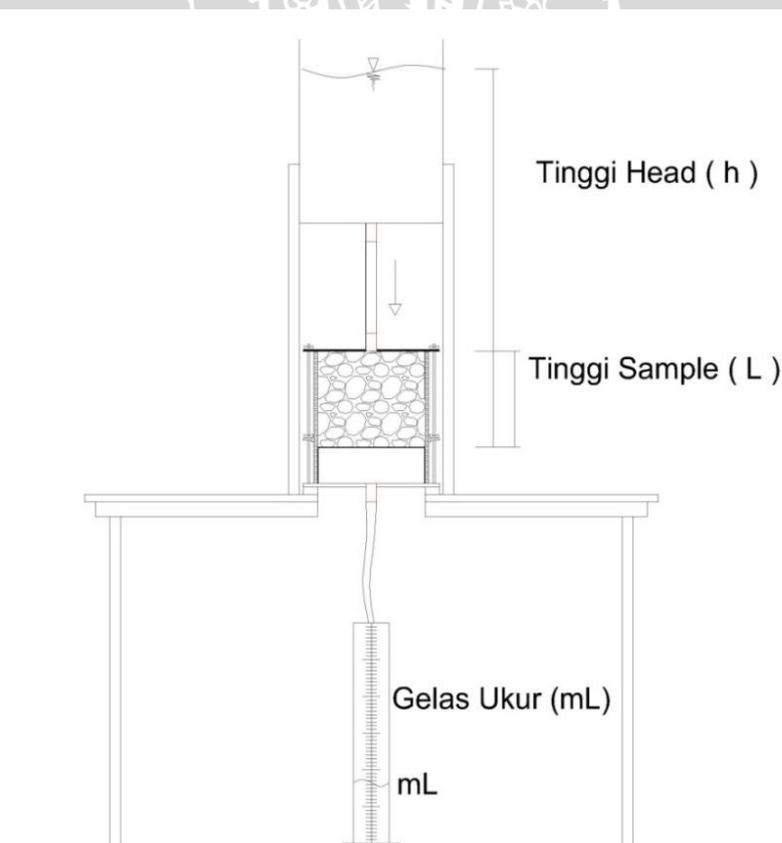
Percobaan porositas dilakukan dengan tahapan seperti berikut:

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 hingga penuh kemudian diamkan sejenak sebelum dikeluarkan untuk mendapatkan kondisi jenuh benda uji
5. Masukkan air kembali dalam dua gelas ukur 1000 mL kedalam benda uji hingga terisi penuh.
6. Catat air yang tersisa dalam gelas ukur.
7. Buka baut *niple* untuk mengeluarkan air dalam *mold*.
8. Hitung dengan persamaan 3 – 1 untung mendapatkan porositas.
9. 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 3.6 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. Hidupkan kran air yang telah tersambung dengan tandon untuk mengisi tandon dengan air melalui selang. Usahakan permukaan air tetap constant dengan mengatur kecepatan air yang masuk ke tandon.
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 3 kali pembacaan untuk mendapatkan nilai rata rata untuk tinggi yang sama.
14. Kemudian lakukan percobaan yang sama untuk contoh tanah yang lain.

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 *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 4 buah untuk masing masing gradasi. Konsep utama percobaan CBR adalah rasio atau perbandingan antara beban yang terjadi dengan beban standart pada suatu penurunan tertentu.

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

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. 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 3.2**

Tabel 3.2 : Nilai porositas, permeabilitas dan CBR masing masing jenis gradasi

No	Gradasi	Kode	Porositas (%)	Permeabilitas (cm/s)	CBR
1	Base line	BS (a)			
2		BS (b)			
3		BS (c)			
1	X 1	X1 (a)			
2		X1 (b)			
3		X1 (c)			
1	.dst	X..(a)			
2		X..(b)			
3		X..(c)			

Dari **tabel 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.