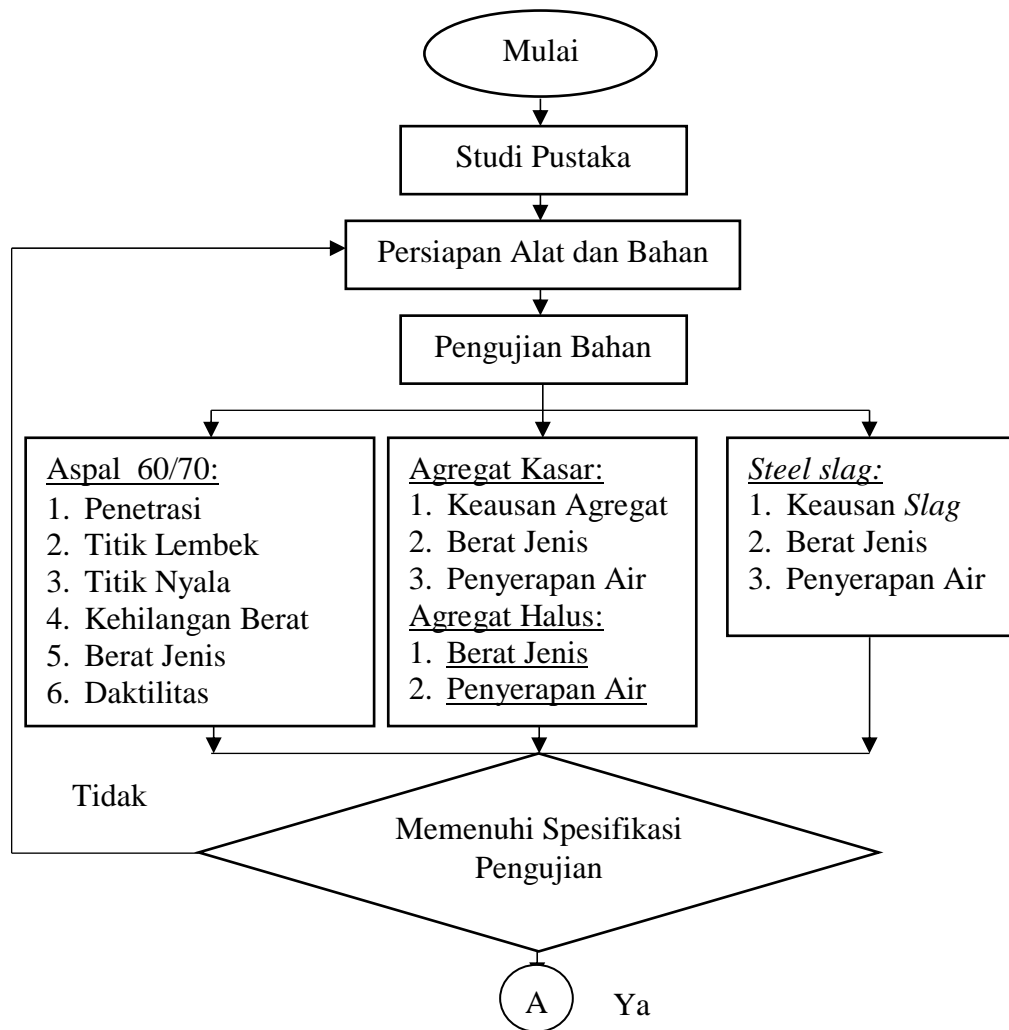


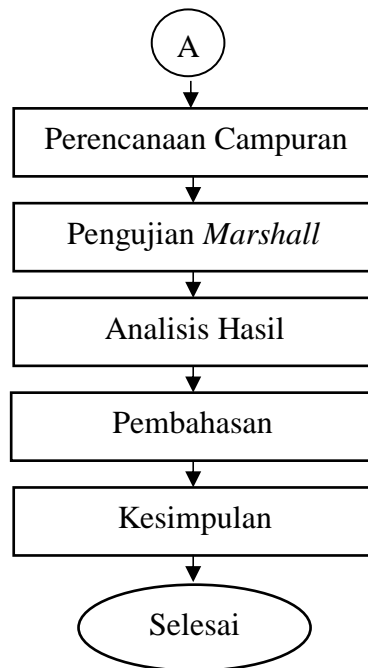
BAB IV METODE PENELITIAN

A. Bagan Alir Penelitian

Pelaksanaan pengujian dalam penelitian ini meliputi beberapa tahapan, yaitu pengujian bahan seperti pengujian agregat dan aspal, penentuan gradasi campuran serta dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Untuk lebih jelasnya, tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut ini.

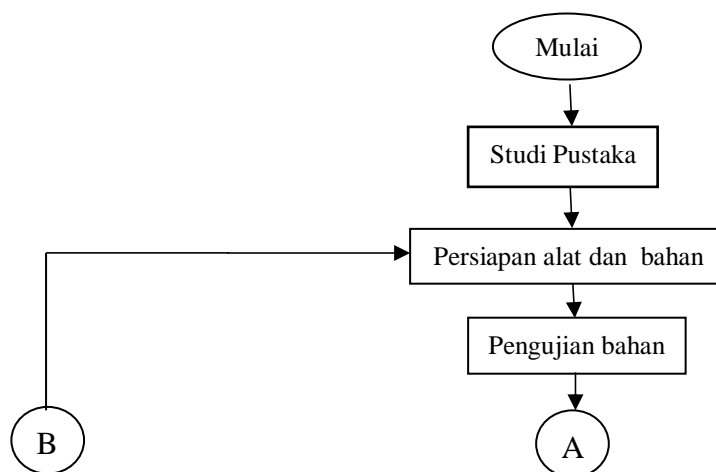


Gambar 4.1 Bagan Alir pengujian *Marshall* secara umum

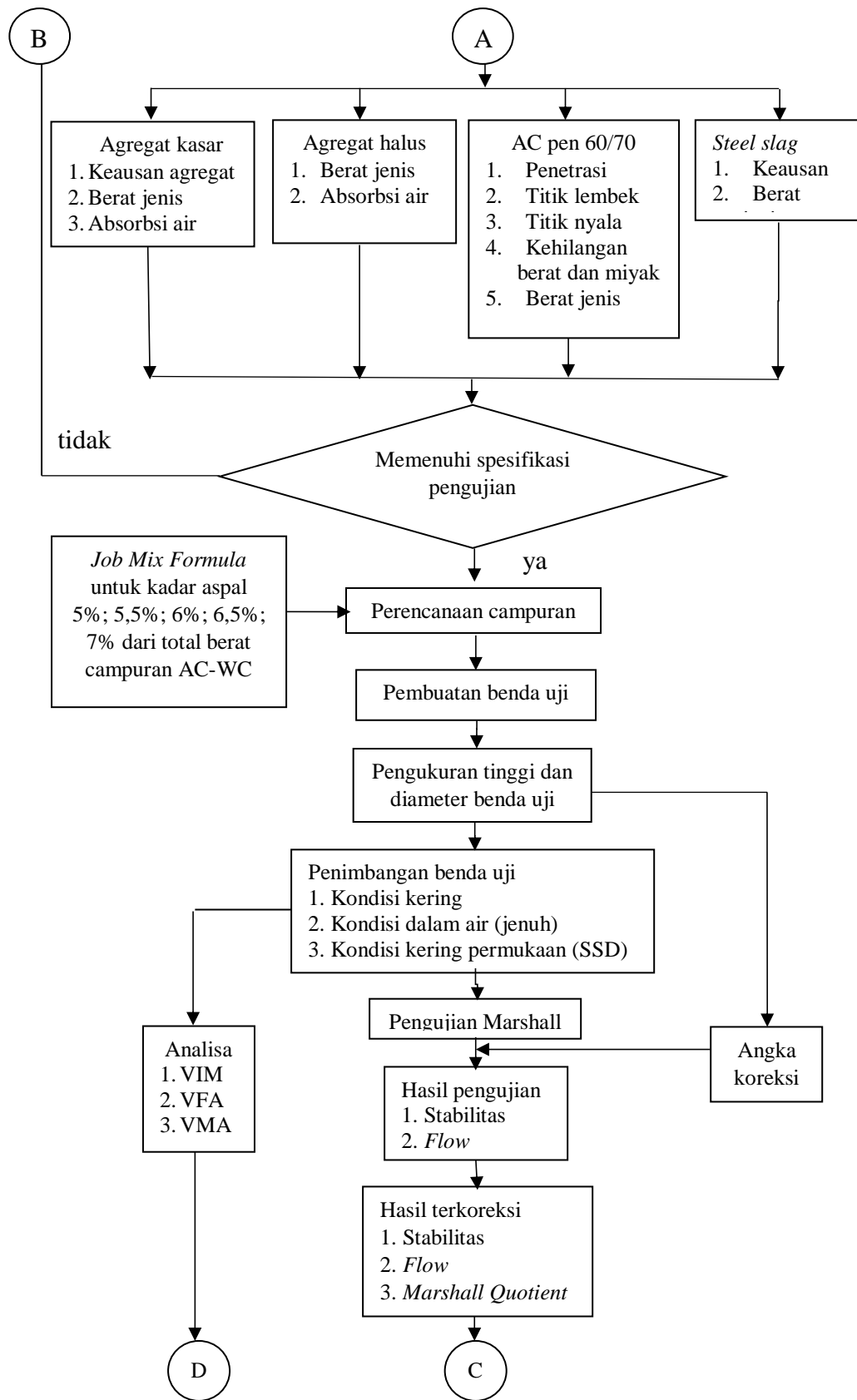


Gambar 4.1 Lanjutan

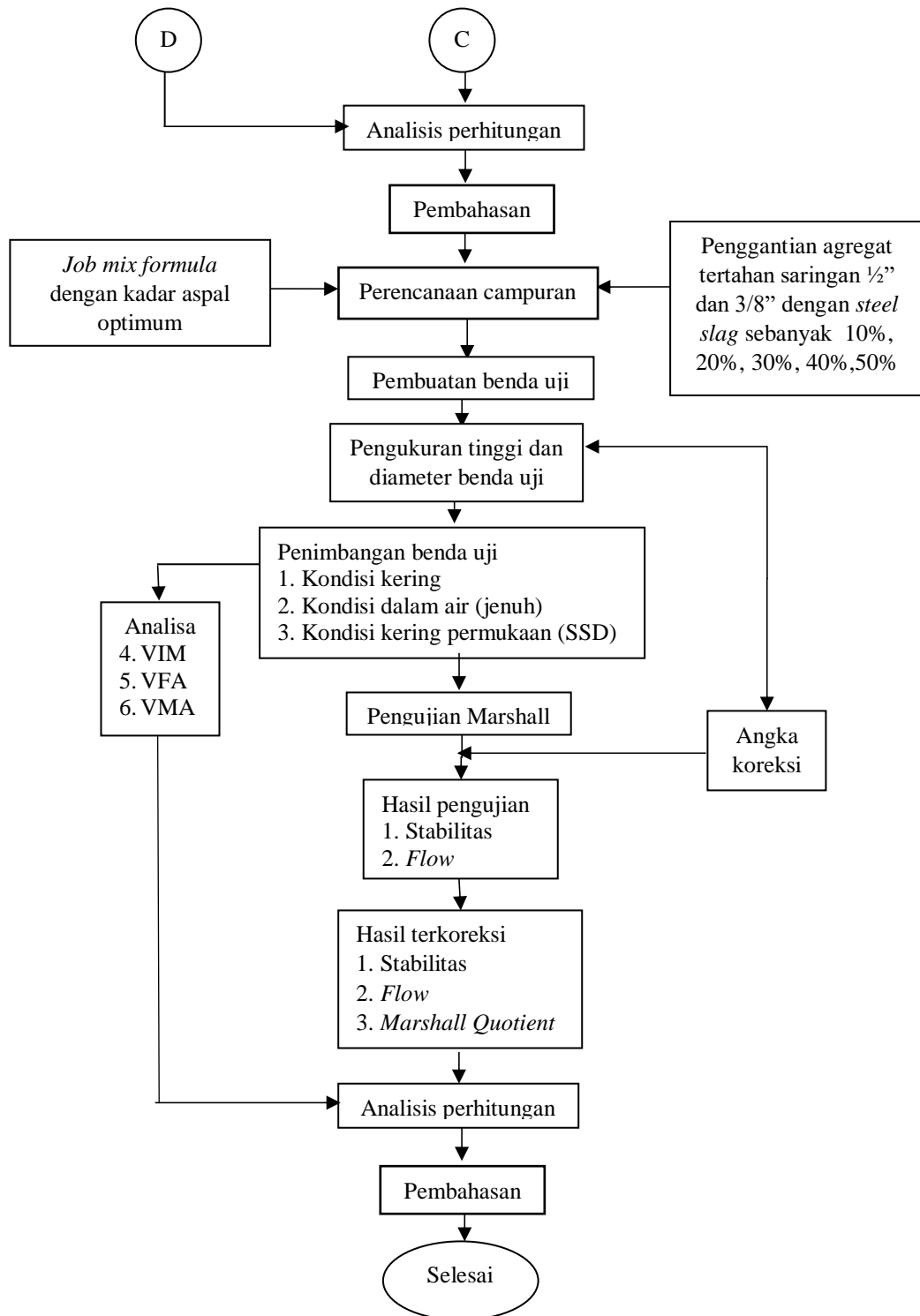
Pada penelitian ini, campuran yang digunakan merupakan campuran Laston Modifikasi (AC-Modifikasi) dimana dilakukan penggantian pada agregat kasar tertahan saringan 1/2” dan 3/8” dengan menggunakan limbah baja (*Steel slag*) sebanyak 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Tahapan penelitian laboratorium untuk campuran yang dimodifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian Campuran Modifikasi



Gambar 4.2 Lanjutan



Gambar 4.2 Lanjutan

B. Tahapan Penelitian

1. Tahap persiapan

Pada Tahap persiapan ini, hal yang perlu dipersiapkan adalah alat dan bahan. Bahan-bahan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, *steel slag*, dan aspal. Agregat kasar dan halus yang digunakan didapat dari Clereng, Kulonprogo Yogyakarta, Sedangkan *steel slag* yang digunakan adalah *steel slag* limbah pengolahan baja dari CV.Bonjour Jaya Ceper, Klaten, dan aspal yang dipakai adalah aspal yang didapatkan dari PT.Pertamina (Persero). Alat-alat yang digunakan adalah alat untuk pengujian agregat kasar, agregat halus, *steel slag*, dan aspal serta alat uji *Marshall*.

2. Pengujian bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, aspal dan *steel slag*. Bahan ini harus terlebih dulu dilakukan pengujian sesuai dengan metode yang digunakan. Pengujian agregat kasar dan agregat halus yang dilakukan harus memenuhi spesifikasi yang ditunjukkan oleh Tabel 4.1, untuk aspal yang diuji haruslah memenuhi spesifikasi pada Tabel 4.2, sedangkan untuk *steel slag* sebagai pengganti agregat kasar harus diuji berat jenis, keausan, dan kelekatan terhadap aspal.

Tabel 4.1. Metode pengujian agregat kasar dan halus

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
	magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	SNI 2417:2008	100 putaran	Maks. 6 %
			500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		100 putaran	Maks. 8%
			500 putaran	Maks. 40%

Tabel 4.1 Lanjutan

Pengujian	Standar	Nilai
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142- 1996	Maks. 2%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 (Revisi 3)

Tabel 4.2 Spesifikasi Aspal Keras 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Metoda Pemeriksaan	Aspal Pen. 60-70
1.	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70
2.	Viskositas Dinamis 60° C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240
3.	Viskositas Kinematis (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
4.	Titik Lembek (° C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5.	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100
6.	Titik Nyala (° C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7.	Kelarutan dalam Trichlorethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9.	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek (° C)	ASTM D 5976 part 6.1	-
10.	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)		
	Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :		
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
12.	Viskositas Dinamis 60° C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800
13.	Penetrasi pada 25 °C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
14.	Daktalitas pada 25 °C (cm)	SNI 2432 : 2011	≥ 100
15.	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 (Revisi 3)

Pengujian-pengujian yang dilakukan dalam pengujian bahan ini adalah sebagai berikut :

a. Pemeriksaan Penetrasi

Nilai penetrasi didapat dari uji penetrasi dari alat *penetrometer* pada suhu 25° C dengan beban 100 gram selama 5 detik, dilakukan sebanyak 5 kali.

Penelitian ini menggunakan jenis aspal keras dengan angka penetrasi 60/70 yang mengacu pada spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan, Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 (Revisi 3).

b. Pemeriksaan Titik Lembek

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengukur nilai temperatur saat bola-bola baja mendesar turun lapisan aspal yang ada pada cincin, hingga aspal tersebut menyentuh dasar pelat yang terletak dibawah cincin pada jarak 1 inchi, sebagai akibat dari percepatan pemanasan tertentu. Berat bola baja 3,45–3,55 gram dengan diameter 9,53 mm. Pemeriksaan ini diperlukan untuk mengetahui batas kekerasan aspal. Pengamatan titik lembek dimulai dari suhu 5° C sebagai batas paling tinggi sifat kekakuan dari aspal yang disebabkan oleh sifat termoplastik.

c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini untuk menentukan suhu dimana diperoleh nyala pertama di atas permukaan aspal dan menentukan suhu dimana terjadi terbakarnya pertama kali di atas permukaan aspal. Dengan mengetahui nilai titik nyala dan titik bakar aspal, maka dapat diketahui suhu maksimum dalam memanaskan aspal sebelum terbakar.

d. Pemeriksaan Kehilangan Berat

Pemeriksaan ini berguna untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan unsur–unsur aspal yang mudah menguap dalam aspal. Apabila aspal dipanaskan di dalam oven pada suhu 163° C dalam waktu 4,5 – 5 jam, maka akan terjadi reaksi terhadap unsur–unsur pada aspal, sehingga dimungkinkan sifat aspal akan berubah, hal ini tidak diharapkan pada lapis perkerasan lentur, untuk itu disyaratkan kehilangan berat aspal maksimum adalah 0,8% dari berat semula. Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi

Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 (Revisi 3).

e. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry* = SSD), berat jenis semu (*apparent*) dari agregat kasar. Nilai berat jenis agregat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2) – (3.9).

f. Pemeriksaan Keausan Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Tujuannya untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur oleh pengaruh mekanis ataupun kimia. Agregat yang akan digunakan pada konstruksi perkerasan harus mempunyai daya tahan terhadap gradasi yang mungkin timbul selama pencampuran, pemadatan, repetisi beban serta tahan terhadap desintegrasi yang menghancurkan agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada saat penimbunan, pemadatan, maupun repetisi beban, sedangkan desintegrasi didefinisikan sebagai pelapukan atau beda suhu. Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* ini menggunakan standar dengan nilai persyaratan maksimum 40%.

g. Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah presentase luas permukaan agregat yang diselimuti aspal terhadap permukaan agregat. Nilai kelekatan agregat terhadap aspal sesuai dengan yang dipersyaratkan di dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) adalah minimal 95%. Pengujian ini bertujuan untuk menguji ketahanan penyelimutan film aspal pada permukaan suatu agregat.

3. Perencanaan campuran

Kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kadar Aspal Optimum (KAO). KAO didapat dari pengujian KAO dengan variasi kadar

aspal dalam pengujian adalah sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dari total campuran agregat. Gradasi agregat yang digunakan untuk campuran Laston diambil dari gradasi tengah spesifikasi Laston seperti pada tabel 2.6. Sedangkan untuk *steel slag* yang akan digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari jumlah agregat yang tertahan pada saringan 1/2” dan 3/8”.

4. Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini, agregat yang digunakan ditimbang sesuai dengan perencanaan gradasi pada campuran AC-WC. Setiap saringan yang akan diganti dengan *steel slag* ditimbang dan diganti dengan *steel slag* sebanyak 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari berat total tertahan saringan tersebut. Setelah dilakukan penimbangan dan pencampuran agregat, lalu agregat dipanaskan hingga suhu 160°C, lalu agregat tersebut dicampur dengan aspal panas sesuai dengan hasil penelitian KAO yang telah didapatkan dengan suhu pencampuran 170 °C. Kemudian campuran aspal dan agregat tersebut dimasukkan kedalam cetakan untuk ditumbuk sebanyak 75x setiap sisinya. Benda uji dibuat sebanyak dua buah untuk setiap campuran, hal ini untuk mengurangi terjadinya galat yang mungkin terjadi.

5. Pengujian *Marshall*

Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya. Pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan prosentase gradasi yang diinginkan untuk masing-masing benda uji dengan berat campuran 1200 gram. Kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu 165 °C.

- 2) Agregat dipanaskan di oven dengan suhu 165 °C, sedangkan aspal dipanaskan dengan suhu 155 °C, kemudian aspal dicampur dengan agregat dengan dan diaduk merata sampai mendapatkan suhu 160 °C.
- 3) Setelah suhu pencampuran tercapai, lalu campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang sebelumnya diolesi oli terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.
- 4) Dilakukan pemadatan bolak balik dengan menumbuk dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali.
- 5) Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode.
- 6) Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm dan ditimbang berat benda uji kering.
- 7) Benda uji dimasukkan ke dalam air bersuhu 25 °C selama 5 menit dan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji dalam air.
- 8) Benda uji dikeluarkan dari bak dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*, SSD) kemudian ditimbang.
- 9) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu 60 °C selama 30 menit.
- 10) Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan diberi lapisan plastik agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- 11) Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada kedudukan di atas salah satu batang penuntun.
- 12) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.

- 13) Nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan dicatat pada saat pembebanan maksimum tercapai.

C. Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. *Steel slag*

Berdasarkan penelitian sebelumnya, didapatkan hasil kadar *steel slag* optimum sebesar 25%, sehingga pada penelitian ini penulis menggunakan komposisi *Steel slag* sebagai pengganti agregat kasar sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dari total agregat yang tertahan pada saringan 1/2” dan 3/8” .

2. Kadar aspal

Kadar aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah kadar aspal optimum yang didapat dari pengujian untuk mendapat nilai KAO dengan variasi kadar aspal yang diujikan yakni sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

Adapun jumlah benda uji yang diperlukan untuk menentukan KAO ditunjukkan pada Tabel 4.3, sedangkan jumlah benda uji yang diperlukan untuk variasi kadar *Steel slag* pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Jumlah benda uji yang diperlukan untuk menentukan KAO

Variasi Kadar Aspal	Laston
5%	2
5,5%	2
6%	2
6,5%	2
7%	2
TOTAL	10 sample

Tabel 4.4 Jumlah benda uji yang diperlukan untuk variasi *Steel slag*

Variasi Kadar Slag	Laston
10%	2
20%	2
30%	2
40%	2
50%	2
TOTAL	10 sample

Berdasarkan perencanaan jumlah di atas, benda uji/sampel yang digunakan adalah sebanyak 20 buah benda uji.

D. Presentasi Hasil

Data yang diperoleh dari hasil pengujian Marshall yang menjadi dasar perhitungan adalah *VIM*, *VFA*, stabilitas dan *flow*. Nilai stabilitas dan *flow* didapatkan dari pengujian menggunakan alat uji Marshall, sedangkan *VIM* dan *VFA* ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan (berat kering, berat kering permukaan dan berat dalam air). Dari data yang diperoleh dibuat suatu analisis hubungan yang disajikan dalam grafik hubungan antara :

1. Kadar *Steel slag* & aspal dengan *VIM*.
2. Kadar *Steel slag* & aspal dengan *VMA*.
3. Kadar *Steel slag* & aspal dengan *VFA*.
4. Kadar *Steel slag* & aspal dengan stabilitas.
5. Kadar *Steel slag* & aspal dengan *flow*.
6. Kadar *Steel slag* & aspal dengan *Quotient Marshall*