

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Tinjauan Umum**

Metode Penelitian adalah tata cara yang dilakukan oleh peneliti dalam penelitian suatu masalah, kasus, atau yang lain secara ilmiah untuk memperoleh hasil yang rasio. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen. Metode eksperimen adalah metode yang dilakukan dengan cara percobaan terhadap benda yang akan diteliti secara langsung guna menyelidiki sebab akibat objek satu sama lain kemudian dibandingkan hasil penelitian ini.

### **4.2 Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer, yaitu berupa pengambilan batu marmer di lapangan, pengujian agregat, pengujian aspal, pengujian *Marshall* dan uji perendaman (*immersion test*). Hasil dari data-data tersebut akan membantu dalam menentukan nilai pada karakteristik *Marshall* dan mengetahui hasil perendaman.

### **4.3 Lokasi dan Waktu Pengambilan Data**

Pada penelitian ini limbah marmer yang digunakan berasal dari Jalan Raya Solo-Yogyakarta No.36, Kalasan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Sedangkan untuk pengambilan data dan pengujian akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia pada April 2018.

### **4.4 Alat dan Bahan yang Digunakan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah marmer yang diambil dari Jalan Raya Solo – Yogyakarta, material lain yang diambil dari Laboratorium Jalan Raya.

Alat yang digunakan selama penelitian diantaranya, yaitu:

1. satu set alat uji fisik agregat,
2. satu set alat uji aspal,
3. satu set alat uji karakteristik *Marshall*, dan
4. satu set uji perendaman (*immersion test*).

#### **4.5 Prosedur Pengambilan Data**

Seluruh rangkaian penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan penelitian yang dilakukan adalah persiapan material, pemeriksaan material seperti pengujian sifat fisik agregat dan pengujian aspal, persiapan alat pengujian, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall*, dan pengujian perendaman (*immersion*).

##### **4.5.1 Pengujian Material**

Pengujian material pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

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

###### **a. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-1991)**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui aspal yang digunakan memiliki tingkat kekerasan yang keras atau lembek dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu.

###### **b. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)**

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30° sampai 200°C.

###### **c. Pengujian daktalitas (SNI 06-2432-1991)**

Pengujian daktalitas bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi pada aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

Aspal dengan daktalitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.

d. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal atau ter dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

e. Pengujian titik nyala dan titik bakar (SNI 06-2433-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhu saat aspal terlihat mengeluarkan percikan api di permukaan (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

f. Pengujian kelarutan dalam *Tetra Chloride* atau *Trichloroethylene* (SNI 06-2438-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal yang larut dalam karbon tetraklorida/karbon bisulfida.

2. Pengujian Agregat

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) dan berat jenis semu, serta penyerapan dari agregat halus.

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*) dan berat jenis semu, serta penyerapan dari agregat kasar.

c. Pengujian kelekatan oleh aspal

Kelekatan agregat oleh aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang terselimuti oleh aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.

d. Pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan pembagian butir (*gradasi*) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

e. Pengujian *Sand Equivalent*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan lain yang berada pada tanah atau agregat halus.

f. Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

#### 4.5.2 Persiapan Alat

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

1. Mesin *Los Angeles*, saringan standar dan *vibrator*, dan tabung *Sand Equivalent* untuk pengujian fisik agregat.
2. Alat uji 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* yaitu sebagai berikut.
  - 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 (*W*) dilengkapi dengan *waterbath* 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. Peralatan penunjang, seperti kompor, gelas ukur, pan, kain lap, wajan, spatula, bak plastik, jangka sorong, sarung tangan karet, termometer, dan lain-lain.

#### **4.5.3 Perancangan Campuran (*Mix Design*)**

Material yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu agregat dan aspal yang terlebih dahulu diuji sebelum digunakan sebagai campuran Lapis Aspal Beton (LASTON). Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dari material tersebut apakah telah memenuhi persyaratan. Setelah dilakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, kemudian agregat disaring menggunakan saringan standar.

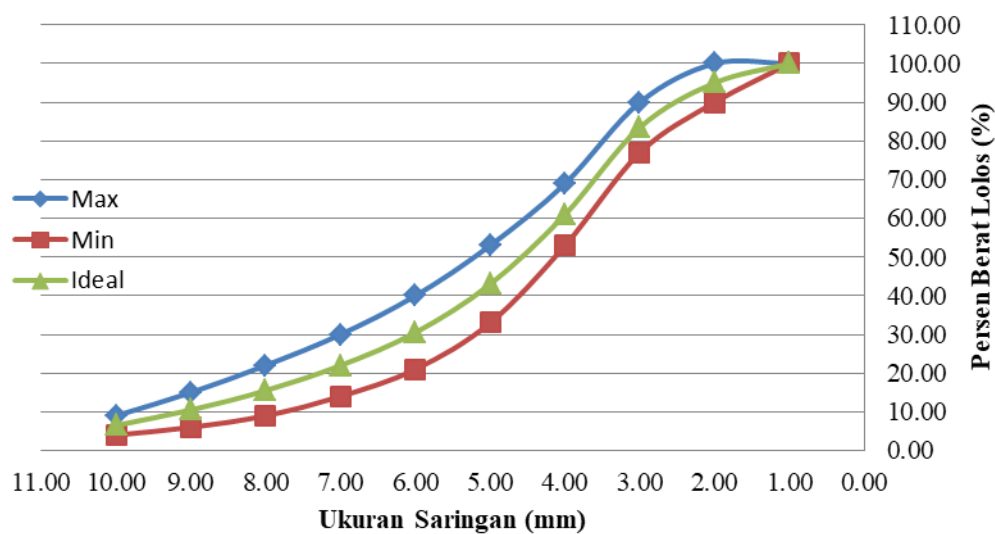
Penelitian ini menggunakan Metode *Marshall* dengan membuat 5 (lima) variasi campuran aspal beton, yaitu variasi I menggunakan 100% pasir tanpa menggunakan bahan pengganti, variasi II menggunakan 75% pasir dan 25% limbah marmer, variasi III menggunakan 50% pasir dan 50% limbah marmer, variasi IV menggunakan 25% pasir dan 75% limbah marmer, dan variasi V menggunakan 100% limbah marmer. Pengujian campuran untuk mengetahui ketahanan (*durability*) selama perendaman dalam waktu 0 jam, 48 jam, dan 96 jam, serta dilakukan uji *Marshall* dan *Immersion Test*.

Perencanaan gradasi agregat campuran LASTON AC-WC dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran LASTON AC-WC**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Rata-rata
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	
1 "	25					
3/4 "	19	100	100	100	0	100
1/2 "	12,5	100	90	95	5	95
3/8 "	9,5	90	77	83,5	16,5	83,5
No. 4	4,75	69	53	61	39	61
No. 8	2,36	53	33	43	57	43
No. 16	1,18	40	21	30,5	69,5	30,5
No. 30	0,600	30	14	22	78	22
No. 50	0,300	22	9	15,5	84,5	15,5
No. 100	0,150	15	6	10,5	89,5	10,5
No. 200	0,075	9	4	6,5	93,5	6,5
Pan		0	0	0	100	0

Sumber : Bina Marga (2010)

**Gambar 4.1 Gradasi Agregat Campuran LASTON AC-WC**

Setelah didapatkan Job Mix Formula, maka selanjutnya menghitung kadar aspal perkiraan ( $P_b$ ) dengan menggunakan Persamaan 4.1.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \quad (4.1)$$

dengan :

CA = Persen agregat tertahan saringan No. 8,

- FA = Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200,  
 Filler = Persen agregat minimal 75% lolos No. 200, dan  
 K = Konstanta.

Berdasarkan hasil perhitungan kadar aspal perkiraan didapatkan batas minimum 6%. Pada saat pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Didapatkan berat masing -masing agregat untuk setiap saringan adalah sebagai berikut.

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

No. Saringan		Spesifikasi		Kumulatif		Berat Tertahan (gr)	
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	19	100	100	100			
1/2 "	12,5	100	90	95	5	57	57
3/8 "	9,5	90	77	84	17	131,1	188,1
No. 4	4,75	69	53	61	39	256,5	444,6
No. 8	2,36	53	33	43	57	205,2	649,8
No. 16	1,18	40	21	31	70	142,5	792,3
No. 30	0,600	30	14	22	78	96,9	889,2
No. 50	0,300	22	9	16	85	74,1	963,3
No. 100	0,150	15	6	11	90	57	1020,3
No. 200	0,075	9	4	7	94	45,6	1065,9
Pan		0	0	0	100	74,1	1140
Jumlah						1140	

**Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5.5%**

No. Saringan		Spesifikasi		Kumulatif		Berat Tertahan	
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	19	100	100	100			
1/2 "	12,5	100	90	95	5	56,7	56,7
3/8 "	9,5	90	77	84	17	130,41	187,11
No. 4	4,75	69	53	61	39	255,15	442,26
No. 8	2,36	53	33	43	57	204,12	646,38
No. 16	1,18	40	21	31	70	141,75	788,13
No. 30	0,600	30	14	22	78	96,39	884,52
No. 50	0,300	22	9	16	85	73,71	958,23
No. 100	0,150	15	6	11	90	56,7	1014,93
No. 200	0,075	9	4	7	94	45,36	1060,29
Pan		0	0	0	100	73,71	1134
Jumlah						1134	

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

No. Saringan		Spesifikasi		Kumulatif		Berat Tertahan	
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	19	100	100	100			
1/2 "	12,5	100	90	95	5	56,4	56,4
3/8 "	9,5	90	77	84	17	129,72	186,12
No. 4	4,75	69	53	61	39	253,8	439,92
No. 8	2,36	53	33	43	57	203,04	642,96
No. 16	1,18	40	21	31	70	141	783,96
No. 30	0,600	30	14	22	78	95,88	879,84
No. 50	0,300	22	9	16	85	73,32	953,16
No. 100	0,150	15	6	11	90	56,4	1009,56
No. 200	0,075	9	4	7	94	45,12	1054,68
Pan		0	0	0	100	73,32	1128
Jumlah						1128	Jumlah



**Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6.5%**

No. Saringan		Spesifikasi		Kumulatif		Berat Tertahan	
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	19	100	100	100			
1/2 "	12,5	100	90	95	5	56,1	56,1
3/8 "	9,5	90	77	84	17	129,03	185,13
No. 4	4,75	69	53	61	39	252,45	437,58
No. 8	2,36	53	33	43	57	201,96	639,54
No. 16	1,18	40	21	31	70	140,25	779,79
No. 30	0,600	30	14	22	78	95,37	875,16
No. 50	0,300	22	9	16	85	72,93	948,09
No. 100	0,150	15	6	11	90	56,1	1004,19
No. 200	0,075	9	4	7	94	44,88	1049,07
Pan		0	0	0	100	72,93	1122
Jumlah						1122	

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

No. Saringan		Spesifikasi		Kumulatif		Berat Tertahan	
Inch	mm	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4 "	19	100	100	100			
1/2 "	12,5	100	90	95	5	55,8	55,8
3/8 "	9,5	90	77	84	17	128,34	184,14
No. 4	4,75	69	53	61	39	251,1	435,24
No. 8	2,36	53	33	43	57	200,88	636,12
No. 16	1,18	40	21	31	70	139,5	775,62
No. 30	0,600	30	14	22	78	94,86	870,48
No. 50	0,300	22	9	16	85	72,54	943,02
No. 100	0,150	15	6	11	90	55,8	998,82
No. 200	0,075	9	4	7	94	44,64	1043,46
Pan		0	0	0	100	72,54	1116
Jumlah						1116	

Jumlah benda uji yang digunakan untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

**Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Kadar Aspal Optimum**

Jenis Aspal	Kadar Aspal	Sampel	Jumlah
Pertamina Pen 60/70	5%	3 buah	15
	5.5%	3 buah	
	6%	3 buah	
	6.5%	3 buah	
	7%	3 buah	

Jumlah benda uji yang digunakan untuk setiap durasi perendaman pada masing-masing pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.8, Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 berikut.

**Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji Tiap Pengujian dan Perendaman 0 jam**

Jenis Pengujian	Variasi Kadar Marmer				
	0%	25%	50%	75%	100%
Marshall	3	3	3	3	3
Perendaman	3	3	3	3	3
Jumlah	6	6	6	6	6
Total	30				

**Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji Tiap Pengujian dan Perendaman 48 jam**

Jenis Pengujian	Variasi Kadar Marmer				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
Perendaman	3	3	3	3	3
Jumlah	6	6	6	6	6
Total	30				

**Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji Tiap Pengujian dan Perendaman 96 jam**

Jenis Pengujian	Variasi Kadar Marmer				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
Perendaman	3	3	3	3	3
Jumlah	6	6	6	6	6
Total	30				

Jadi total benda uji yang digunakan pada saat penelitian sebanyak 105 buah. Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengacu pada *AASHTO* T-245-74 dan *ASTM* D-1559-62 T.

Pada variasi kadar aspal didapatkan berat agregat masing-masing saringan pada campuran LASTON AC-WC. Berat agregat halus yang digunakan adalah agregat lolos saringan No. 8 hingga tertahan saringan No. 200. Penelitian ini menggunakan agregat halus pasir dan limbah marmer. Berat agregat halus dapat dihitung berdasarkan berat volume dari masing-masing agregat halus, dimana menentukan berat volume perlu mengetahui berat jenis pada masing-masing agregat halus karena limbah marmer hanya berperan sebagai bahan pengganti agregat halus yang memiliki berat jenis lebih kecil dari agregat halus pasir.

Pada pengujian didapatkan berat jenis masing-masing agregat halus yaitu agregat halus pasir sebesar  $2,81 \text{ gr/cm}^3$  dan berat jenis limbah marmer sebesar  $2,64 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini guna mengetahui berat antar masing-masing agregat halus sehingga dapat melingkupi volume yang sama berdasarkan perbandingan volume. Berat untuk masing-masing agregat halus yang digunakan pada KAO dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

**Tabel 4.11 Berat Variasi Agregat Halus Pasir dan Agregat Halus Marmer**

No. Saringan	Variasi Kadar Limbah Marmer Sebagai Pengganti Agregat Halus							
	25%		50%		75%		100%	
	Agregat Halus	Marmer	Agregat Halus	Marmer	Agregat Halus	Marmer	Agregat Halus	Marmer
No. 16	105,02	32,93	70,01	65,86	35,01	98,79	0	131,72
No. 30	71,41	22,39	47,61	44,78	23,80	67,18	0	89,57
No. 50	54,61	17,12	36,41	34,25	18,20	51,37	0	68,49
No. 100	42,01	13,17	28,01	26,34	14,00	39,52	0	52,69
No. 200	33,61	10,54	22,40	21,07	11,20	31,61	0	42,15

#### 4.5.4 Pengujian *Marshall*

Mengacu pada *AASHTO* T-245-74 dan *ASTM* D-1559-62 T, langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut ini.

1. Merendam benda uji ke dalam air biasa selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Menimbang benda uji di dalam air.

3. Mengelap permukaan benda uji, kemudian menimbanginya pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Merendam benda uji kedalam *waterbath* 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. Mengeluarkan benda uji dari *waterbath* dan meletakkannya ke dalam segmen bawah kepala penekan.
7. Memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
8. Memasang arloji kelelahan (*flowmeter*) 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.
9. Menaikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji. Kemudian mengatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
10. 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*).
11. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan dicatat.
12. Menganalisis dan membuat pembahasan.

#### **4.5.5 Immersion Test**

*Immersion Test* memiliki cara pengujian yang sama dengan uji *Marshall*, yang membedakan pengujian tersebut ialah lama perendaman yang dilakukan dalam *waterbath* yaitu selama 24 jam.

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan benda uji,
2. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, kemudian di rata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
3. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya,
4. Merendam benda uji ke dalam air selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh,
5. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang di dalam air,
6. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*),
7. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam,
8. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepaskan benda uji,
9. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas salah satu batang penuntun (*guide road*),
10. Kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol,
11. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya,
12. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari benda uji,
13. Menganalisis dan membuat pembahasan.

#### **4.6 Analisi Data**

Berikut ini adalah analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian.

##### **1. Analisis Karakteristik *Marshall***

Dari pengujian *Marshall* diperoleh data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram),
- b. Berat benda uji di dalam air (gram),
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram),

- d. Tebal benda uji,
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg), dan
- f. Pembacaan arloji kelelahan (mm).

Nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1 dan 4.2 berikut ini.

- a. Berat jenis aspal

$$BJ_{Aspal} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \quad (4.2)$$

dengan :

- A = Berat piknometer dengan penutup (gram),
- B = Berat piknometer berisi air (gram),
- C = Berat piknometer berisi aspal (gram), dan
- D = Berat piknometer berisi aspal dan air (gram).

- b. Berat jenis agregat

$$BJ_{Agregat} = \frac{(A \times F_1) + (B \times F_2)}{100} \quad (4.3)$$

dengan :

- A = Persentase agregat kasar,
- B = Persentase agregat halus,
- F<sub>1</sub> = Berat jenis agregat kasar, dan
- F<sub>2</sub> = Berat jenis agregat halus.

- c. Nilai stabilitas menggunakan Persamaan 3.6.
- d. Kelelahan (*flow*), dapat dibaca pada arloji kelelahan.
- e. *VMA (Voids in Mineral Aggregate)* menggunakan Persamaan 3.3.
- f. *VIM (Voids in Mix)* menggunakan Persamaan 3.4.
- g. *VFWA (Voids Filled With Asphalt)* menggunakan Persamaan 3.5.
- h. *MQ (Marshall Quotient)* menggunakan Persamaan 3.7.

## 2. Analisis *Immersion Test*

Nilai *Immersion Test* atau uji perendaman dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8

## 3. Analisis Statistik

Data-data seperti karakteristik *Marshall* dan *Index of Retained Strength* dengan parameter variasi agregat halus marmer terhadap lama perendaman yang menggunakan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70, dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova* dua arah. Metode ini digunakan karena terdapat dua variabel bebas yang masing-masing terbagi menjadi beberapa kelompok. Variabel bebas adalah variasi marmer yang terbagi menjadi beberapa *treatment* berupa variasi lama perendaman.

Secara umum analisis statistik menggunakan *Anova* dua arah adalah sebagai berikut.

### a. Merumuskan hipotesis ( $H_0$ ) dan hipotesis alternative ( $H_1$ )

Uji hipotesis bertujuan untuk melihat pengaruh masing-masing faktor variabel.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_k$$

### b. Menentukan nilai $\alpha$ atau tingkat signifikan.

### c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan

### d. Penggunaan table distribusi F

Nilai F-tabel bergantung dari nilai  $\alpha$  dan df.

### e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

Daerah penolakan dan penerimaan dibatasi oleh nilai  $\alpha$  dan nilai F-hitung

### f. Perumusan keputusan $H_0$ dan $H_1$

$H_0$  : Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh variasi agregat halus marmer terhadap campuran LASTON AC-WC dengan variasi lama perendaman.

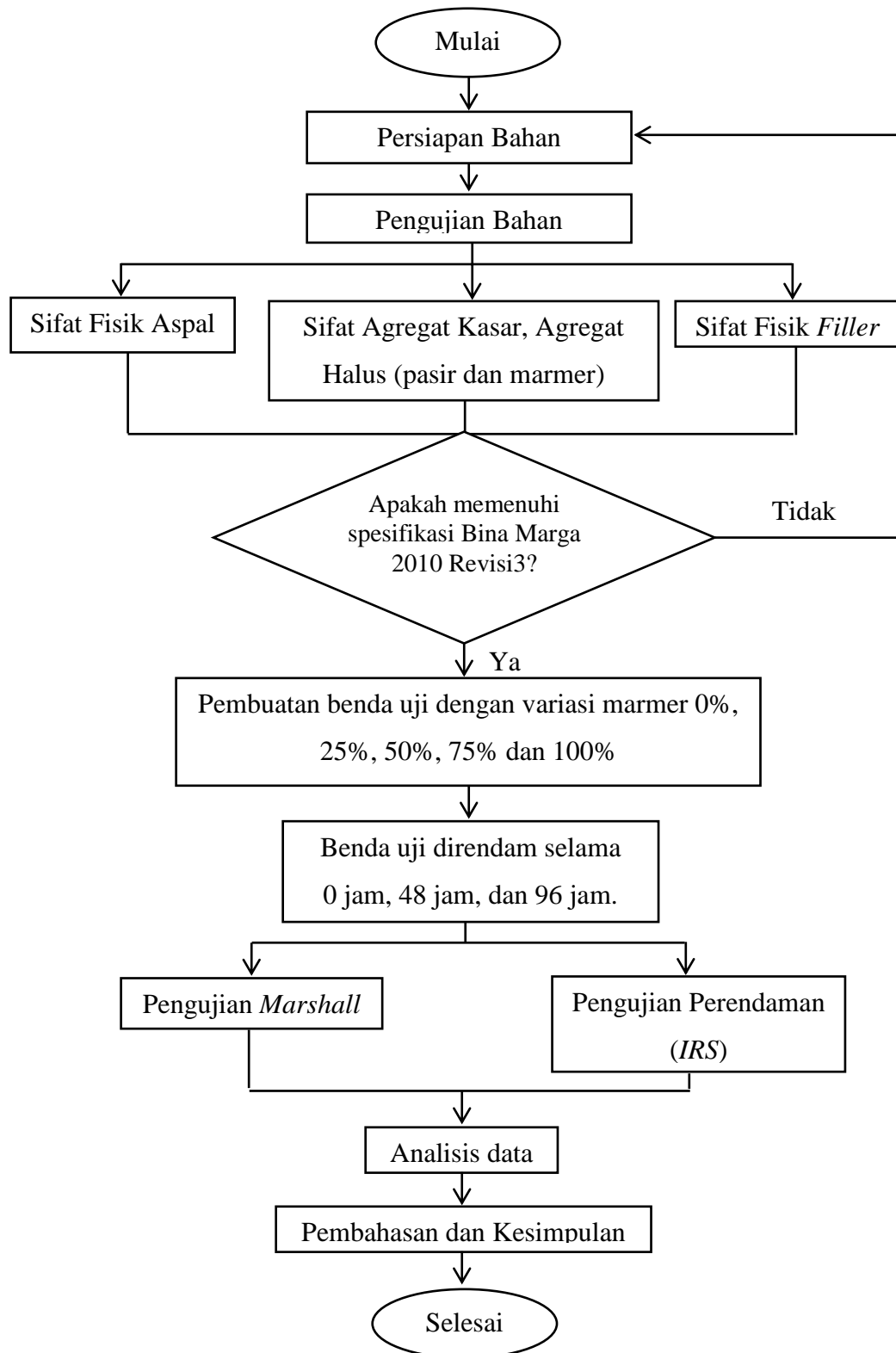
$H_1$  : Ada perbedaan signifikan pengaruh variasi agregat halus marmer terhadap campuran LASTON AC-WC dengan variasi lama perendaman.

Jika nilai rasio uji berada di daerah penerimaan maka  $H_0$  diterima, sedangkan jika nilai rasio berada di daerah penolakan maka  $H_1$  diterima.

#### **4.7 Diagram atau *Flowchart***

Bagan alir atau *flowchart* merupakan gambaran singkat tentang tahapan-tahapan yang dilaksanakan saat penelitian. *Flowchart* ditunjukkan pada Gambar 4.2.





**Gambar 4.2 Bagan Air Penelitian**