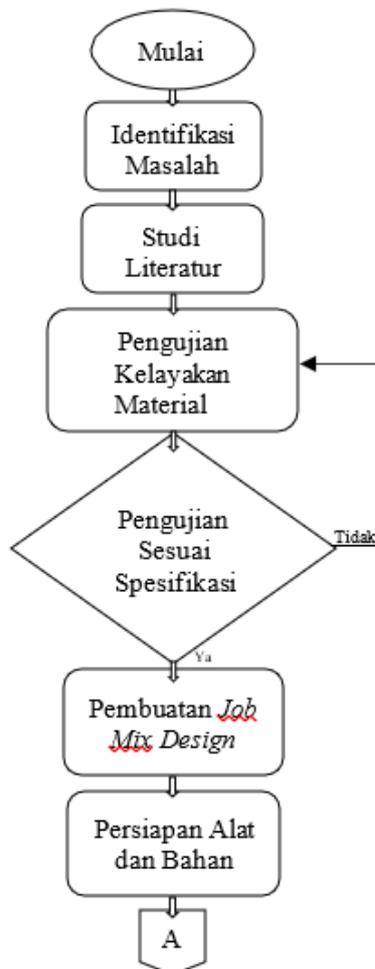


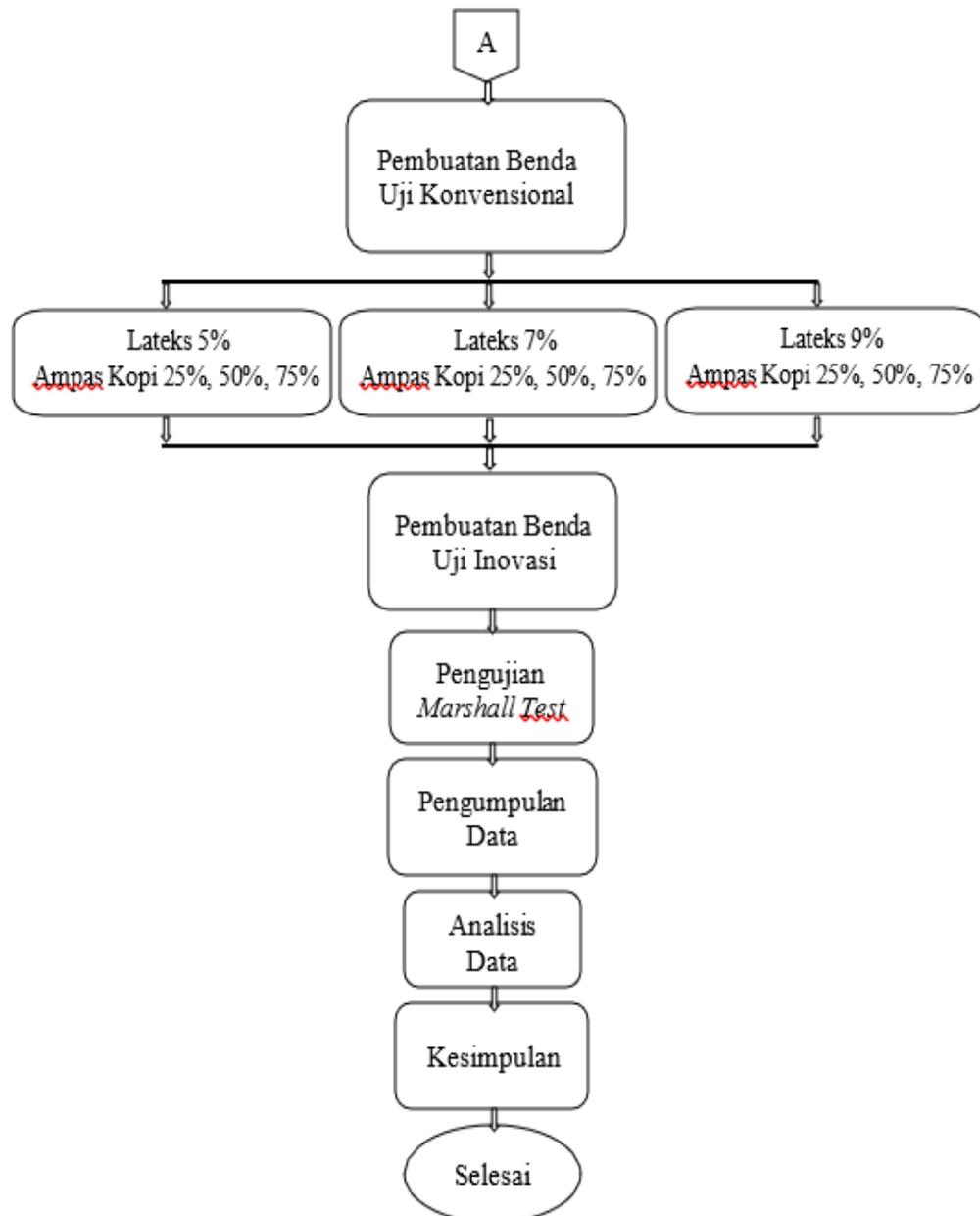
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan acuan syarat yang direncanakan untuk mengetahui hasil paling baik dari pengaruh substitusi lateks dan substitusi ampas kopi pada lapis aspal AC-WC terhadap uji stabilitas *marshall*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.

3.1 Diagram Alur Penelitian





Gambar 3.1 Bagan Alur Tahapan Penelitian

3.2 Pengujian Bahan untuk Pembuatan Benda Uji

3.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang terdiri dari beberapa fraksi batu pecah atau kerikil yang berukuran 19 mm ($3/4''$) sampai 4,75 mm (ayakan No.4). Agregat kasar yang pakai berasal dari Lab. Transportasi Undip dalam kondisi bersih, bebas dari tanah/lumpur, keras dan tidak mudah pecah serta dipisah masing-masing fraksi $3/4''$ dan fraksi $1/2''$.

1. Berat jenis dan penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis agregat dan nilai penyerapan air dalam agregat kasar menurut SNI 1969-2016. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara massa padat agregat dengan massa air volume yang sama. Sedangkan penyerapan adalah kemampuan agregat dalam menyerap air dari keadaan kering sampai jenuh (nilai maksimal 3%).



Gambar 3.2 Penimbangan Berat Jenuh Permukaan Kering (SSD)

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Pengujian Berat Jenis Agregat

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan $3/4''$, $1/2''$, dan $3/8''$	Agregat ukuran $3/4''$ (19,0 mm) sampai $1/2''$ (12,5 mm).
Timbangan	
Oven	Agregat ukuran $1/2''$ (12,5 mm) sampai $3/8''$ (9,5 mm).
Cawan	
Wadah perendam	Air
Keranjang kawat	
Kain / Lap	

b. Prosedur pengujian

- 1) Saring agregat dengan ayakan 3/4" (19,0 mm), 1/2" (12,5 mm) dan 3/8" (9,5 mm). Ambil agregat yang tertahan saringan 1/2" dan tertahan saringan 3/8", bersihkan agregat tersebut agar terhindar dari kotoran atau debu yang menempel kemudian keringkan sampai berat tetap.
- 2) Siapkan sampel agregat 3/4" sebanyak ± 3000 gr dan agregat 1/2" sebanyak ± 2000 gr. Kemudian rendam selama 15 – 19 jam untuk mengetahui nilai penyerapan.
- 3) Setelah direndam, selanjutnya masukan sampel kedalam air dengan keranjang kawat sambil diguncangkan agar udara dapat keluar. Timbang berat agregat dalam air (BA).
- 4) Angkat sampel agregat, kemudian keringkan permukaan dengan lap. Timbang berat agregat dalam kondisi jenuh permukaan kering (BJ).
- 5) Keringkan sampel agregat dengan oven sampai berat konstan pada suhu (110 ± 5) °C. Timbang berat agregat kering (BK).

2. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian *los angeles abrasion* bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan (maksimal 30%). Keausan diperoleh dari perbandingan berat awal agregat dengan berat agregat setelah dilakukan abrasi menggunakan mesin *los angeles* sesuai standar SNI 2417-2008.



Gambar 3.3 Pengujian Keausan *Los Angeles*

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.2 Peralatan dan Bahan Pengujian Abrasi *Loss Angeles*

Nama Alat	Nama Bahan
Mesin <i>los angeles abration</i>	Agregat gradasi B (ukuran 3/4" - 1/2" dan 1/2" - 3/8").
Bola baja (4585 gram)	
Timbangan	
Cawan	
Oven	
Saringan No.12 (1,70 mm)	

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel agregat gradasi B dengan ukuran 3/4" dan 1/2", bersihkan dan keringkan sampai berat tetap. Timbang masing-masing sampel (2500 ± 10) gram, catat sebagai berat awal (B_a).
- 2) Masukkan sampel agregat dan 11 bola baja ke dalam mesin abrasi *Los Angeles*. Putarkan dengan kecepatan (30 - 33) rpm sebanyak 500 kali.
- 3) Setelah pemutaran selesai, keluarkan sampel agregat kemudian saring menggunakan saringan No.12 (1,70 mm).
- 4) Ambil sampel agregat yang tertahan saringan No.12, cuci sampel dan keringkan sampai berat tetap dengan suhu oven (110 ± 5) °C. Timbang dan catat sampel agregat sebagai berat akhir (B_t).

3. Penyelimutan dan Pengelupasan Agregat - Aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase kelekatan pada campuran agregat - aspal dengan cara perkiraan secara visual persentase agregat tertutup aspal (minimal 95%) sesuai metode SNI 2439-2011.

**Gambar 3.4** Pengujian Kelekatan Agregat - Aspal

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.3 Peralatan dan Bahan Pengujian Kelekatan Agregat – Aspal

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan 3/8 dan 1/4	Agregat ukuran 3/8" (9,5 mm) sampai 1/4" (6,3 mm)
Timbangan	
Cawan	Aspal Pen 60/70
Oven	Air
Spatula	
Beaker / Gelas Ukur (600 ml)	

b. Prosedur pengujian

- 1) Saring agregat dengan saringan 3/8" (9,5 mm) dan 1/4" (6,3 mm).
Ambil agregat yang tertahan di saringan 1/4" sebanyak ± 100 gram.
- 2) Panaskan agregat pada suhu (135 - 149) °C selama ± 1 jam, kemudian panaskan aspal pen 60/70 hingga mencair.
- 3) Campurkan aspal cair sebanyak (5,5 \pm 0,2) gram kedalam agregat.
Aduk selama 2-3 menit sampai permukaan agregat terselimuti aspal.
Diamkan sampai mencapai suhu ruang ($\pm 25^\circ\text{C}$).
- 4) Isi *beaker*/gelas ukur ± 400 ml air, masukkan campuran tersebut kemudian diamkan terendam selama 16-18 jam.
- 5) Amati selaput aspal yang mengambang di permukaan dan perkirakan persentase secara visual agregat yang tertutupi aspal.

4. Pengujian Jumlah Material Lolos Saringan No.200

Pengujian ini untuk mengetahui persentase jumlah butiran yang lolos atau lebih kecil dari ukuran 0,075 mm pada agregat kasar (maksimal 1%) dengan metode pencucian yang berdasarkan SNI ASTM C117-2012.

**Gambar 3.5** Penimbangan Material Lolos No.200 pada Agregat Kasar

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.4 Peralatan dan Bahan Pengujian Material Lolos Ayakan No.200

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan No. 200 (0,075 mm)	Agregat ukuran 3/4" (19 mm) sampai 3/8" (9,5 mm)
Timbangan	
Oven	Air

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel agregat ukuran 3/4" - 3/8" minimal 2500 gram (sesuai SNI ASTM C117-2012), catat berat sebelum dicuci (Ba).
- 2) Lakukan pencucian kemudian disaring dengan ayakan No.200 sampai beberapa kali hingga air jernih (tidak keruh) pada sampel agregat.
- 3) Keringkan sampel agregat dengan oven sampai berat konstan pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- 4) Timbang dan catat berat setelah dicuci (Bt).

3.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran agregat yang lolos saringan no.8 (2,38 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm) dengan sebaran ukuran dari kasar hingga halus, namun ukuran yang dominan adalah agregat halus.

1. Berat jenis dan penyerapan

Pengujian berat jenis agregat halus bertujuan untuk menentukan massa jenis curah (*bulk*), massa jenis kering permukaan jenuh (SSD), massa jenis semu (*apparent*), dan nilai penyerapan (*absorption*) agregat halus menurut SNI 1970-2016.

**Gambar 3.6** Penimbangan Berat Jenis Agregat Halus

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.5 Peralatan dan Bahan Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Nama Alat	Nama Bahan
<i>Picnometer</i> 500 ml	Pasir 500 gr
Batang penumbuk	Abu Batu 500 gr
Timbangan	Air suling
Termometer	
<i>Cone</i>	
Saringan No. 4	
Oven	

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel agregat halus (pasir dan abu batu). Saring agregat dengan No.4 (4,75 mm) sampai No.200 (0,075 mm).
- 2) Keringkan sampai berat konstan pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Ambil ± 500 gram sampel pasir dan abu batu yang lolos saringan No.4
- 3) Rendam sampel selama 15 - 19 jam, untuk mengetahui penyerapan. Diamkan di suhu ruang $(25 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- 4) Keringkan secara merata dengan udara biasa atau dibantu dengan kipas angin. Pastikan sampel dalam kondisi SSD.
- 5) Masukkan sampel agregat halus pada kerucut (*cone*) sampai penuh dan diratakan, kemudian tumbuk sebanyak 25 kali. Angkat kerucut dan amati keruntuhannya.

**Gambar 3.7** Pengujian SSD Sampel Agregat Halus

- 6) Timbang *picnometer* berisi air pada suhu 25°C. catat berat air (BA).
- 7) Masukkan sampel kedalam *picnometer*. Periksa selisih berat *picnometer* + sampel dan berat kosong, pastikan berat sampel sama.
- 8) Tambahkan air sampai 90% kedalam *picnometer* dan kocok untuk menghilangkan gelembung udara. Biarkan *picnometer* yang berisi sampel agregat halus selama 24 jam pada suhu 25°C.
- 9) Tambahkan air sampai tanda batas. Timbang *picnometer* + *filler* + air, catat sebagai berat total (BT).
- 10) Keluarkan sampel dan keringkan dengan oven sampai berat konstan pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Timbang dan catat sebagai berat kering (BK).



Gambar 3.8 Penimbangan Berat dengan *Picnometer*

2. Pengujian Jumlah Material Lolos Saringan No. 200

Pengujian ini untuk mengetahui kehilangan material pada agregat halus dari proses pencucian yang dinyatakan dalam persentase (maks. 10%) sesuai dengan metode SNI ASTM C117-2012.



Gambar 3.9 Pencucian Material Lolos No.200 Agregat Halus

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.6 Peralatan dan Bahan Pengujian Lolos Saringan No. 200

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan No.200 (0,075 mm)	Pasir 300 gr
Timbangan	Abu Batu 300 gr
Oven	Air

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel agregat halus (pasir dan abu batu), keringkan sampai berat konstan (110 ± 5) °C.
- 2) Timbang massa min. 300 gr (ukuran $\leq 4,75$ mm sesuai ASTM C117), catat berat sebelum dicuci (Ba).
- 3) Lakukan pencucian kemudian disaring dengan ayakan No.200 sampai beberapa kali hingga air jernih (tidak keruh) pada sampel agregat.
- 4) Keringkan pasir dan abu batu dengan oven sampai berat konstan (110 ± 5) °C. Timbang dan catat berat setelah dicuci (Bt).

3. Pengujian Nilai Setara Pasir (*Sand Equivalent*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase material plastis (lempung, tanah liat, kotoran) yang melekat pada agregat halus dengan cara perbandingan skala pembacaan pasir terhadap skala pembacaan lumpur (nilai minimum 50%) dengan metode SNI 03-4428-1997.

**Gambar 3.10** Pengukuran Skala Nilai Setara Pasir

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.7 Peralatan dan Bahan Pengujian *Sand Equivalent*

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan No. 4 (4,75 mm)	Pasir 1500 gr
Gelas ukur	Abu batu 1500 gr
Corong	Larutan CaCL ₂
Beban pemberat	Aquades / Air
Penutup (plastik dan karet)	<i>Glycerine</i>

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel pasir dan abu batu yang lolos ayakan no. 4 (4,75 mm), ambil masing-masing sebanyak ± 1500 gram.
- 2) Masukkan larutan CaCL₂ kedalam gelas ukur sampai skala 5
- 3) Masukkan sampel kedalam gelas ukur sebanyak 85 ml, padatkan sampel untuk mengeluarkan udara, diamkan selama ± 10 menit.
- 4) Tutup gelas ukur, kemudian kocok sebanyak 90 kali selama 30 detik.
- 5) Tambahkan larutan sampai dengan skala 15, kemudian diamkan selama ± 20 menit. Catat skala pembacaan permukaan lumpur (A).
- 6) Masukkan beban pemberat kedalam gelas sampai permukaan pasir. Catat skala pembacaan pasir (B).
- 7) Tutup gelas ukur, kemudian kocok sebanyak 90 kali selama 30 detik. Biarkan sampel selama ± 24 jam.
- 8) Setelah 24 jam, baca dan catat skala pembacaan lumpur.

3.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler adalah material yang dijadikan sebagai bahan pengisi pada rongga antar agregat dalam campuran. Penambahan *filler* pada agregat ini akan meningkatkan kekentalan aspal sehingga dapat meningkatkan kekuatan campuran agregat aspal menurut SNI 03-1737-1989. Pada laston *Filler* yang digunakan memiliki berat antara 1% - 3% dari total berat. *Filler* harus bersih bebas dari bahan yang mengandung gumpalan dan lolos saringan No.200 minimal 75% dari beratnya.

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan

Pengujian berat jenis *filler* merupakan uji untuk menghitung berat jenis curah, berat jenis jenuh permukaan kering, berat jenis semu, dan nilai penyerapan air pada *filler* dengan metode sesuai pada SNI 1970-2016.



Gambar 3.11 Penimbangan Berat Jenis *Filler*

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.8 Peralatan dan Bahan Pengujian Berat Jenis *Filler*

Nama Alat	Nama Bahan
<i>Picnometer</i> 500 ml	Semen
Saringan No.200 (75 μ m)	Ampas kopi
Timbangan	Air suling
Oven	
Kipas angin	
Termometer	

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel *filler* (semen dan ampas kopi). Keringkan sampai berat konstan pada suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- 2) Saring dengan ayakan no.200. Ambil sampel yang lolos ± 300 gram masing-masing sampel *filler*.
- 3) Timbang berat *picnometer* yang diisi air pada suhu $25 ^\circ\text{C}$, catat sebagai berat air (BA).
- 4) Masukkan sampel *filler* kedalam *picnometer*. Periksa selisih berat *picnometer + filler* dan berat *picnometer* kosong. Pastikan berat sampel *filler* yang dianalisis sama dengan perhitungan.

- 5) Tambahkan aquades sampai 90% kedalam *picnometer*, hilangkan gelembung udara dengan cara dikocok. Tambahkan air hingga tanda batas. Biarkan *picnometer* yang berisi sampel *filler* selama 24 jam.
- 6) Timbang *picnometer* + *filler* + air, catat sebagai berat total (BT).
- 7) Keluarkan sampel dan keringkan dengan oven sampai berat konstan pada suhu (110 ± 5) °C. Timbang dan catat sebagai berat kering (BK).

2. Material Lolos Saringan No. 200 pada *Filler*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase material yang lebih halus dari ukuran 75 μm (saringan no.200) pada *filler* dengan jumlah minimal 75% berdasarkan SNI ASTM C117-2012.



Gambar 3.12 Penumbukan pada *Filler* Ampas Kopi

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.9 Peralatan dan Bahan Pengujian Material Lolos No. 200

Nama Alat	Nama Bahan
Saringan No.200 (75 μm)	Semen
Timbangan	Ampas Kopi
<i>Sieve shaker</i>	

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan sampel *filler* (semen dan ampas kopi), lakukan penumbukan.
- 2) Pencucian hanya dilakukan pada limbah ampas kopi (semen tidak), keringkan dengan oven sampai berat konstan (110 ± 5) °C.
- 3) Ambil massa ± 300 gr, timbang dan catat berat sebelum disaring (Ba).
- 4) Lakukan penyaringan dengan ayakan No. 200 dengan bantuan alat *sieve shaker* selama ± 15 menit.
- 5) Keluarkan sampel yang berada di pan. Timbang dan catat berat (Bt).

3.2.4 Bahan Aspal

Aspal merupakan bahan pengikat dalam campuran beraspal. Bahan aspal yang dipakai adalah aspal pertamina tipe pen.60/70 dari Lab. Transportasi Undip. Sampel aspal harus dilakukan pengujian sifat-sifat (*properties*) aspal, pengujiannya antara lain penetrasi, berat jenis, t

1. Pengujian berat jenis aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan massa aspal dengan massa air pada volume dan suhu yang sama dengan acuan SNI 2441:2011. Pengujian berat jenis ini untuk mendapatkan berat jenis (Gs. Aspal), kemudian pengujian ini akan digunakan untuk menghitung BJ maksimum campuran beraspal (Gmm).



Gambar 3.13 Penimbangan Berat Aspal dengan *Picnometer*

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.10 Peralatan dan Bahan Pengujian Berat Jenis Aspal

Nama Alat	Nama Bahan
<i>Picnometer</i>	Aspal pen.60/70
Timbangan	Gliserin
Pemanas/kompor	Air suling
Termometer	
Wadah air	
Lap/kain	

b. Prosedur pengujian

- 1) Kalibrasi *picnometer*, dengan cara direndam pada air yang telah dipanaskan ± 30 menit.
- 2) Keringkan dengan lap, timbang berat *picnometer* kosong + tutup (A)

- 3) Isi *picnometer* dengan air suling sampai penuh, timbang berat *picnometer* + air (B). Setelah itu keringkan dengan lap/kain.
- 4) Panaskan aspal sampai cair (maksimal suhu 110°C).
- 5) Isi *picnometer* dengan aspal cair sampai $\pm 3/4$ bagian, biarkan sampai suhu 25°C. Kemudian timbang berat *picnometer* + aspal (C).
- 6) Tambahkan air pada *picnometer* sampai penuh. Timbang berat *picnometer* + aspal + air (D).

2. Pengujian Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penetrasi aspal keras pada suhu ruang (25 °C) sesuai dengan metode SNI 2456-2011. Jarum seberat 50 gram berukuran 1 mm ditusukkan ke dalam aspal dengan alat penetrometer dalam selang waktu 5 detik.



Gambar 3.14 Pengujian Penetrasi Aspal keras

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.11 Peralatan dan Bahan Pengujian Penetrasi Aspal

Nama Alat	Nama Bahan
Alat penetrometer	Aspal keras pen.60/70
Jarum penetrasi	Air
Pemberat (± 50 gram)	
Termometer	
Cawan logam	
Bak air	

b. Prosedur pengujian

- 1) Panaskan aspal pen. 60/70 dibawah suhu 110°C selama ± 30 menit. Sambil diaduk pelan sampai homogen.
- 2) Setelah aspal cair homogen, tuang kedalam cawan uji penetrasi.

- Tempatkan cawan berisi aspal dalam air dibiarkan selama 1 - 1,5 jam.
- 3) Tempatkan pemberat jarum (50 gram) diatas jarum, dengan berat (jarum + pemberat) sebesar 100 gr. Bersihkan jarum sebelum dipakai.
 - 4) Pindahkan cawan berisi sampel uji dibawah alat penetrasi.
 - 5) Putar jam penetrometer dan baca nilai hasil penetrasi dengan menekan jarum penunjuk dan catat angka yang dibulatkan ke 0,1 mm terdekat.
 - 6) Turunkan jarum secara pelan-pelan hingga ke permukaan dan angka 0 (nol) diatur pada jam penetrometer hingga jarum ditekan.
 - 7) Lepaskan penahan jarum sejajar dengan stopwatch ($5 \pm 0,1$) detik.
 - 8) Lakukan penusukan berulang kali minimal 5 kali dibeda lokasi untuk setiap benda uji pada minimal 1 cm dari tepi dinding.

3. Pengujian Titik Lembek Aspal

Uji titik lembek merupakan pengujian yang mengukur titik lembek aspal berdasarkan acuan SNI 2434-2011. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur suhu bola baja saat bergerak ke dalam lapisan aspal semen pada ring. Semen aspal bersentuhan dengan dasar pelat pada ring.



Gambar 3.15 Pengujian Titik Lembek Aspal

a. Peralatan dan bahan :

Tabel 3.12 Peralatan dan Bahan Pengujian Titik Lembek Aspal

Nama Alat	Nama Bahan
Penjepit	Aspal keras pen 60/70
Dudukan sampel	Air
Bejana gelas anti panas	Es Batu
Termometer	
Cincin berbahan kuningan	
Bola baja (9,53 mm)	
Pemanas	

b. Prosedur pengujian

- 1) Panaskan aspal ± 30 menit sampai cair, sambil diaduk pelan-pelan sampai homogen.
- 2) Setelah aspal homogen, tuangkan aspal kedalam dua cincin. Biarkan pada suhu minimal 8°C di bawah titik lembek selama ± 30 menit.
- 3) Atur jarak 1 inch antara plat bawah dan plat dudukan cincin.
- 4) Letakkan kedua cincin diatas plat dudukan cincin.
- 5) Tuangkan 1000 ml air suling kedalam bejana gelas dan tambahkan es batu, ukur suhu bejana sampai $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
- 6) Letakkan bola di atasnya kedua cincin, kemudian letakkan dudukan sampel kedalam bejana gelas.
- 7) Tempatkan termometer di antara dua sampel (lubang 12,7 mm).
- 8) Nyalakan pemanas uji pada suhu mulai 5°C . Catat setiap kenaikan suhu 5°C , 3 menit pertama interval pemanasan tidak melebihi $0,5^{\circ}\text{C}$.

4. Pengujian Daktilitas

Uji daktilitas merupakan uji elastisitas aspal keras ketika terikat pada agregat dalam campuran beraspal menurut SNI 2432-2011. Uji daktilitas dilakukan dengan meregangkan aspal keras dari dua cetakan pada suhu ruang (25°C) dengan kecepatan sebesar 5 cm/menit.

Ketentuan elastisitas aspal :

- < 100 cm = Getas
- $100 - 200$ cm = Plastis
- > 200 cm = Sangat plastis



Gambar 3.16 Pengujian Daktilitas Aspal

a. Peralatan dan bahan

Tabel 3.13 Peralatan dan Bahan Pengujian Daktilitas

Nama Alat	Nama Bahan
Mesin daktilitas	Aspal keras pen 60/70
Cetakan sampel	Gliserin
Termometer	Air

b. Prosedur pengujian

- 1) Siapkan cetakan sampel, oleskan gliserin ke cetakan.
- 2) Panaskan sampel aspal ± 150 gram hingga suhu antara 80°C dan 100°C di atas titik lelehnya, kemudian tuangkan sampel seluruhnya dari ujung cetakan yang satu ke ujung cetakan yang lain.

**Gambar 3.17** Benda Uji Pengujian Daktilitas

- 3) Dinginkan sampel dengan direndam selama 30-40 menit sampai mencapai suhu ruang $\pm 25^{\circ}\text{C}$
- 4) Setelah mencapai suhu ruang, kemudian keluarkan sampel dari bagian bawah dan lepas samping kanan-kiri cetakan.
- 5) Pasang sampel pada mesin daktilitas, lalu tarik sampel aspal dengan kecepatan 5 cm/menit hingga mencapai jarak maksimum dan putus.
- 6) Baca jarak antara kedudukan cetakan sampai sampel uji putus.

3.3 Pengolahan Bahan Tambahan

3.3.1 Pengolahan Limbah Ampas kopi

Limah ampas kopi yang digunakan adalah limbah setelah pembuatan kopi yang berasal dari kedai dan *coffe shop*, karena untuk pengumpulannya lebih gampang. Limbah ampas kopi diolah dengan tahapan sebagai berikut sebelum menjadi bahan pengisi aspal:

- 1) Bersihkan limbah ampas kopi dengan cara dicuci, karena ampas kopi tersebut merupakan limbah yang mungkin terdapat kotoran/material lain yang menempel.
- 2) Mengeringkan dengan oven selama ± 2 jam, kemudian biarkan pada suhu ruang sampai uap keluar ± 30 menit.
- 3) Lakukan penumbukan, kemudian saring dengan ayakan No.200 (0,075mm). Lakukan secara berulang sampai beberapa kali.
- 4) Saring bubuk ampas kopi sampai berat yang dibutuhkan tercukupi.



Gambar 3.18 Limbah Ampas Kopi

3.3.2 Pengolahan Lateks

Lateks yang digunakan dalam penelitian ini adalah getah dari pohon karet yang berbentuk cair. Lateks ini nantinya yang akan menjadi campuran aspal dalam pengujian daktilitas dan campuran benda uji dalam pengujian *marshall*. Pengolahan lateks dengan menyimpan dalam wadah yang tertutup dari udara agar tidak terjadi pengerasan dini.



Gambar 3.19 Getah karet / Lateks

3.4 Pembuatan Benda Uji

3.4.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum (KAO) adalah rata-rata campuran padat dari kisaran kadar aspal pada kepadatan yang diinginkan yang memenuhi seluruh komponen volume (VMA, VIM, VFB) dan parameter *Marshall* (stabilitas *Marshall*, *flow* (pelelehan), hasil bagi *Marshall*). Berikut rumus untuk perkiraan kadar aspal menurut *Asphalt Institute*:

$$P = 0,035a + 0,045b + cK + F$$

Variasi kadar aspal berikut akan digunakan sebagai pembuatan benda uji konvensional, kemudian benda uji tersebut dilakukan pengujian *marshall*, dari hasil pengujian akan diketahui kadar aspal yang optimum.

Tabel 3.14 Variasi Benda Uji Konvensional

Variasi	Kadar Aspal (%)	Benda Uji (buah)
XA	4 %	3
XB	4,5 %	3
XC	5%	3
XD	5,5 %	3
XE	6 %	3
Jumlah		15

3.4.2 Penentuan Variasi Kadar Lateks dan *Filler* Limbah ampas kopi

Penentuan rencana sampel untuk menentukan jumlah sampel variasi limbah ampas kopi dan lateks. Berikut rancangan variasi campurannya.

Tabel 3.15 Variasi Kadar Lateks dan Ampas Kopi

Variasi	Kadar Lateks (%)	Kadar Ampas Kopi (%)	Benda Uji
XA1,XA2,XA3	5%	25%	3
XB1,XB2,XB3		50%	3
XC1,XC2,XC3		75%	3
YA1,YA2,YA3	7%	25%	3
YB1,YB2,YB3		50%	3
YC1,YC2,YC3		75%	3
ZA1,ZA2,ZA3	9%	25%	3
ZB1,ZB2,ZB3		50%	3
ZC1,ZC2,ZC3		75%	3
Jumlah :			27

3.4.3 Peralatan Pembuatan Benda Uji

- 1) *Mold* / cetakan sampel dengan ukuran diameter 4" dan tinggi 3"



Gambar 3.20 Cetakan Sampel Benda Uji

- 2) Landasan yang dilapisi baja disertai dengan pemegang cetakan/ *mold*. Landasan harus tidak mudah bergerak, dipasangkan dengan di baut pada ujung sudutnya pada lantai beton.



Gambar 3.21 Landasan Pemasangan

- 3) Alat penumbuk berbentuk silinder dengan berat beban penumbuk sebesar 4638 gram dengan jarak jatuh bebas 457,2 mm.



Gambar 3.22 Alat Penumbuk

4) Teflon untuk memanasi aspal.

5) Timbangan digital



Gambar 3.23 Timbangan dan Teflon

6) Termometer aspal logam kapasitas hingga 200 °C.



Gambar 3.24 Termometer

7) Peralatan penunjang (kompor, wajan, gas, serokan).



Gambar 3.25 Kompor, Wajan, Gas, Serokan

3.4.4 Bahan Pembuatan Benda Uji

- 1) Aspal penetrasi 60/70
- 2) Agregat kasar Lolos saringan No. 3/4 dan No. 1/2 untuk bahan
- 3) Abu batu dan pasir yang lolos saringan No. 4
- 4) *Filler* berupa semen dan serbuk ampas kopi
- 5) Lateks / Getah pohon karet

3.4.5 Pembuatan Benda Uji Campuran

- 1) Siapkan komposisi sesuai rancangan, pisahkan masing-masing agregat (3/4", 1/2", pasir, abu batu, *filler*) dalam 1 (satu) variasi.
- 2) Panaskan aspal sampai mencair, dan timbang sesuai berat rencana.
- 3) Panaskan campuran agregat (3/4", 1/2", pasir, abu batu, *filler*) tidak lebih dari 10°C suhu campuran, antara suhu (135 – 145) °C.
- 4) Campurkan aspal dan agregat, ketika aspal mencapai viskositas yang disyaratkan (170 ± 20) centistokes atau pada suhu (145 – 155)°C.



Gambar 3.26 Pencampuran Agregat dan Aspal

- 5) Siapkan cetakan/*mold*, lapisi gliserin pada dasar dan dinding.
- 6) Masukkan campuran aspal panas kedalam *mold*.
- 7) Padatkan sampel dengan ditumbuk sebanyak 75 x 2 kali tumbukan.
- 8) Dinginkan sampel selama ± 24 jam dengan suhu ruang.

3.4.6 Pengukuran Benda Uji *Marshall*

- 1) Mengukur tinggi, untuk mengetahui volume.
- 2) Menimbang benda uji kering
- 3) Menimbang dalam air benda uji
- 4) Menimbang benda uji pada keadaan jenuh kering permukaan (SSD).

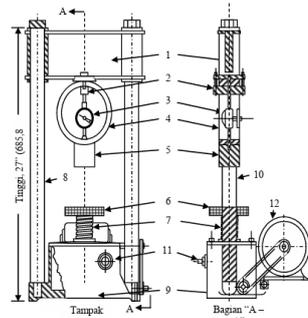


Gambar 3.27 Pengukuran Ketebalan / Tinggi Benda Uji

3.5 Marshall Test

Pengujian *marshall* menggunakan alat *marshall*, dengan tahap sebagai berikut:

3.5.1 Alat *marshall*



Sumber : AASHTO Designation T 245-97 (2004)

Gambar 3.28 Alat Marshall

- 1) Kepala Penekan (*Breaking Head*)
- 2) Cincin Pemegang (*Proofing Ring*)
- 3) Arloji pengukur stabilitas (*Dial stabilitas*)
- 4) Arloji pengukur pelelehan (*Dial flow*)
- 5) Tombol pengatur naik/turun tekanan

3.5.2 Tahapan Pengujian *Marshall Test*

- 1) Rendam benda uji selama 30-40 menit dalam penangas air pada suhu konstan $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.



Gambar 3.29 Perendaman dengan *Waterbath*

- 2) Keluarkan sampel dari *waterbath*. Letakkan pada penjepit uji *marshall*.
- 3) Pasang dial *flow* pada salah satu batang penutup. Atur jarum dial *flow* dan dial stabilitas pada angka nol (0).

- 4) Naikkan kepala penekan hingga menyentuh cincin penguji.
- 5) Berikan tekanan sampai dial stabilitas putar balik, menandakan telah mencapai pembebanan maksimum tercapai.
- 6) Catat dial stabilitas dan dial *flow* saat jarum mencapai titik balik.



Gambar 3.30 Pengujian dengan Alat *Marshall*

3.6 Pengolahan Data

Dalam rancangan output penelitian ini, mendapatkan data diolah dan disajikan grafik dari nilai KAO, daktilitas, dan nilai karakteristik *marshall* meliputi VIM, VMA VFB, Stabilitas, *Flow* dan MQ.

Dengan penambahan limbah ampas kopi dan lateks terhadap campuran aspal dapat meningkatkan karakteristik aspal beton sesuai dengan SNI 2489-2018. Adapun komposisi lateks yang dipakai adalah 5%, 7% dan 9% dari total berat aspal dan kadar ampas kopi yang digunakan adalah 25%, 50% dan 75% terhadap berat *filler*. Maka diharapkan komposisi campuran aspal beton dengan substitusi lateks dan limbah ampas kopi dapat dijadikan alternatif dalam membuat campuran aspal beton yang efisien dan ramah lingkungan.