

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Metode dan Desain Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan dan Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Tujuan dari penelitian ini secara umum adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan plastik *polyethylene* (PE) terhadap nilai karakteristik *marshall*. Benda uji dibuat sebanyak 12 buah, benda uji yang ditambahkan plastik PE dengan persentase 0,5%, 1%, dan 1,5% masing-masing 3 buah benda uji, menjadi 9 benda uji, sedangkan benda uji untuk kontrol atau tanpa penambahan plastik PE sebanyak 3 benda uji. Serta juga menyiapkan 7 buah benda uji untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan persentase 5% - 8% dengan selisih 0,5% tiap benda ujinya.

Dalam penelitian ini pengujian dilakukan setara bertahap, yaitu dimulai dari pengujian aspal, pengujian agregat, dan pengujian campuran dengan metode *marshall*. Pengujian terhadap agregat meliputi analisis saringan, berat jenis dan penyerapan, untuk agregat halus lolos saringan No. 16, 30, 50, 100, dan 200 sedangkan untuk agregat kasar lolos saringan ukuran 1 inch,  $\frac{3}{4}$  inch,  $\frac{1}{2}$  inch,  $\frac{3}{8}$  inch, No. 4, dan No. 8. 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 mengetahui nilai dari *density*, *void in mix* (VIM), *void in mineral aggregate* (VMA), *void filled with asphalt* (VFA), *flow*(peleahan), stabilitas dan *Marshall Quotient* (MQ)

Penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui campuran marshall yang telah dibuat, baik menggunakan bahan tambah plastik PE maupun tidak menggunakan bahan tambah.

Berikut ini adalah cara menentukan jumlah benda uji dari masing-masing variabel bebas adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Kode Notasi dan Jumlah Benda Uji KAO

No.	Notasi Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah
1.	KAO.1	5 %	1
2.	KAO.2	5,5 %	1
3.	KAO.3	6 %	1
4.	KAO.4	6,5 %	1
5.	KAO.5	7 %	1
6.	KAO.6	7,5 %	1
7.	KAO.7	8 %	1

Keterangan:

KAO.1 = Kadar Aspal Optimum 1

Tabel 8. Kode Notasi dan Jumlah Benda Uji

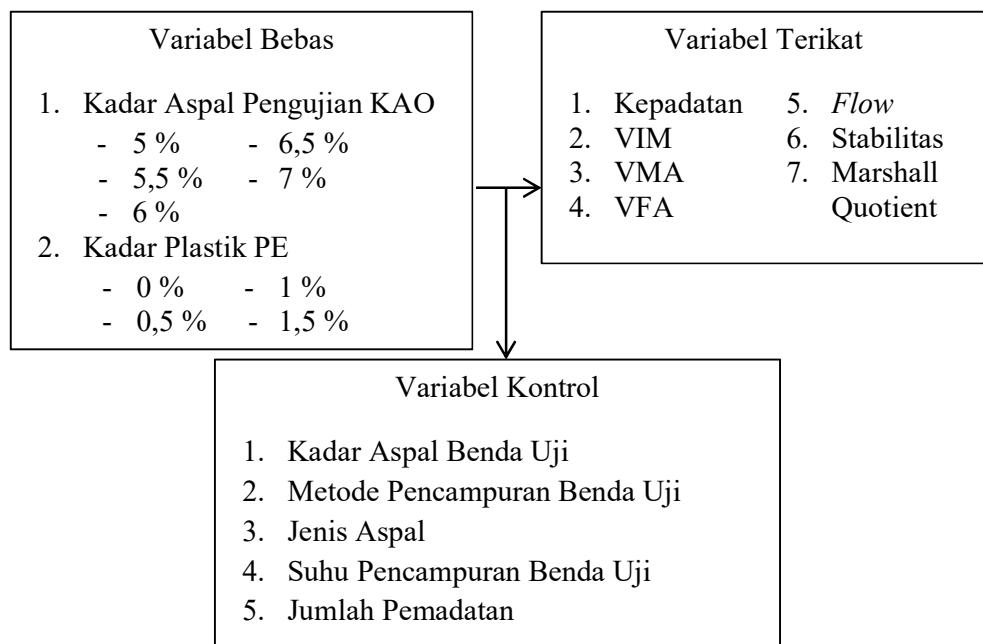
No.	Notasi Benda Uji	Jumlah	Keterangan
1.	BK	3	Benda Uji 0% penambahan plastik
2.	0,5PE	3	Benda Uji 0,5% penambahan plastik
3.	1PE	3	Benda Uji 1% penambahan plastik
4.	1,5PE	3	Benda Uji 1,5% penambahan plastik

Keterangan:

BK = Benda Kontrol

## B. Variabel Penelitian

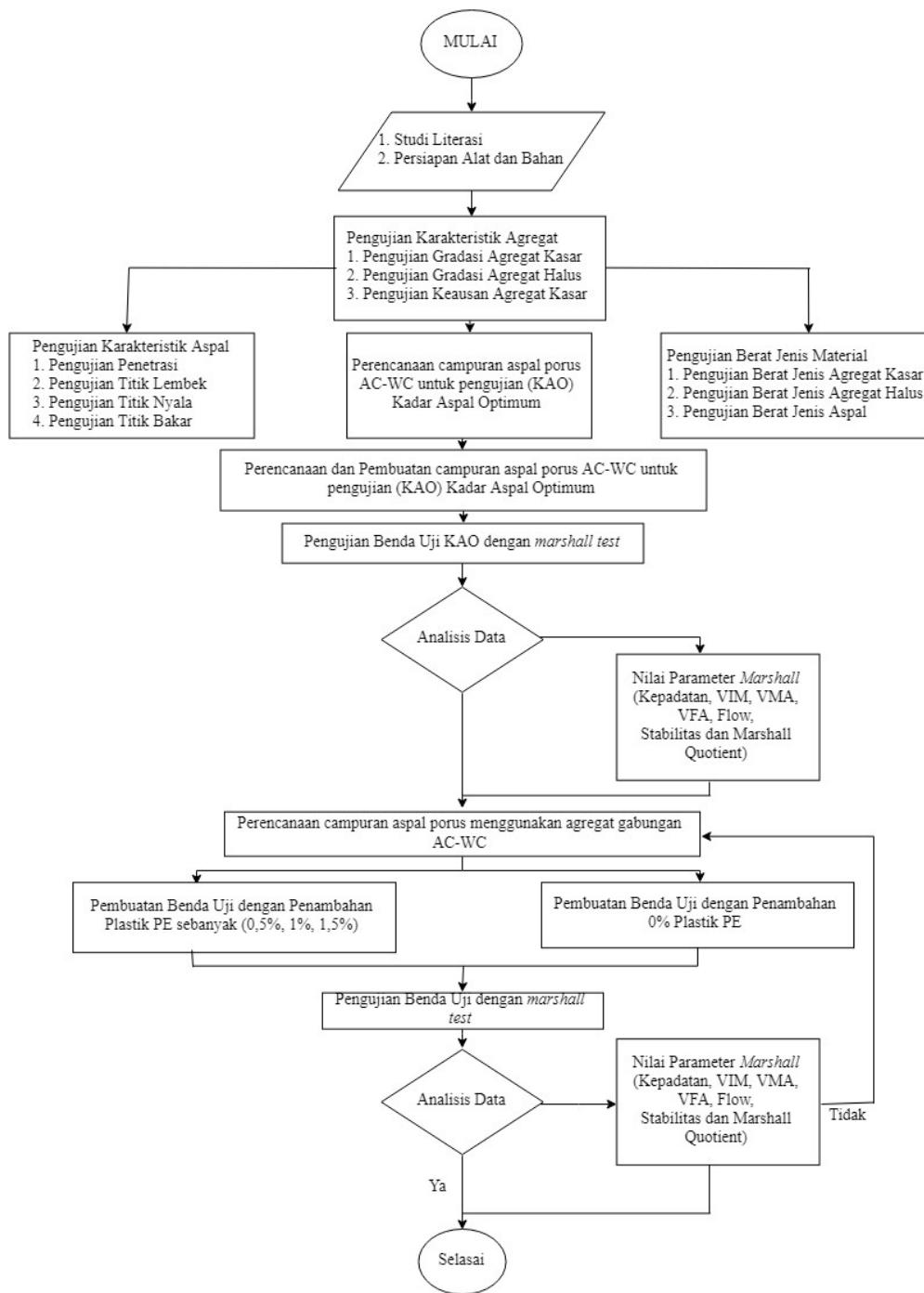
Menurut Sugiyono (2006), variabel penelitian dibedakan menjadi 3 jenis yaitu variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Pada setiap variabel memiliki hubungan satu dengan yang lain. Berikut hubungan antar ketiga variabel yang dilakukan dalam melakukan eksperimen yaitu:



Gambar 1. *Flowchart* hubungan variabel penelitian.

## C. Diagram Penelitian

Diagram alur penelitian merupakan runtutan lajur penelitian yang dilakukan dalam perancangan benda uji, pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan analisis data hasil pengujian benda uji. Dimana dalam diagram alur dibawah ini terbagi menjadi beberapa yaitu studi literasi, pengujian karakteristik material, perencanaan benda uji, pembuatan benda uji, dan analisis data hasil pembuatan benda uji.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

## **D. Peralatan Penelitian**

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

### 1. Alat Pengujian Penetrasi Aspal

#### a. Penetrometer

Penetrometer adalah alat yang digunakan untuk 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.

Alat penetrometer dapat melepas pemegang jarum untuk bergerak secara vertikal tanpa gesekan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum ke dalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat. Berat pemegang jarum 47,5 gram  $\pm$  0,05 gram. Pemegang jaru harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat. Penetrometer dilengkapi dengan *waterpass* untuk memastikan posisi jarum dan pemegang jarum tegak ( $90^{\circ}$ ) ke permukaan. Berat beban 50 gram  $\pm$  0,05 gram dan 100 gram  $\pm$  0,05 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi

pengujian yang diinginkan. *Penetrometer* telah dilengkapi dengan 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 keucut 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  $2,50 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$ . Jarum penetrasi yang akan digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria tersebut diatas disertai dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang.

b. *Stopwatch*

*Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu ketika proses penetrasi.



Gambar 3. *Penetrometer*



Gambar 4. *Stopwatch*

c. Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah aspal padat. Dalam SNI-2456-2011:3, cawan terbuat dari logam atau gelas yang berbentuk silinder dengan dasar rata dan berukuran diameter 55 cm dan tinggi 35 cm.



Gambar 5. *Cawan*

2. Alat Pengujian Titik Lembek Aspal

a. Bola Baja

Bola yang terbuat dari baja yang memiliki diameter 9,5 mm. Setiap bola mempunyai berat  $3,5 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$ . Bola baja berfungsi sebagai beban saat pemeriksaan titik lembek

sehingga nantinya dapat mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin.



Gambar 6. Bola Baja

b. Cincin Kuningan

Cincin yang terbuat dari bahan kuningan yang berfungsi sebagai tempat aspal saat pengujian titik lembek. Cincin kuningan ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan aspal yang akan diuji.



Gambar 7. Cincin Kuningan

c. Termometer

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu. Pada pengujian ini digunakan untuk mengukur suhu ruang dan suhu akhir aspal.



Gambar 8. Termometer

d. Dudukan benda uji

Dudukan benda uji merupakan alat yang digunakan untuk meletakkan benda uji yang telah diletakan 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 (SNI 2434-1991).

e. Kawat Kassa

Kawat kassa digunakan sebagai alas tabung ukur atau gels ukur ketika dalam proses pemanasan. Hal ini bertujuan agar tabung ukur tidak bersinggungan langsung dengan kompor sehingga pertambahan panas tidak terlalu banyak dan menyebabkan gelas ukur atau tabung ukur pecah.



Gambar 9. Dudukan Benda Uji



Gambar 10. Kawat Kassa

f. Kompor Listrik

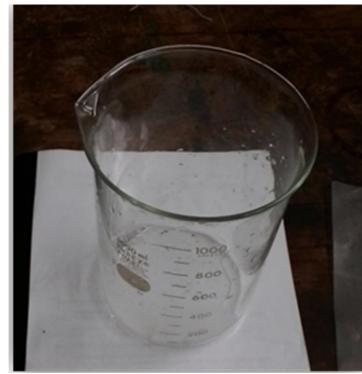
Kompor listrik merupakan kompor yang bekerja dengan aliran energi listrik dalam pemakaiannya. Dalam pengujian ini kompor listrik berfungsi untuk memanaskan aspal yang akan diuji.



Gambar 11. Kompor Listrik

g. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan wadah yang berisi air es untuk merendam aspal yang diletakkan dalam dudukan benda uji.

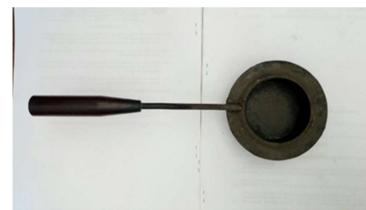


Gambar 12. Gelas Ukur

3. Alat Pengujian Titik Nyala dan Bakar

a. *Cleveland Open Cup*

*Cleveland open cup* merupakan cawan yang digunakan sebagai wadah aspal yang akan dipanaskan. *Cleveland open cup* berbentuk seperti cawan yang dilengkapi dengan pegangan yang berfungsi mengangkat *cleveland open cup* ketika masih panas.



Gambar 13. *Cleveland Open Cup*

b. Penjepit *Thermometer*

Penjepit termometer digunakan untuk menjepit termometer yang digunakan untuk mengukur suhu aspal ketika dipanaskan.



Gambar 14. Penjepit Termometer

4. Alat Pengujian Berat Jenis Aspal

a. Neraca *Ohauss*

Neraca *Ohauss* adalah alat ukur massa benda dengan ketelitian dengan 0,01 gram. Prinsip kerja neraca ini adalah sekadar membanding massa benda yang akan diukur dengan anak timbangan.



Gambar 15. Neraca *Ohauss*

b. *Picnometer* Labu

*Picnometer* labu adalah *picnometer* dengan bentuk leher tabung mengerucut kecil, berbahan kaca dengan penanda volume cairan.



Gambar 16. *Picnometer* Labu

5. Alat Pengujian Agregat

a. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat agregat. Pada pengujian agregat digunakan 3 jenis timbangan yaitu timbangan *ohauss* tiga lengan, neraca *ohauss* dengan ketelitian 0,01 gram dan timbangan digital.



Gambar 17. Timbangan

b. Satu Set Ayakan Agregat

Satu set saringan adalah saringan dengan ukuran 37,5 mm (3"); 50,8 mm (2"); 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.



Gambar 18. Satu Set Ayakan Agregat

c. 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.

d. *Los Angles Machine*

*Los Angles Machine* merupakan mesin untuk menguji pengujian keausan agregat kasar, dengan bentuk silinder besi dengan ukuran diameter dalam 711 mm atau 28 inch dan panjang 508 mm atau 20 inch (SNI 2417-2008), mesin ini akan memutar agregat beserta bola baja didalamnya sebanyak 100 sampai 500 putaran.

## 6. Alat Pembuat Benda Uji

### a. *Moulding*

*Moulding* 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. *Moulding* digunakan sebagai cetakan campuran aspal panas agar berbentuk sesuai dengan standar.

### b. Alat Penumbuk Benda Uji beserta Alas Tumbukan

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 19. *Moulding*



Gambar 20. Alat Penumbuk dan alas

c. *Ejector*

*Ejector* merupakan alat untuk mengeluarkan benda uji dari *moulding* dengan sistem kerja mengeluarkan benda uji secara perlahan

d. 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

7. Alat Pengujian Benda Uji dengan Metode Marshall

a. *Marshall Test Machine* 76-B0038/CB

*Marshall Test Machine* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji dengan kapasitas 2500 kg atau sekitar 5000 pon, dimana dalam cincin penguji tersebut

dilengkapi dengan arloji atau *dial* dengan ketelitian 0,0025 mm yang berfungsi untuk mengukur stabilitas benda uji. Kecepatan penekanan dari *marshall test machine* ini adalah sekitar 50 mm/menit.



Gambar 22. *Marshall Test Machine*

#### **E. Bahan Penelitian**

Bahan dalam suatu pengujian dibedakan menjadi dua, yakni bahan yang akan diuji dan bahan penunjang sebagai penunjang proses pengujian. Bahan pengujian dalam praktikum ini adalah aspal, sedangkan bahan penunjangnya adalah agregat halus, agregat kasar, plastik PE, dan minyak tanah.

##### **1. Aspal**

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini merupakan aspal penetrasi 60/70



Gambar 23. Aspal

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan merupakan agregat kasar dari Gunung Merapi yang didapat dari *quarry* di Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta. Agregat diambil dengan ukuran maksimal 2 cm.



Gambar 24. Agregat Kasar

## 3. Agregat Halus

Agregat halus yang dipakai merupakan agregat halus Kali Progo yang diambil dari *stop pile* di kampus Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta.



Gambar 25. Agregat Halus

## 4. Plastik PE

Plastik PE yang digunakan merupakan plastik PE yang dibeli dari toko plastik Empat Puluh berupa lembaran lalu dipotong kecil-kecil 0,5–1 cm



Gambar 26. Plastik PE

#### 5. Kertas Pelapis

Kertas pelapis digunakan untuk melapisi bagian dasar *moulding* agar campuran tidak langsung bersinggungan dengan *moulding*.



Gambar 27. Kertas Pelapis

#### 6. Pelumas

Pelumas digunakan untuk mengolesi moulding pada saat benda uji akan dicetak, dengan tujuan agar benda uji dapat dikeluarkan dengan mudah.

#### 7. Kerosin

Kerosin atau minyak tanah adalah bahan *hidrokarbon* yang dapat melarutkan aspal, karena sifatnya dapat melarutkan maka kerosin dipakai untuk membersihkan peralatan pengujian yang terkena aspal.



Gambar 28. Pelumas (Oli)



Gambar 29. Kerosine

## F. Tahap-tahap Penelitian

### 1. Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian karakteristik aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar. Adapun standar yang dijadikan sebagai acuan adalah Standar Nasional Indonesia meliputi:

Tabel 9. Acuan Pengujian Karakteristik Aspal

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Syarat		Satuan
			Min	maks	
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	50	-	Mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	53	-	°C
3	Titik Nyala dan Bakar	SNI 06-2433-1991	232	-	°C

#### a. Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi dilakukan dengan acuan SNI 06-2456-1991, dengan langkah-langkah proses pengujian sebagai berikut:

- 1) Menuangkan sampel aspal ke cawan pengujian hingga batas yang ditentukan
- 2) Merendam cawan kedalam air es hingga suhu aspal berada pada suhu 25°C
- 3) Meletakkan cawan pada alat *penetrometer* sesuai dengan posisi

- 4) Mengatur jaru penetrasi agar tepat diatas permukaan aspal  $\pm 0,1$  mm dan mengatur posisi jarum arloji
- 5) Menyiapkan *stopwatch* lalu menekan tombol penetrasi hingga 5 detik dan membaca angka yang ditunjukan oleh arloji.

b. Pengujian Titik Lembek

Pengujian titik lembek dilakukan dengan SNI 2434-1991 dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel aspal ke dalam cincin pengujian dan meletakkan kedalam landasan pelat
- 2) Menyiapkan kompor listrik dan kawat kassa
- 3) Mengisi air kedalam tabung kaca atau gelas ukur sesuai dengan batas yang ditentukan.
- 4) Meletakkan landasan pelat ke dalam gelas ukur lalu meletakkan *thermometer* ke dalam gelas ukur dan meletakkan bola baja di atas cincin.
- 5) Mengamati serta menghitung waktu setiap kenaikan suhu sebesar  $5^{\circ} C$  dan menghitung waktu pada saat bola baja jatuh hingga menyentuh dasar landasan.

c. Pengujian Titik Nyala dan Bakar

Pengujian titik nyala dan bakar dilakukan dengan acuan SNI 06-2433-1991, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel aspal dan memasukan ke dalam cawan *Cleveland open cup* hingga batas yang ditentukan.
  - 2) Menjepit *thermometer* ke penjepit serta mengatur posisinya lalu menyiapkan kompor listrik untuk pemanasan aspal.
  - 3) Memulai *stopwatch* bersamaan dengan menyalakan kompor dan mengamati kenaikan suhu aspal ketika dipanaskan.
  - 4) Menyulut aspal dengan tongkat penyulut setiap kenaikan  $2^{\circ}\text{C}$ .
  - 5) Mengamati setiap nyala api akibat sulutan lalu mencatat titik nyala aspal dan titik bakar aspal.
2. Pengujian Berat Jenis Material

Pengujian berat jenis material bertujuan mengetahui berat jenis serta sifat material, dan acuan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 10. Acuan Pengujian Berat Jenis Material

No .	Jenis Pengujian	Acuan	Syarat		Satuan
			Min	maks	
1	Berat Jenis Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990	2,5	-	gr/cc
2	Berat Jenis Agregat Halus	SNI 03-1970-1990	2,5	-	gr/cc
3	Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	1	-	gr/cc
4	Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990	-	3	%
5	Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1970-1990	-	3	%

a. Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1969-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan kerikil sebagai sampel benda uji sebanyak 2 kali 2,5 kg.
- 2) Merendam kerikil selama 24 jam  $\pm$  4 jam.
- 3) Mengangkat dan meniriskan kerikil hingga SSD lalu menimbang kerikil SSD sebanyak 2,5 kg.
- 4) Memasukan kerikil seberat 2,5 kg kedalam keranjang lalu memasukan keranjang yang berisi kerikil kedalam ember yang telah di isi air.
- 5) Mengangkat kerikil dari air dan meniriskan lalu mengoven kerikil selama 24 jam  $\pm$  4 jam.
- 6) Mengangkat kerikil dari oven lalu menimbang kerikil kering oven.

b. Berat Jenis Agregat Halus

Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1970-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan pasir sebagai sampel benda uji sebanyak 2 kali 500 gram.
- 2) Merendam pasir selama 24 jam  $\pm$  4 jam.

- 3) Meniriskan dan menghamparkan pasir hingga SSD, memeriksa SSD pasir dengan kerucut kuningan lalu menimbang pasir SSD seberat 500 gram
- 4) Menimbang tabung ukur kosong lalu mengisi tabung ukur dengan air sesuai batas yang ditentukan dan menimbang tabung ukur berisi air.
- 5) Memasukan 500 gram pasir SSD kedalam tabung ukur berisi air lalu menimbang tabung ukur berisi air dan pasir
- 6) Mengisi kembali air kedalam tabung ukur hingga batas yang ditentukan lalu menimbang kembali tabung ukur.
- 7) Mengeluarkan pasir dari dalam tabung ukur dan mengoven pasir selama  $24 \text{ jam} \pm 4 \text{ jam}$
- 8) Mengeluarkan pasir dari oven lalu menimbang berat pasir kering oven.

c. Berat Jenis Aspal

- Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan acuan SNI 2441:2011, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:
- 1) Menyiapkan aspal seberat 10 gram lalu membuat menjadi bulatan-bulatan kecil
  - 2) Menimbang picnometer kosong lalu mengisi *picnometer* dengan air sesuai dengan batas yang ditentukan dan menimbang picnometer berisi air

3) Memasukan bulatan-bulatan aspal kedalam picnometer berisi air

lalu menimbang *picnometer* yang berisi air dan aspal

4) Mengisi picnometer kembali dengan air hingga batas yang

ditentukan lalu menimbang kembali *picnometer*

### 3. Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat bertujuan untuk mengetahui sifat material, adapun acuan yang digunakan dalam pengujian tersebut adalah:

Tabel 11. Acuan Pengujian Karakteristik Agregat

No .	Jenis Pengujian	Acuan	Syarat		Satuan
			Min	maks	
1	Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angles	SNI 2417-2008	50	-	Mm
2	Pengujian Gradasi Agregat Kasar	SNI 03-1968-1990	53	-	°C
3	Pengujian Gradasi Agregat Halus	SNI 03-1968-1990	232	-	°C

#### a. Pengujian Keausan Agregat

Pengujian keausan agregat dengan *los angles machine* dilakukan dengan acuan SNI 2417-2008, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1) Mengoven kerikil selama 24 jam  $\pm$  4 jam

2) Menimbang kerikil sebanyak 5 kg

3) Menyiapkan mesin *los angles*

- 4) Memasukkan kerikil kedalam mesin *los angles* lalu mengoperasikan mesin agar berputar 500 putaran
- 5) Mengeluarkan kerikil dari mesin *los angles* lalu mengayak kerikil dengan ayakan No. 4 dan menimbang kerikil yang tertahan ayakan No. 4.

b. Pengujian Gradasi Agregat Kasar

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1968-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Mengoven kerikil selama 24 jam  $\pm$  4 jam.
- 2) Menimbang kerikil sebanyak 5 kg.
- 3) Menyiapkan saringan dan menyusun sesuai dengan urutan dan menuangkan kerikil ke dalam saringan dari urutan teratas.
- 4) Menggoyangkan susunan saringan selama 15 menit lalu melepas saringan satu persatu.
- 5) Menaruh agregat yang tertinggal dari masing-masing fraksi ke piring lalu menimbang berat.

c. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1968-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Mengoven pasir selama 24 jam  $\pm$  4 jam.
- 2) Menimbang pasir sebanyak 5 kg.

- 3) Menyiapkan saringan dan menyusun sesuai dengan urutan dan menuangkan pasir ke dalam saringan dari urutan teratas.
  - 4) Menggoyangkan susunan saringan selama 15 menit lalu melepas saringan satu persatu.
  - 5) Menaruh agregat yang tertinggal dari masing-masing fraksi ke piring lalu menimbang berat.
4. Perencanaan dan 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 dan bahan tambah plastic PE yang sudah tersusun dalam bungkus plastic sesuai dengan komposisi rencana.
- b. Menyiapkan semua peralatan pembuatan benda uji yang dibutuhkan di laboratorium
- c. Memanaskan aspal hingga suhu  $110^{\circ}\text{C}$  lalu memasukan bahan tambah plastik PE dan mengaduk hingga suhu  $260^{\circ}\text{C}$  agar tidak terdapat gumpalan pada campuran aspal dan bahan tambah
- d. Memanaskan agregat hingga suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sambil diaduk-aduk
- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang sudah ditetapkan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dan agregat. Semua bahan diaduk-aduk sampai tercampur secara merata. Suhu maksimal campuran bahan ditetapkan sekitar  $160^{\circ}\text{C}$ .

- f. Menyiapkan *mould* dan alat penumbuk beserta alas tumbukan lalu *mould* dipanaskan hingga suhu  $110^{\circ}\text{C}$
- g. Meletakkan *mould* pada alas tumbukan dan mengolesi bagian dalam *mould* dengan pelumas lalu memberi kertas pelapis dan diletakan di dasar *mould*
- h. Memasukan semua bahan yang sudah dicampur pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan menggunakan spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- i. Langkah selanjutnya dilakukan penumbukan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak  $2 \times 75$  kali.
- j. Setelah melakukan pengumbukan *mould* didiamkan supaya suhunya menurun lalu benda uji dikeluarkan dari *mould* menggunakan ejector
- k. Memberi kode pengenal pada benda uji agar tidak tertukar dengan benda uji lainnya.
- l. Benda uji didiamkan sampai agak mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji kering
- m. Benda uji kemudian direndam selama  $\pm 24$  jam.
- n. Setelah benda uji direndam selama  $\pm 24$  jam, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam lalu dibersihkan menggunakan kain

lap sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan.

- o. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD
- p. Benda uji di timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, kemudian dilakukan pengujian dengan alat *Marshall* terhadap masing-masing benda uji.

#### 5. 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 diolesi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- c. Meletakkan benda uji sesuai dengan posisi pada kepala penekan lalu memasang kepala penekan berisi benda uji pada alat pembebahan
- d. Kemudian menaikan kepala penekan hingga menentuh alas cincin penguji. Selanjutnya jarum arloji penekanan diatur
- e. Proses pembebahan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm per menit, kemudian dibaca pada saat arloji pembebahan berhenti dan mulai berputar menurun. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat *marshall*
- f. Benda uji lalu diukur diameter dan tebal setelah pengujian.