

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Metode Penelitian**

Metode penelitian adalah suatu cara mengambil, menganalisis data yang dilakukan untuk memecahkan masalah dari topik masalah yang diambil sebelumnya. Menurut Sugiyono (2010), metode penelitian adalah cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid, dengan tujuan yang ditemukan, dikembangkan dan dibuktikan, sehingga pada gilirannya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan, dan mengantisipasi masalah.

### **4.2 Metode Pengambilan Sampel**

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini adalah *non-probability sampling* yaitu jenis sampel tidak dipilih secara acak. Dimana menggunakan *purpositive sampling*, yaitu sampel yang diambil berdasarkan tujuan. Perlu diperhatikan dalam penelitian ini limbah serbuk ban karet bahwa sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditentukan berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan sampel serbuk ban bekas tertahan di saringan #50 yang diperoleh dari tempat penyulingan ban bekas daerah Yogyakarta. Agregat yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari penambangan kali kuning, Sleman, Aspal yang digunakan Pen 60/70 diperoleh dari PT.Pertamina, Cilacap dan air rendaman yang digunakan berasal dari Pantai Kaligawe, Utara Semarang.

### **4.3 Metode Pengambilan Data**

Metode ini dilakukan melalui beberapa prosedur untuk mendapatkan suatu simpulan dari hasil pengolahan dan analisis data yang diperoleh. Untuk mempermudah pengambilan data, maka dilakukan pengelompokan benda uji sehingga didapat data berupa nilai stabilitas, *flow*, *VITM*, *VMA*, *MQ*, *density*, *index of retained strength (IRS)*, *indirect tensile strength (ITS)*, permeabilitas, dan

*cantabro*. Pada penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

#### **4.4 Langkah-Langkah Penelitian**

Pada penelitian ini Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

##### **4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Bahan**

Material yang digunakan untuk pembuatan benda uji campuran aspal (60/70), limbah serbuk ban karet yang tertahan pada saringan No. 50 dan air asin yang berasal dari air laut Pantai Utara Kaligawe, Semarang. Dimana pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian pada sampel terlebih dahulu sebelum digunakan, bertujuan untuk mengetahui kelayakan suatu material yang nantinya akan digunakan. Pengujian material ini berpedoman pada SNI, *ASTM* dan spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Berikut ini adalah pengujian untuk agregat dan aspal.

##### **1. Pengujian agregat**

###### **a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 1969 : 2008)**

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry (SSD)* dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat kasar.

###### **b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970 : 2008)**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh atau *Saturated Surface Dry (SSD)* dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.

###### **c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (SNI 06-2439-1991)**

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.

- d. Pengujian analisa saringan, yang bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.
  - e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)  
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.
  - f. Pengujian keausan agregat (SNI-2417 : 2008)  
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.
2. Pengujian aspal
- a. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-1991)  
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, apakah aspal termasuk dalam kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*), dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.
  - b. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991)  
Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.
  - c. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)  
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan temperatur aspal dimana aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.
  - d. Pengujian daktilitas (SNI 06-2432-1991)  
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.
  - e. Pengujian kelarutan dalam karbon tetra klorida (*ASTM D5546*)  
Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam karbon tetra klorida.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

3. Pengujian air laut

Air laut merupakan salah satu komponen utama dalam bahan penelitian perendaman campuran lapis permukaan *Superpave*. Dalam penelitian ini diuji tingkat total keasaman beserta unsur-unsurnya yang diindikasikan merusak campuran tersebut. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Metode Pengujian pH

Derajat keasaman atau pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan, melalui konsentrasi ion hidrogen  $H^+$ . Metode yang digunakan sesuai dengan (SNI 06-6989.11-2004) tentang Air dan Air Limbah Bagian 11: Cara Uji Derajat Keasaman / pH. Alat pH meter yang digunakan dalam pengujian ini adalah *HF Scientific Digital Turbidity Meter Micro TPW*.

b. Kekeruhan

Kekeruhan adalah jumlah dari butir-butir zat yang tergenang dalam air. Metode yang digunakan sesuai dengan (SNI 06-6989.25-2005) tentang Air dan Air Limbah Bagian 25: Cara Uji Kekeruhan dengan *Nefelometer*.

c. TDS (*Total Dissolve Solid*)

*Total Dissolve Solid* yaitu ukuran zat terlarut (organik dan anorganik) yang terdapat pada sebuah larutan. Penyebab utama terjadinya TDS adalah bahan anorganik berupa ion-ion yang umumnya dijumpai diperairan. Metode yang digunakan sesuai dengan IK 5.4.44 dengan *electrommetry*.

#### 4.4.2 Persiapan Alat

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. Peralatan yang digunakan dalam penelitian, adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian fisik agregat, seperti mesin *Los Angeles*, saringan standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent*.

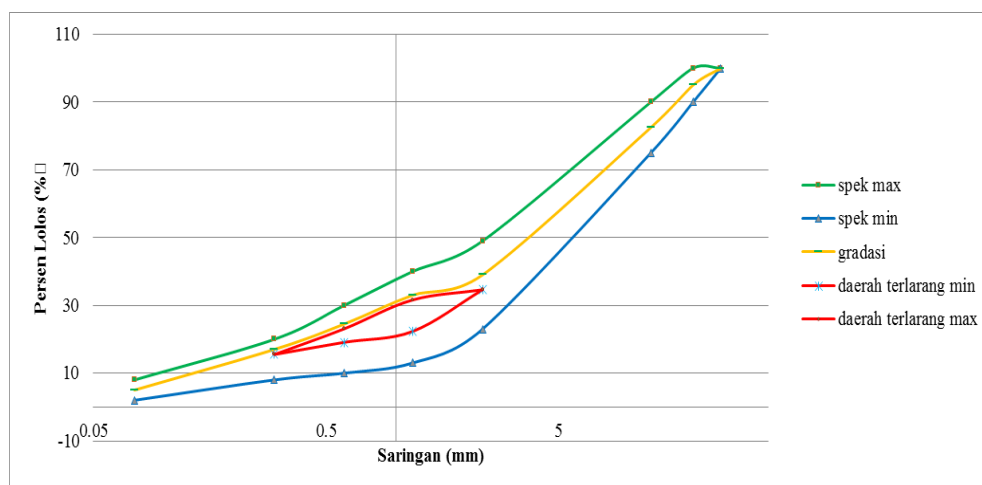
2. Peralatan pengujian fisik aspal, seperti alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar aspal.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. Alat uji *Marshall*, yang meliputi.
  - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
  - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound).
  - c. Arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
  - d. Arloji pengukur kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai  $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ .
6. Bak perendam (*Waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum  $20^{\circ}\text{C}$ .
7. *Compactor*, yaitu alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18").
8. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan *digital*.
9. *Ejector*, yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
10. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test*, yang meliputi.
  - a. Alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch.
  - b. Arloji pengukuran stabilitas.
  - c. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
11. Satu set peralatan uji permeabilitas.
12. Peralatan penunjang, seperti: kompor, wajan, spatula, sarung tangan karet, gelas ukur, panci, kain lap, bak plastik, jangka sorong, termometer, dan lain-lain.

#### 4.4.3 Perencanaan Campuran Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu campuran *Superpave* gradasi agregat ukuran 19 mm. dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

**Tabel 4.1 Batas Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran 19 mm**

Ukuran saringan		Spesifikasi		Daerah Terlarang		Prosentase (%)	
in	mm	min	max	min	max	Lolos	Tertahan
1"	25	100	100	-	-	100	0
3/4 "	19	90	100	-	-	95	5
1/2 "	12.5	75	90	-	-	82,5	17,5
No. 8	2.36	23	49	34,6	34,6	39	61
No. 16	1.18	<b>13</b>	<b>40</b>	22,3	31,6	33	67
No. 30	0.6	<b>10</b>	<b>30</b>	19,1	23,1	24,5	75,5
No. 50	0.3	<b>8</b>	<b>20</b>	15,5	15,5	17	83
No. 200	0.075	2	8	-	-	5	95
Pan						0	100



**Gambar 4.1 Grafik Rencana Gradasi Agregat *Superpave* Ukuran 19 mm**

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (Additive\%) + \text{Konstanta} & (4.1) \\
 &= 0,035 (64\%) + 0,045 (31\%) + 0,18 (10\%) + 0,5 \\
 &= 5,5 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

$P_b$  = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan No.8

FA = agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200

Additive = 0%-10% Limbah ban karet

Konstanta = 0,5-1 > agregat halus pakai 0,5

Dari hasil perhitungan didapatkan kadar optimum perkiraan adalah 5,5% dan juga melihat dari hasil pengujian sebelumnya sehingga pada pengujian ini mencari kadar aspal optimum dipakai kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran. Terlihat pada Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

**Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran saringan	inc	mm	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Daerah Terlarang		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	min	max	Tertahan	Jumlah
1 "	25	25	100	100	100	0			0	0
3/4 "	19	19	90	100	95	5			57	57
1/2 "	12,5	12,5	75	90	82,5	17,5			142,5	199,5
No. 8	2,36	2,36	23	49	39	61	34,6	34,6	495,9	695,4
No. 16	1,18	1,18	13	40	33	67	22,3	31,6	68,4	763,8
No. 30	0,600	0,600	10	30	24,5	75,5	19,1	23,1	96,9	860,7
No. 50	0,300	0,300	8	20	17	83	15,5	15,5	85,5	946,2
No. 200	0,075	0,075	2	8	5	95			136,8	1083
Pan			0	0	0	100			57	1140
									1140	Jumlah

**Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran saringan	inc	mm	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Daerah Terlarang		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	min	max	Tertahan	Jumlah
1 "	25	25	100	100	100	0			0	0
3/4 "	19	19	90	100	95	5			57	56,7
1/2 "	12,5	12,5	75	90	82,5	17,5			141,8	198,45
No. 8	2,36	2,36	23	49	39	61	34,6	34,6	493,29	691,74
No. 16	1,18	1,18	13	40	33	67	22,3	31,6	68,0	759,78
No. 30	0,600	0,600	10	30	24,5	75,5	19,1	23,1	96,4	856,17
No. 50	0,300	0,300	8	20	17	83	15,5	15,5	85,1	941,22
No. 200	0,075	0,075	2	8	5	95			136,1	1077,3
Pan			0	0	0	100			56,7	1134
									1134	Jumlah

**Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran saringan	inc	mm	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Daerah Terlarang		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	min	max	Tertahan	Jumlah
1 "	25	100	100	100	100	0			0	0
3/4 "	19	90	100	95	5				56,4	56,4
1/2 "	12,5	75	90	82,5	17,5				141	197,4
No. 8	2,36	23	49	39	61	34,6	34,6		490,68	688,08
No. 16	1,18	13	40	33	67	22,3	31,6		67,68	755,76
No. 30	0,600	10	30	24,5	75,5	19,1	23,1		95,88	851,64
No. 50	0,300	8	20	17	83	15,5	15,5		84,6	936,24
No. 200	0,075	2	8	5	95				135,36	1071,6
Pan		0	0	0	100				56,4	1128
									1128	Jumlah

**Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran saringan	inc	mm	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Daerah Terlarang		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	min	max	Tertahan	Jumlah
1 "	25	100	100	100	100	0			0	0
3/4 "	19	90	100	95	5				56,1	56,1
1/2 "	12,5	75	90	82,5	17,5				140,3	196,35
No. 8	2,36	23	49	39	61	34,6	34,6		488,1	684,42
No. 16	1,18	13	40	33	67	22,3	31,6		67,3	751,74
No. 30	0,600	10	30	24,5	75,5	19,1	23,1		95,4	847,11
No. 50	0,300	8	20	17	83	15,5	15,5		84,2	931,26
No. 200	0,075	2	8	5	95				134,6	1065,9
Pan		0	0	0	100				56	1122
									1122	Jumlah

**Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran saringan	inc	mm	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Daerah Terlarang		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	min	max	Tertahan	Jumlah
1 "	25	100	100	100	100	0			0	0
3/4 "	19	90	100	95	5				55,8	55,8
1/2 "	12,5	75	90	82,5	17,5				139,5	195,3
No. 8	2,36	23	49	39	61	34,6	34,6		485,46	680,76
No. 16	1,18	13	40	33	67	22,3	31,6		66,96	747,72
No. 30	0,600	10	30	24,5	75,5	19,1	23,1		94,86	842,58
No. 50	0,300	8	20	17	83	15,5	15,5		83,7	926,28
No. 200	0,075	2	8	5	95				133,92	1060,2
Pan		0	0	0	100				55,8	1116
									1116	Jumlah



#### 4.4.4 Langkah-Langkah Penelitian

Bahan-bahan pada penelitian ini terdiri dari kombinasi agregat halus, agregat kasar, aspal dan bahan *additive* limbah ban karet. Bahan tersebut diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Pengujian ini mengikuti metode *AASHTO* (1993) dan Bina Marga (2010).

Setelah selesai, dilanjutkan dengan proses penyaringan terhadap berbagai jenis agregat dengan saringan sebanyak 8 buah dan pen. Spesifikasi saringan yang dipakai dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 4.1, setelah dilakukan penyaringan kemudian dilakukan proses penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditentukan dalam spesifikasi.

Pada penelitian ini dibuat benda uji, dengan jumlah benda uji sebanyak 3 buah tiap variasi aspal dan variasi komposisi diberi tanda pengenal. Berikut rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8

**Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum(KAO)**

<b>Kadar Aspal(%)</b>	<b>5</b>	<b>5,5</b>	<b>6</b>	<b>6,5</b>	<b>7</b>
<b>Jumlah Benda Uji</b>	3	3	3	3	3
<b>Total</b>	15				

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Setiap Pengujian KAO

Parameter	karet 0%			karet 6%			karet 8%			karet 10%		
	rendaman air laut			rendaman air laut			rendaman air laut			rendaman air laut		
	0 jam	48 jam	96 jam	0 jam	48 jam	96 jam	0 jam	48 jam	96 jam	0 jam	48 jam	96 jam
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Immersion Test / IRS</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	-	-	3	-	-	3	-	-	3	-	-
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Cantabro Test</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	39			39			39			39		
Total	156 (buah)											

Sehingga jumlah total benda uji yang akan dibuat dalam penelitian ini sebanyak 171 buah. Untuk pengujian benda uji *ITS/IRS*, *Marshall*, Permeabilitas dan *Cantabro Test* masing masing-masing benda uji sebesar 1200 gram. Sedangkan untuk masing-masing agregat dan aspal tergantung variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian dan persentase kadar karet 0%, 6%, 8 % dan 10% dalam satuan gram dari jumlah berat campuran kadar aspal optimum (KAO) yang didapat.

#### 4.4.5 Pembuatan Campuran Perkerasan

Benda uji dibuat di Laboratorium Transportasi Universitas Islam Indonesia, yang mana bahan-bahan penelitian berupa agregat kasar dan aspal perlu diuji terlebih dahulu sebelum digunakan. Hal itu perlu dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan, agar memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Dilanjutkan dengan proses penyaringan agregat sesuai jenis agregat campuran *Superpave* ukuran 19 mm yang telah ditetapkan pada table 4.1. Kemudian dilanjutkan dengan penimbangan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang telah ditetapkan dalam spesifikasi. Setelah semua bahan telah disiapkan, dilakukan proses pembuatan benda uji untuk pengujian *Marshall*, *Immersion Test*, *ITS*, Permeabilitas, dan *Cantabro*. Dengan cara, Agregat yang telah disiapkan kemudian dipanaskan pada suhu 165° C. Setelah itu dicampur dengan aspal panas yang telah dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 155° C dan dilakukan pengadukan sampai campuran tersebut merata. Pencampuran dilakukan sesuai variasi berat yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya siapkan cetakan benda uji yang sebelumnya dibersihkan dan diberi sedikit vaselin/oil. Kemudian ditempatkan pada mesin tumbuk/*hammer*.

Setelah campurannya merata dan suhu campuran telah mencapai 150° C, campuran tersebut dimasukkan kedalam cetakan benda uji yang ditempatkan pada mesin penumbuk sebelumnya. Pada saat memasukkan campuran setiap sepertiga bagian campuran yang masuk ke dalam cetakan, ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali di bagian tepian 10 kali dibagian tengah menggunakan spatula dengan maksud agar benda uji tidak terlalu berongga. Selanjutnya benda uji dilakukan pemadatan dengan mesin penumbuk yang telah diatur sebanyak 75 kali (bolak-balik) yang berjumlah 150 kali tumbukan per benda uji. Setelah selesai pemadatan, benda uji yang masih terpasang bersama cetakan didinginkan menggunakan kipas dalam suhu ruang sampai dingin, dan kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat bantu berupa *ejector*. Selanjutnya benda uji siap dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan data-data hasil penelitian.

#### 4.4.6 Pengujian *Marshall* Standar

Berikut adalah langkah yang dilakukan dalam pengujian *Marshall*.

1. Ukur ketinggian benda uji pada tempat tiga tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm dan menimbang benda uji untuk mengetahui berat keringnya.
2. Rendam benda uji ke dalam air selama kira-kira 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
3. Timbang benda uji di dalam air dan lap permukaan benda uji, kemudian menimbangnya kembali pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Rendam benda uji ke dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
5. Membersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam kepala penekan (*test head*) terlebih dahulu. Lalu lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas.
6. Keluarkan benda uji dari *water bath* dan meletakkannya ke dalam segmen bawah kepala penekan. Kemudian memasang segmen di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
7. Pasang arloji kelelahan (*flow meter*) pada penunjuk angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Selama pembebanan berlangsung, tangkai arloji kelelahan ditekan pada segmen atas dari kepala penekan.
8. Naikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji. Kemudian mengatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
9. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum yang tercapai (stabilitas) serta angka pada arloji kelelahan (*flow*).
10. Lepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada setelah dicatat, kemudian melakukan analisis dan pembahasan.

#### **4.4.7 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*)**

Hal yang membedakan pengujian ini dengan uji *Marshall standart* adalah pada lama perendaman yang dilakukan dalam *waterbath*. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut.

1. Ukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm dan menimbang benda uji untuk mengetahui berat keringnya.
2. Rendam benda uji ke dalam air selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
3. Setelah benda uji menjadi jenuh, kemudian ditimbang dalam air. Dan lap permukaan benda uji, lalu ditimbang kembali pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Merendam benda uji ke dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
5. Lakukan serangkaian pengujian *Marshall* seperti pada Sub bab 4.4.6.

#### **4.4.8 Pengujian Permeabilitas**

Langkah-langkah pengujian permeabilitas adalah sebagai berikut.

1. Buat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Letakkan benda uji pada alat uji permeabilitas untuk dilakukan pengujian.
3. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian. Kemudian menganalisis dan membuat pembahasan.

#### **4.4.9 Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS)**

Berikut adalah langkah yang dilakukan dalam pengujian *Indirect Tensile Test*.

1. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
2. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian, kemudian menganalisis dan membuat pembahasan.

#### 4.4.10 Pengujian *Cantabro*

Berikut ini tahap yang dilakukan, sebagai berikut.

1. Menimbang berat benda uji sebelum dilakukan pengujian.
2. Memasukan benda uji pada mesin *Los Angeles* untuk dilakukan pengujian.
3. Menjalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 300 putaran, kemudian ditimbang kembali berat benda uji setelah pengujian.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Cantabro*.

#### 4.5 Analisis Data

Langkah-langkah pengujian yang dilakukan, yaitu sebagai berikut.

1. Analisis terhadap sifat-sifat fisik bahan sampel uji penelitian seperti agregat, aspal, aspal karet dan air laut.
2. Mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO).
3. Mendapatkan Kadar limbah ban karet pada KAO.
4. Analisis karakteristik *Marshall*

Setelah pengujian *Marshall*, dilakukan analisis data yang telah diperoleh dari hasil penelitian. Data yang di peroleh dari hasil laboratorium antara lain sebagai berikut.

- a. Benda uji sebelum direndam(gr)
- b. Benda uji di dalam air(gr)
- c. Benda uji dalam keadaan jenuh air(gr)
- d. Tebal benda uji(gr)
- e. Pembacaan arloji stabilitas(kg)
- f. Pembacaan arloji kelelahan *flow*(mm)

Yang mana uji *Marshall* didapatkan dengan bantuan data lainnya yang dihitung dengan Persamaan Rumus 4.1 dan 4.2 sebagai berikut.

$$\text{Berat Jenis Aspal (BJL)} = \frac{\text{BERAT}}{\text{VOLUME}} \quad (4.2)$$

$$\text{Berat Jenis Agregat (BJT)} = \frac{(A.F1)+(B.F2)}{100} \quad (4.3)$$

Keterangan :

A : Persentase agregat kasar

B : Persentase agregat halus

F1 : Berat jenis agregat kasar

F2 : Berat jenis agregat halus

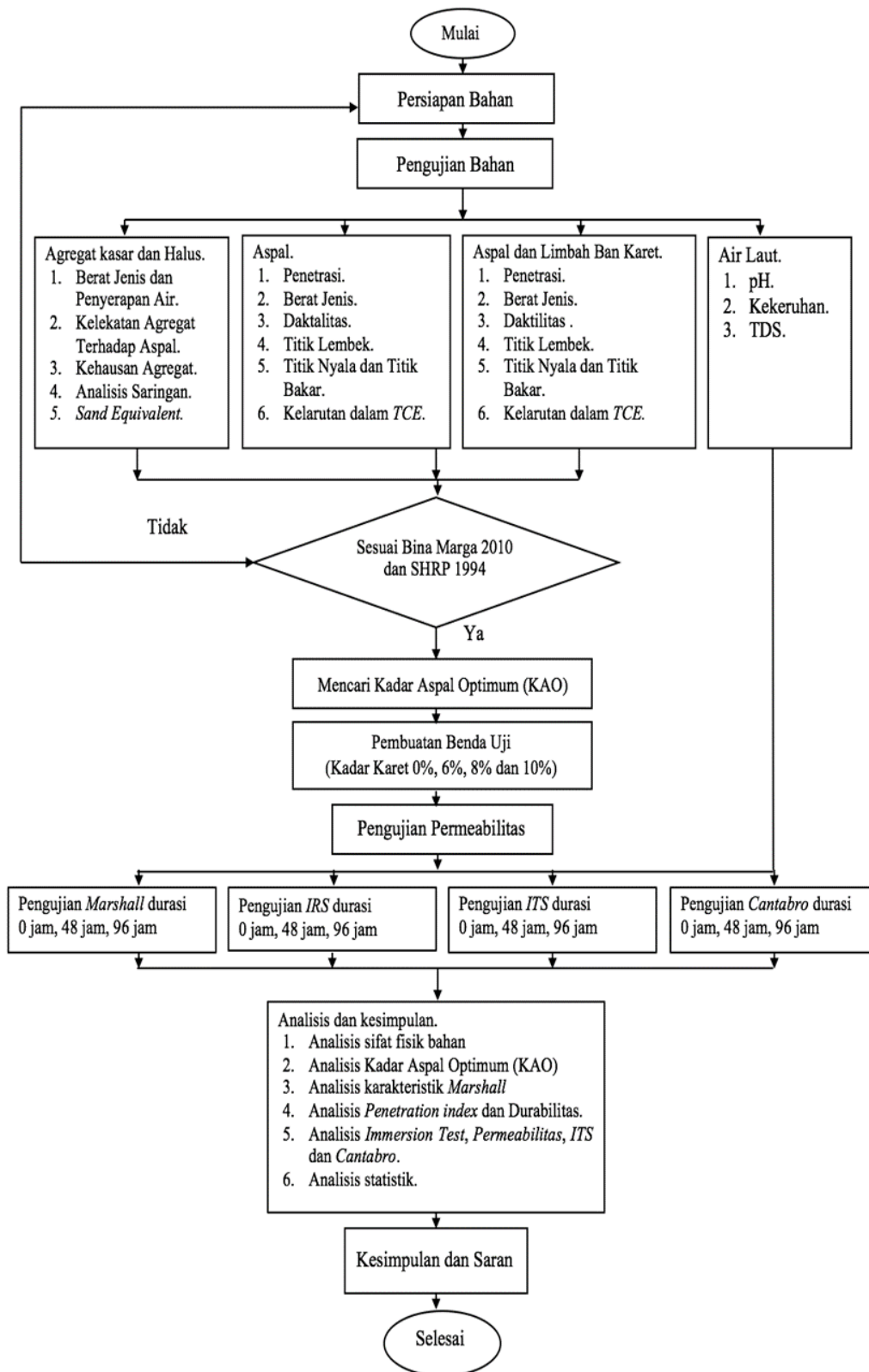
Untuk nilai stabilitas, kelelahan, *MQ*, *VTM*, *VFWA*, *VMA*, dan kepadatan dapat dihitung dengan rumus dari Persamaan 3.1 sampai 3.13.

5. Analisis *Penetration Index*, yang mana dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.14.
6. Analisis durabilitas, dihitung dari hasil *Immersion Test* dengan Persamaan 3.15.
7. Analisis Kuat Tarik Langsung (*ITS*), dihitung dari puncak beban kemudian diolah dengan Persamaan 3.16.
8. Analisis Permeabilitas, kemampuan media yang porous untuk mengalirkan fluida yang mana menggunakan Persamaan 3.17.
9. *Cantabro Test*, analisis yang bertujuan mengetahui berapa nilai berat dari hasil benda uji setelah tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*. Dengan menggunakan Persamaan 3.18.
10. Analisis statistik, ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan rata-rata pada masing-masing kategori benda uji secara signifikan.

Proses pelaksanaannya, dan menggunakan perangkat lunak berupa program *Microsoft Excel* sebagai pengolah data karena sulitnya pengolahan data secara manual. Penggunaan suatu analisis pengolahan data harus disesuaikan dengan data yang didapat, oleh sebab itu pada penelitian ini data pengujian di laboratorium disesuaikan dengan metode analisis yang digunakan. Kemudian data hasil penelitian yang didapat diinput kedalam program *Microsoft Excel*, sehingga diperoleh suatu hasil dan kesimpulan penelitian.

#### **4.6 Bagan Alir Penelitian**

Bagan alir merupakan suatu rangkaian penjelasan secara singkat bagaimana langkah-langkah dalam proses penelitian. Berikut merupakan bagan alur proses penelitian digambarkan pada Gambar 4.1



**Gambar 4.2 Bagan Alur Proses Penelitian**