

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan semen *portland* dan *filler* serbuk batu bata terhadap nilai dari karakteristik *marshall*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *marshall*. Peneliti melakukan eksperimen terhadap variabel terikat yaitu karakteristik *marshall* dan variabel bebas yaitu penambahan semen *portland* dan *filler* serbuk batu bata pada Laston (AC-BC).

Benda uji dibuat sebanyak 12 buah, benda uji yang ditambahkan serbuk batu bata dengan persentase 5%, 10% dan 15% masing-masing 3 buah benda uji, sedangkan benda uji tanpa penambahan serbuk batu bata sebanyak 3 buah benda uji. Selanjutnya untuk komposisi semen *portland*, masing-masing benda uji adalah sebesar 2% dari total campuran agregat.

Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian aspal, pengujian agregat dan pengujian terhadap campuran dengan metode *marshall*. Pengujian terhadap agregat kasar meliputi gradasi agregat, berat jenis, penyerapan dan keausan. Sedangkan pada agregat halus dan *filler* dilakukan pengujian gradasi, berat jenis dan penyerapan. Untuk pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, titik bakar dan berat jenis aspal. Selanjutnya untuk pengujian terhadap campuran

menggunakan alat yang bernama *marshall test*. Pengujian dengan alat *marshall test* dilakukan guna mendapatkan nilai karakteristik *marshall* yang telah dibuat, baik yang menggunakan bahan tambah berupa semen *portland* dan serbuk batu bata sebagai *filler* maupun tidak menggunakan bahan tambah, seperti kepadatan (density), VIM (void in the mix), VMA (void in mineral aggregate), VFA (void filled with asphalt), peleahan (flow), stabilitas dan MQ (marshall quotient).

Untuk penentuan jumlah benda uji dari masing-masing variabel bebas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 7. Kode notasi dan jumlah benda uji

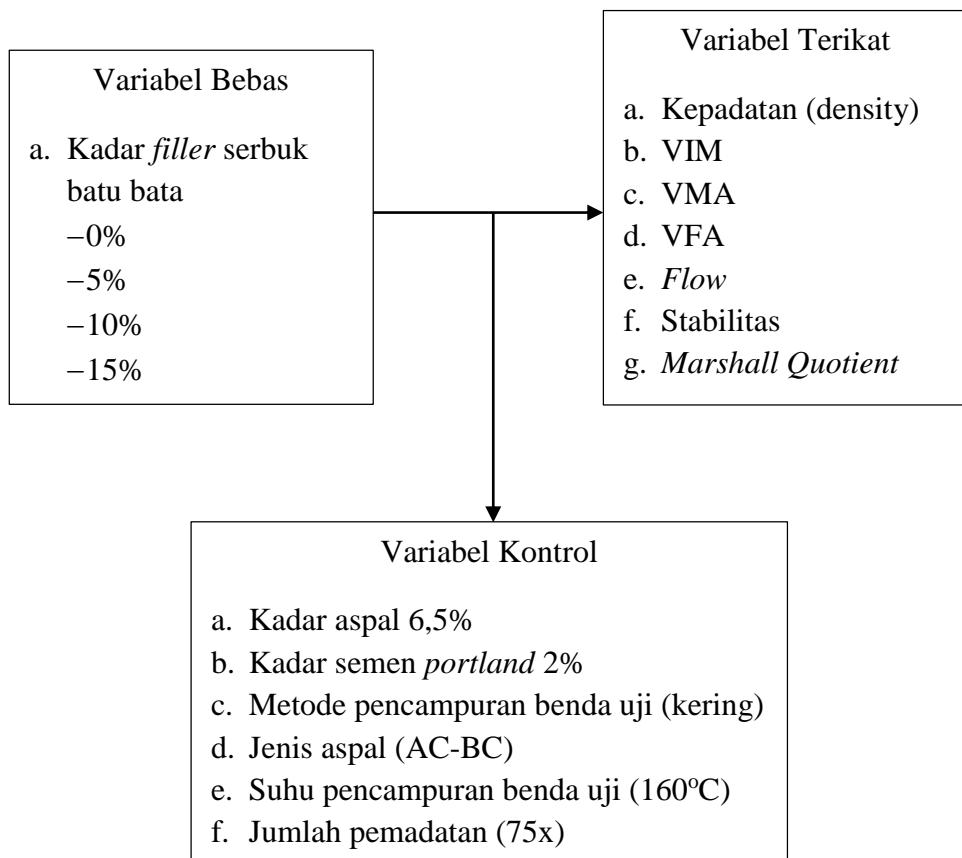
No.	Notasi Benda Uji	Jumlah	Kadar	
			Semen	Serbuk Batu Bata
1.	BK	3	2%	0%
2.	5BS	3	2%	5%
3.	10BS	3	2%	10%
4.	15BS	3	2%	15%

Keterangan:

- BK = Benda uji kontrol dengan kadar serbuk batu bata 0%
- 5BS = Benda uji kontrol dengan kadar serbuk batu bata 5%
- 10BS = Benda uji kontrol dengan kadar serbuk batu bata 10%
- 15BS = Benda uji kontrol dengan kadar serbuk batu bata 15%

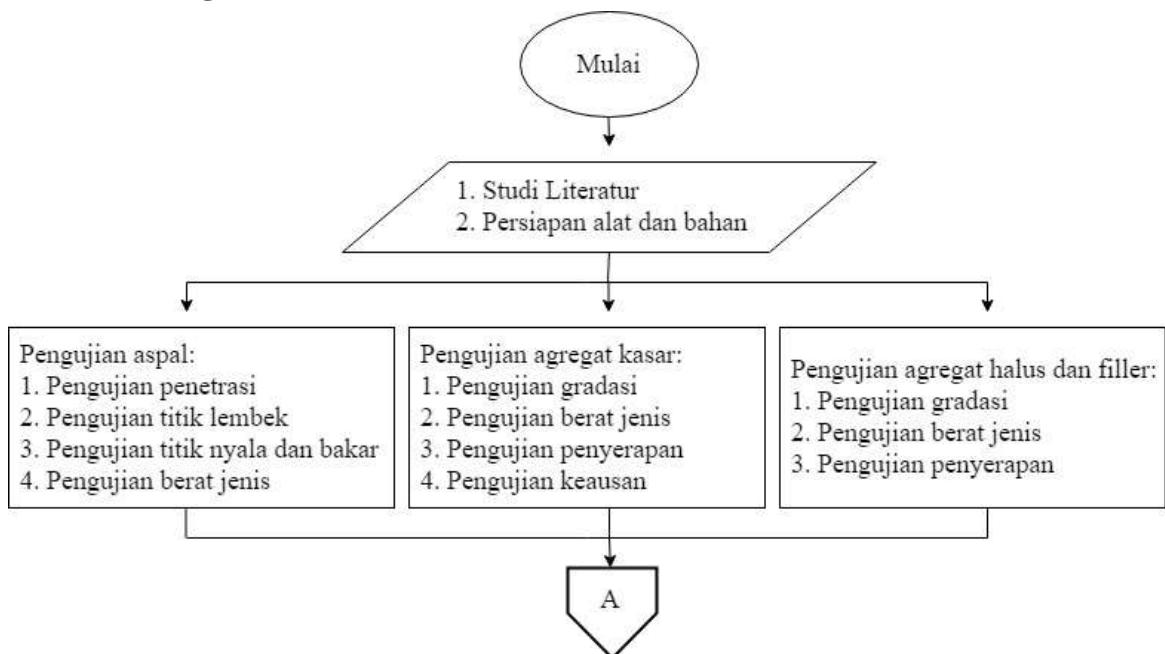
B. Variabel Penelitian

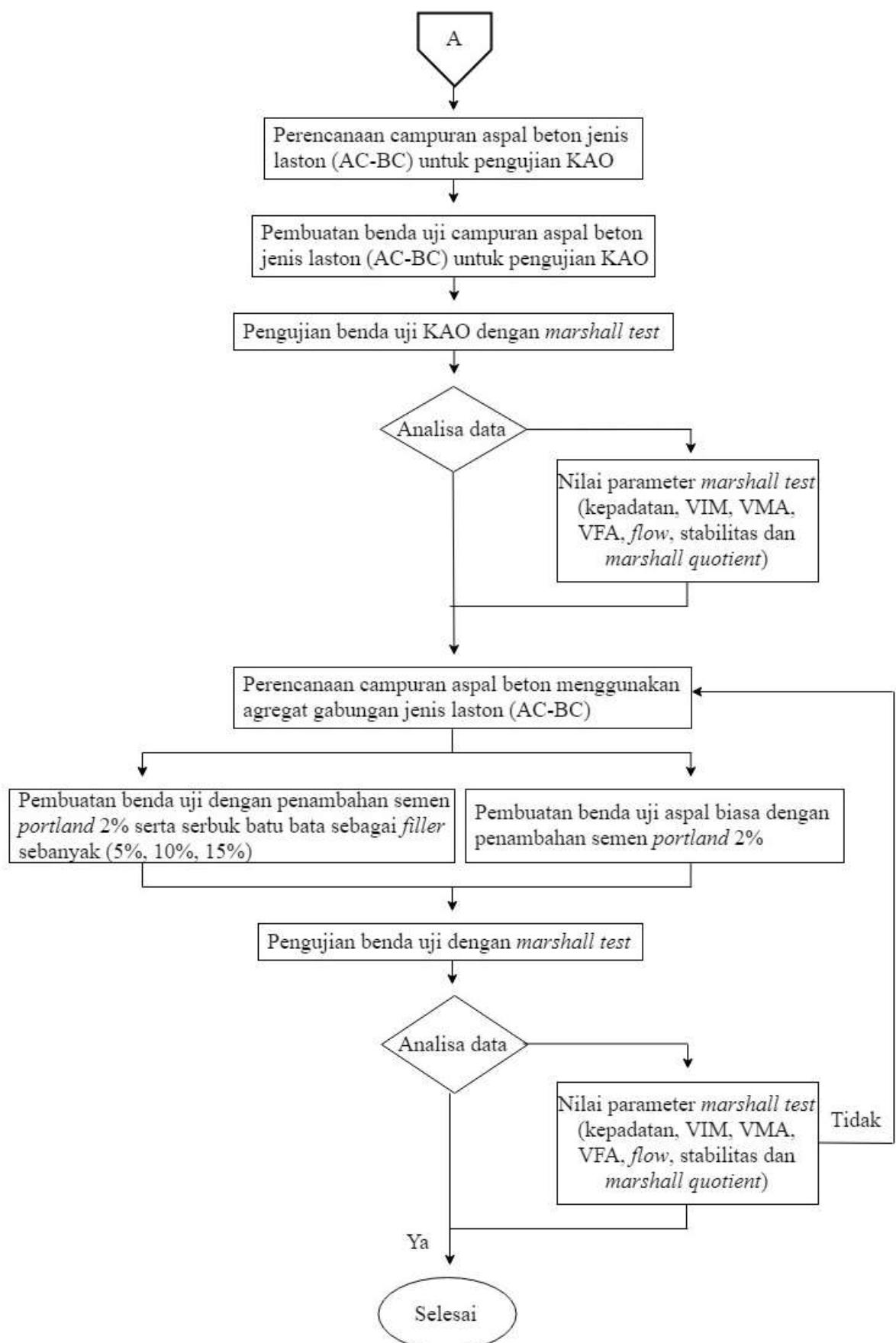
Sugiyono (2006), variabel penelitian dibedakan menjadi 3 macam yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Pada setiap variabel memiliki hubungan satu dengan yang lain. Berikut ini adalah hubungan antar ketiga variabel pada penelitian ini:



Gambar 2. *Flowchart* hubungan variabel penelitian

C. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3. Diagram alir penelitian

D. Peralatan Penelitian

Alat penelitian adalah semua benda yang digunakan untuk menunjang dalam pelaksanaan proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat pengujian agregat

a. Satu set alat pengujian gradasi

Satu set saringan adalah saringan dengan ukuran 25 mm (1’’); 19,1 mm (3/4’’); 12,5 mm (1/2’’); 9,5 mm (3/8’’); 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No. 100); 0,075 mm (No. 200). Semua saringan disusun secara berurutan mulai dari yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar di posisi paling atas.

b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan

Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan berupa oven, timbangan, piring seng, alat uji SSD (saturated surface dry) dan gelas ukur.

2. Alat pengujian aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian aspal meliputi satu set alat pengujian berat jenis aspal, pengujian penetrasi, pengujian titik nyala dan bakar, serta satu set titik lembek.

a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:

1) Neraca *o'hauss*

Neraca *o'hauss* adalah alat ukur massa benda dengan ketelitian 0,01 gram. Prinsip kerja neraca ini adalah sekedar membanding massa benda yang akan dikur dengan anak timbangan.



Gambar 4. Neraca *o'hauss*

2) *Picnometer* labu

Picnometer labu adalah wadah berbentuk bulat lonjong dan berbahan kaca dengan penanda batas air yang digunakan untuk mengukur berat jenis aspal.



Gambar 5. *Picnometer* labu

b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal meliputi sebagai berikut:

1) *Stopwatch*

Stopwatch digunakan sebagai menghitung waktu lamanya proses penetrasi.



Gambar 6. *Stopwatch*

2) Penetrometer

Penetrometer adalah alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal. Pada alat ini terdapat jarum yang digunakan untuk menusuk aspal padat untuk mengukur nilai penetrasinya. Untuk menguji nilai penetrasi aspal, tombol pada sebelah atas jarum ditekan agar jarum dapat turun. Nilai penetrasi aspal akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk angka pada arloji penetrasi bagian atas.

Penetrometer yang dapat melepas pemegang jarum untuk bergerak secara vertikal tanpa gesekan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum kedalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat. Berat pemegang jarum 47,5 gram \pm 0,05 gram. Berat total pemegang jarum beserta jarum 50 gram \pm 0,05 gram. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat. Penetrometer harus dilengkapi dengan waterpass untuk memastikan

posisi jarum tegak (90°) ke permukaan. Berat beban 50 gram $\pm 0,05$ gram dan 100 gram $\pm 0,05$ gram sehingga dapat digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan (SNI 06-2456-1991).



Gambar 7. Penetrometer

3) Jarum penetrasi

Jarum penetrasi harus terbuat dari *stainless steel* dan dari bahan yang kuat, Grade 440-C atau yang setara, HRC 54 sampai 60. Jarum standar memiliki panjang sekitar 50 mm sedangkan jarum panjang memiliki panjang sekitar 60 mm (2,4 inch). Diameter jarum antara $1,00$ mm sampai dengan $1,02$ mm. Ujung jarum berupa kerucut terpancung dengan sudut antara $8,7^\circ$ dan $9,7^\circ$. Ujung jarum harus terletak satu garis dengan permukaan yang lurus tidak boleh melebihi $0,2$ mm.

Diameter ujung kerucut terpancung $0,14$ mm sampai $0,16$ mm dan terpusat terhadap sumbu jarum. Ujung jarum harus runcing, tajam dan halus. Panjang bagian jarum standar yang tampak harus antara 40 sampai 45 mm sedangkan untuk jarum panjang antara 50 mm hingga 55 mm (1,97 inch hingga 2,17 inch). Berat jarum harus $2,50$ gram \pm

0,05 gram. Jarum penetrasi yang akan digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria tersebut diatas disertai dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang (SNI 06-2456-1991).



Gambar 8. Jarum penetrasi

4) Cawan

Cawan digunakan sebagai tempat aspal padat. Dalam SNI-2456-2011:3, cawan terbuat dari logam atau gelas yang berbentuk silinder.



Gambar 9. Cawan

c. Alat-alat pengujian titik lembek aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian titik lembek aspal meliputi sebagai berikut:

1) Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu.

Dalam pengujian ini, termometer digunakan untuk mengukur suhu aspal yang akan diuji titik lembeknya.



Gambar 10. Termometer

2) Cincin penguji

Cincin penguji dengan kapasitas 45 Gram. Berdasarkan SNI 06-2434-1991, dua cincin yang terbuat dari bahan kuningan, berfungsi sebagai tempat aspal dan bola baja.



Gambar 11. Cincin penguji

3) Bola baja

Berdasarkan SNI 06-2434-1991, dua bola berdiameter 9,5 mm, setiap bola mempunyai berat $3,5 \pm 0,005$ gram, berfungsi sebagai beban pada aspal untuk pengujian titik lembek.



Gambar 12. Bola baja

4) Gelas ukur

Gelas ukur tahan panas, mempunyai ukuran diameter dalam tidak kurang dari 85 mm dan tinggi tidak kurang dari 120 mm dari dasar bejana yang mendapat pemanasan (SNI 2434 - 2011).



Gambar 13. Gelas ukur

5) Dudukan benda uji

Dudukan benda uji merupakan alat yang digunakan untuk meletakkan benda uji yang telah diletakkan dalam cincin kuningan. Dudukan benda uji ini dilengkapi dengan tempat untuk menaruh benda uji (cincin kuningan yang telah berisi aspal) yang berlubang pada bagian tempat meletakkan cincin kuningan dan dilengkapi dengan plat dasar dengan jarak tertentu yang digunakan untuk menahan bola baja ketika jatuh.



Gambar 14. Dudukan benda uji

6) Kompor listrik

Dalam proses pengujian titik lembek ini, kompor digunakan untuk memanaskan benda uji yang sedang diuji.



Gambar 15. Kompor listrik

7) Plat penghantar

Plat penghantar berfungsi sebagai media perantara antara kompor dengan gelas ukur. Hal ini bertujuan agar gelas ukur tidak bersinggungan langsung dengan kompor sehingga pertambahan panas tidak terlalu banyak dan tidak menyebabkan gelas ukur pecah.



Gambar 16. Plat penghantar

d. Alat-alat pengujian titik nyala dan bakar

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian titik nyala dan bakar aspal meliputi sebagai berikut:

1) *Cleveland open cup*

Cleveland open cup digunakan sebagai tempat memanaskan aspal pada saat proses pengujian. *Cleveland open cup* berbentuk seperti cawan yang dilengkapi dengan pegangan yang berfungsi untuk mengangkat *cleveland open cup* ketika masih panas.



Gambar 17. *Cleveland open cup*

2) Batang penyulut api

Batang penyulut api digunakan untuk menghantarkan api dari nyala penguji yang selanjutnya dilewatkan diatas permukaan aspal.



Gambar 18. Batang penyulut api

3) Penjepit termometer

Penjepit ini digunakan untuk menjepit termometer agar ujung dari termometer yang digunakan tidak menyentuh dasar dari cawan,

sehingga suhu yang terbaca murni dari panas aspal pada saat pengujian titik nyala dan titik bakar aspal berlangsung.



Gambar 19. Penjepit termometer

3. Alat pembuat benda uji

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji meliputi *mould*, pengeluar benda uji, penumbuk benda uji beserta landasan penumbukan, kompor listrik, termometer, bak pengaduk, piring, kertas penyaring, spatula dan sarung tangan.

a. *Mould*

Mould atau alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dengan tinggi 7,62 cm. *Mould* yang digunakan berjumlah 2 buah dan berfungsi sebagai cetakan benda uji.



Gambar 20. *Mould*

b. Bak pengaduk

Bak pengaduk ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan ukuran kira-kira panjang 30 cm, lebar 20 cm dan kedalaman sekitar 10-15 cm. Bak ini berfungsi sebagai wadah untuk memanasi dan mencampur bahan-bahan campuran benda uji secara keseluruhan seperti aspal dan agregat hingga mencapai suhu maksimum pencampuran yang sudah ditentukan.



Gambar 21. Bak pengaduk

c. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbukan

Alat penumbuk benda uji mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Dalam penumbukan benda uji juga dilengkapi dengan landasan pematat yang terdiri dari pelat baja berbentuk persegi dengan ukuran 20,32 x 20,32 cm dan tebal sekitar 3 cm.



Gambar 22. Penumbuk benda uji

4. Alat pengujian benda uji dengan metode *marshall*

Alat untuk melakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji diantaranya alat *marshall test* model 76-B0038/CB serial nomor 06118321, bak perendam, kompor listrik, sarung tangan dan lain-lain.



Gambar 23. *Marshall test*

E. Bahan Penelitian

Bahan dalam suatu penelitian dibedakan menjadi dua, yakni bahan yang akan diuji dan bahan penunjang sebagai bahan yang menunjang proses pengujian. Bahan penelitian dalam praktikum ini adalah sebagai berikut:

1. Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pertamina penetrasi 60/70.



Gambar 24. Aspal

2. Serbuk batu bata

Serbuk batu bata yang dihasilkan dari pecahan batu bata merah sebagai bahan pengisi (filler) yang digunakan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm).



Gambar 25. Serbuk batu bata

3. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan merupakan agregat yang berasal dari Kali Progo, Yogyakarta.



Gambar 26. Agregat halus

4. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan berasal dari agregat batu pecah dari Gunung Merapi.



Gambar 27. Agregat kasar

5. Semen *portland*

Semen *portland* dengan merk holcim digunakan sebagai bahan tambah.



Gambar 28. Semen *Portland*

6. Minyak tanah

Minyak tanah berfungsi sebagai pembersih alat-alat yang terkena aspal setelah pengujian.



Gambar 29. Minyak Tanah

F. Tahap-tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilaksanakan sesuai dengan diagram penelitian, yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan

Alat yang digunakan ialah menggunakan alat yang dimiliki oleh Laboratorium Jalan Raya Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, sedangkan untuk bahan agregat kasar maupun agregat halus dibeli dari toko bahan bangunan. Aspal pen 60/70 yang digunakan diperolah dari pertamina. Semua alat dan bahan dipersiapkan dan dicek kondisinya sebelum digunakan di laboratorium.

2. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan bakar, serta pengujian berat jenis aspal. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI.

Tabel 8. Acuan pengujian aspal

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60	70	mm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	53	-	°C
3.	Titik nyala dan titik bakar	SNI 06-2433-1991	232	-	°C
4.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	1,0	-	gr/cc

3. Pengujian agregat kasar meliputi pengujian analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air. Acuan yang digunakan dalam pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 9. Acuan pengujian agregat kasar.

Tabel 9. Acuan pengujian agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Gradasi agregat	SNI 03-1968-1990	-	-	-
2.	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	2,5	-	gr/cc

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
3.	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	-	3	%

4. Pengujian agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air. Acuan yang digunakan dalam pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 10. Acuan pengujian agregat halus.

Tabel 10. Acuan pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min.	Maks.	
1.	Berat jenis	SNI 03-1970-1990	2,5	-	gr/cc
2.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	-	3	%

5. Pengujian *filler* meliputi pengujian berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu. Untuk acuan yang digunakan dalam pengujian *filler* yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Acuan pengujian *filler*

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Berat jenis	AASHTO T-89-81	-	-	gr/cc

6. Perencanaan campuran

Urutan proses atau dapat disebut tahapan dalam menentukan campuran benda uji adalah sebagai berikut:

- Menentukan kadar bahan tambah semen *portland* masing-masing benda uji yaitu sebanyak 2% dari berat total campuran.
- Menentukan kadar *filler* serbuk batu bata masing-masing benda uji sebanyak 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat total agregat sesuai dengan acuan penelitian yang digunakan.
- Menentukan kadar aspal masing-masing benda uji yaitu sebesar 6,5% dari berat total campuran sesuai dengan acuan penelitian.

- d. Menentukan jenis gradasi agregat gabungan untuk campuran, yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi agregat gabungan jenis AC-BC dan memakai batas tengah dari tiap-tiap presentase lolos saringan.
- e. Menghitung kebutuhan berat bahan untuk masing-masing benda uji sesuai dengan variasi yang sudah direncanakan. Data komposisi bahan campuran masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 12 hingga Tabel 13.

Tabel 12. Persentase komposisi bahan campuran benda uji

No.	Kadar <i>filler</i> serbuk batu bata (%)	Kadar aspal (%)	Kadar agregat kasar (%)	Kadar agregat halus (%)	Kadar semen (%)
1.	0	6,5	60	38	2
2.	5	6,5	60	33	2
3.	10	6,5	60	28	2
4.	15	6,5	60	23	2

Tabel 13. Berat komposisi bahan campuran benda uji

No.	Kadar <i>filler</i> serbuk batu bata (gr)	Kadar aspal (gr)	Kadar agregat kasar (gr)	Kadar agregat halus (gr)	Kadar semen (gr)
1.	0	78	673,2	426,36	22,44
2.	56,1	78	673,2	370,26	22,44
3.	112,2	78	673,2	314,16	22,44
4.	168,3	78	673,2	448,8	22,44

7. Pembuatan benda uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan semua bahan benda uji seperti aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* serbuk batu bata dan bahan tambah semen *portland* yang sudah tersusun rapi dalam bungkus plastik sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan.

- b. Menyiapkan semua peralatan pembuatan benda uji yang dibutuhkan di laboratorium.
- c. Memanaskan aspal sampai suhu aspal mencapai 110°C sebelum dicampur dengan agregat.
- d. Memanaskan agregat, semen *portland* dan *filler* sambil diaduk-aduk sampai suhu mencapai 120°C.
- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang sudah ditentukan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dan agregat. Semua bahan diaduk-aduk sampai tercampur secara merata. Suhu maksimal pencampuran bahan ditetapkan sekitar 160°C.
- f. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) lengkap dengan alas cetakan yang sudah diolesi minyak pelumas dan dipanaskan. Lalu langkah selanjutnya memberi kertas penyaring atau lakmus di bagian dasar cetakan atau diatas alas cetakan.
- g. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan dengan alat spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- h. Langkah selanjutnya dilakukan penumbukkan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali.
- i. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.

- j. Memberi kode pengenal pada benda uji sesuai dengan kebutuhan agar tidak tertukar-tukar dengan benda uji yang lain.
- k. Benda uji kemudian didiamkan hingga mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
 - l. Benda uji kemudian direndam selama \pm 24 jam.
 - m. Setelah benda uji direndam selama \pm 24 jam, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam lalu dibersihkan menggunakan kain lap sampai keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan.
 - n. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD (saturated surface dry).
 - o. Setelah itu, benda uji ditimbang di dalam air untuk mendapatkan nilai berat benda uji dalam air.
- p. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat *marshall* terhadap masing-masing benda uji.

8. Pengujian dengan alat *marshall*

Dalam pengujian dengan alat *marshall* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Benda uji diukur diameter dan tebal sebelum pengujian.
- b. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan diberi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- c. Meletakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan.

Selanjutnya meletakkan bagian atas kepala penekan dan kemudian

meletakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat ditengah alat pembebanan.

- d. Menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin pengujian. Selanjutnya diatur kedudukan jarum arloji penekan.
- e. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm per menit, kemudian dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun.
- f. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat *marshall*.
- g. Benda uji lalu diukur diameter dan tebal setelah pengujian.

9. Analisa dan pembahasan

Sesuai dengan acuan penelitian-penelitian terdahulu, penelitian ini akan fokus pada pembahasan mengenai pengaruh kualitas dari campuran aspal beton terhadap karakteristik *marshall* yang meliputi: kepadatan (density), VIM, VMA, VFA, peleahan (flow), stabilitas dan MQ (marshall quotient).