

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melaksanakan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut akan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, kemudian dibandingkan dengan persyaratan atau standar spesifikasi yang digunakan.

Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini adalah *non-probability sampling*, yaitu jenis sampel tidak dipilih secara acak. *Non-probability sampling* yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu sampel yang diambil berdasarkan tujuan. Perlu diperhatikan dalam penelitian ini bahwa sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditentukan berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan sampel air sungai yang didapatkan dari sungai Ciliwung, Jakarta. Aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70.

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan selama pengujian. Untuk mempermudah pengambilan data, maka dilakukan pengelompokan benda uji sehingga didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *IRS*, nilai *ITS*, nilai koefisien permeabilitas, dan nilai *Cantabro Loss*.

4.4 Tahapan Penelitian

Seluruh rangkaian penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Namun untuk pengujian permeabilitas campuran dilakukan di Laboratorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada. Tahapan-tahapan penelitian tugas akhir yang dilakukan adalah persiapan material, pemeriksaan material, persiapan alat, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall*, pengujian perendaman (*IRS*), pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*, pengujian permeabilitas dan *Cantabro*.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Material yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji campuran *Split Mastic Asphalt* dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu aspal dan agregat, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan. Material serat selulosa berupa dedak padi tidak dilakukan pengujian, karena mengacu pada hasil penelitian terdahulu. Tujuan pemeriksaan material adalah untuk mengetahui kelayakan material tersebut, apakah telah memenuhi spesifikasi yang digunakan atau belum. Pemeriksaan 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. 38

e. Pengujian kelarutan dalam *Karbon Tetra Klorida* atau *Trichloroethylene* (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 dipermukaannya (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

1. Pengujian *Filler*

Pengujian yang dilakukan pada *filler* (bahan pengisi) adalah pengujian berat jenis. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat jenis dari (*filler*) bahan pengisi (serbuk batu bata). Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut.

- a. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Piknometer
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

Prosedur pengujian berat jenis adalah sebagai berikut.

- a. Menimbang piknometer (W1)
- b. Kemudian memasukkan benda uji ke dalam piknometer, lalu menimbang beratnya (W2)
- c. Setelah itu menambahkan air ke dalam piknometer yang telah terisi benda uji, lalu menimbang beratnya (W3)
- d. Benda uji dikeluarkan dan air dari piknometer lalu dibersihkan.
- e. Mengisi piknometer dengan air, kemudian menimbang beratnya (W4)

2. Pengujian Air Sungai

Pengujian air sungai untuk mengetahui kandungan air sungai yang digunakan meliputi uji keasaman, kebasaaan (pH) dan kekeruhan.

4.4.2 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian fisik agregat meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, tabung *Sand Equivalent*, alat ukur berat jenis dan penyerapan terhadap air, alat uji kelekatan agregat terhadap aspal, serta alat ukur *sundness*.
2. Peralatan pengujian fisik aspal meliputi alat ukur penetrasi aspal, alat uji daktilitas aspal, alat uji kelarutan aspal dalam CCL₄, alat uji titik lembek aspal, alat uji titik nyala, alat uji titik bakar aspal, alat uji penetrasi setelah kehilangan berat, dan alat ukur berat jenis (piknometer dan timbangan).
3. Peralatan pembuatan benda uji meliputi sebagai berikut.
 - a. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) berdiameter 10 cm (4'') dan tinggi 7,5 cm (3'') dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
 - b. *Marshall hammer* ukuran diameter 98,4 mm (3-7/8 inci), berat 4,5 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh 457 mm (18 inchi).
 - c. Timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram dan kapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram.
 - d. *Enjector* untuk melepas benda uji setelah dipanaskan.
 - e. Oven, termometer, panci pencampur, sendok pengaduk, pemanas aspal, dan lain-lain.
4. Alat uji *Marshall*, yang meliputi 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.

- e. Bak perendam (*waterbath*) dengan kedalaman 150 mm dan dilengkapi dengan temperatur $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
5. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test*, yang meliputi sebagai berikut.
 - a. Alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch.
 - b. Arloji pengukuran stabilitas
 - c. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
6. Satu set peralatan uji permeabilitas.

4.4.3 Perencanaan Campuran

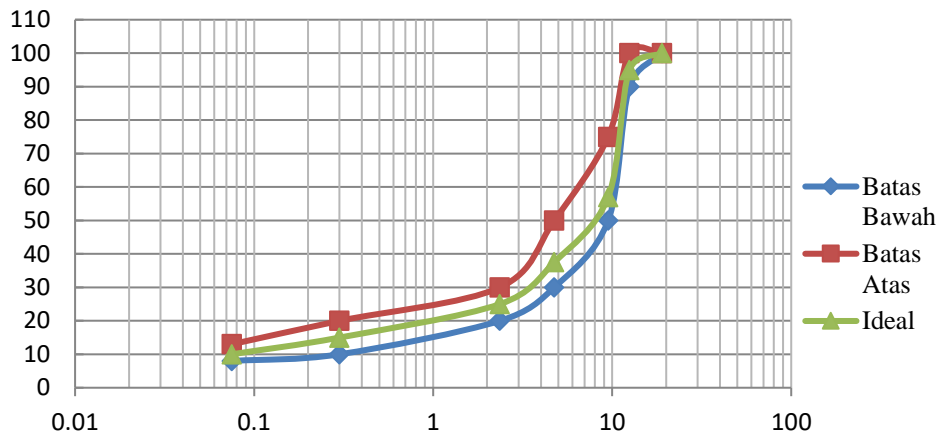
Komponen bahan yang digunakan pada campuran SMA terdiri atas agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11. Hal ini dilakukan guna mengetahui sifat fisik material tersebut apakah telah memenuhi spesifikasi standar bahan perkerasan (Bina Marga, 2010) atau belum.

Setelah dilakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, selanjutnya adalah penyaringan agregat menggunakan saringan standar. Gradasi yang dipergunakan adalah sesuai dengan nilai tengah yang mengacu pada gradasi yang digunakan dalam campuran SMA untuk *wearing course*, ukuran 19 mm. Rencana gradasi agregat campuran *Split Mastic Asphalt* 0/11 dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rencana Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt* (SMA) 0/11

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	Mm		Titik Kontrol	Target
1.	19	¾"	100	100
2.	12,5	½"	90-100	95
3.	9,5	3/8"	50-65	57
4.	4,75	No.4	30-45	37,5
5.	2,36	No.8	20-30	25
6.	0,3	No.50	10-22	16
7.	0,075	No.200	8-12	10

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013)



Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran *Split Mastic Asphalt 0/11*

Berdasarkan Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013), syarat kadar aspal pada campuran SMA 0/11 adalah minimum 6%. Sehingga pada pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran. Kadar aspal 5% dan 5,5% tetap digunakan bertujuan untuk melihat perilaku campuran apabila berada di bawah syarat minimum yang ditentukan. Penentuan kadar aspal dapat dilihat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$P_b = 0,03 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K \quad (4.1)$$

dengan:

P_b = Kadar aspal,

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 (1-2).

Pada Gambar 4.1 didapatkan nilai $FA = 75\%$, $CA = 15\%$, $filler = 10\%$ dan konstanta = 1. Sehingga perhitungan perkiraan kadar aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035(75\%) + 0,045(15\%) + 0,18(10\%) + 1 \\ &= 6,1\% \text{ dibulatkan menjadi } 6\%. \end{aligned}$$

Kadar dedak padi pada masing-masing benda uji adalah sebesar 7% terhadap berat aspal, yaitu sebanyak 5,46 gram. Berat total campuran untuk setiap benda uji adalah 1200 gram. Kebutuhan agregat pada tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat 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		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	57	57
3/8"	9,5	50	65	57	43	433,2	490,2
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	222,3	712,5
No.8	2,36	20	30	25	75	142,5	855
No.50	0,3	10	22	15	85	114	969
No.200	0,075	8	12	10	90	57	1026
Pan		0	0	0	100	114	1140
						1140	Jumlah

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,7	56,7
3/8"	9,5	50	65	57	43	430,92	487,62
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	221,13	708,75
No.8	2,36	20	30	25	75	141,75	850,5
No.50	0,3	10	22	15	85	113,4	963,9
No.200	0,075	8	12	10	90	56,7	1020,6
Pan		0	0	0	100	113,4	1134
						1134	Jumlah

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,4	56,4
3/8"	9,5	50	65	57	43	428,64	485,04
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	219,96	705
No.8	2,36	20	30	25	75	141	846
No.50	0,3	10	22	15	85	112,8	958,8
No.200	0,075	8	12	10	90	56,4	1015,2
Pan		0	0	0	100	112,8	1128
						1128	Jumlah

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
Pan		0	0	0	100	112,2	1122
						1122	Jumlah

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada kadar Aspal 7%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	55,8	55,8
3/8"	9,5	50	65	57	43	424,08	479,88
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	217,62	697,5
No.8	2,36	20	30	25	75	139,5	837
No.50	0,3	10	22	15	85	111,6	948,6
No.200	0,075	8	12	10	90	55,8	1004,4
Pan		0	0	0	100	111,6	1116
						1116	Jumlah

Rincian jumlah benda uji yang digunakan dalam mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum

Jenis Aspal	Jumlah Benda Uji Pada Tiap Kadar Aspal (buah)				
	5 %	5,5%	6 %	6,5 %	7 %
Pertamina Pen 60/70	3	3	3	3	3
Jumlah	15				

Jumlah benda uji untuk tiap pengujian setelah didapatkan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian Rendaman 0 jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	0 jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	12	12	12	12	12
Total	60				

Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian Rendaman 48 jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	48 jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	9	9	9	9	9
Total	45				

Tabel 4.10 Jumlah Benda Uji untuk Tiap Pengujian Rendaman 96 jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	96 jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	9	9	9	9	9
Total	45				

Berdasarkan Tabel 4.8, Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 didapatkan total keseluruhan benda uji setelah mendapatkan nilai KAO adalah sebanyak 15 buah. Sehingga jumlah benda uji dalam penelitian ini sebanyak 165 buah benda uji. Campuran agregat aspal merupakan campuran aspal dengan agregat bergradasi tertentu dan dengan perbandingan tertentu. Campuran agregat terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Masing-masing bahan penyusun campuran harus memenuhi spesifikasi tertentu, misalnya satu kondisi dimana *filler* berasal dari sumber lain atau dengan menggunakan bahan yang berbeda, maka berat jenis *filler* pengganti harus digunakan untuk memberikan koreksi atas komposisi (volume) bahan susun agregat aspal. Pada penelitian ini, penggunaan kadar *filler* di substitusikan, kadar *filler* debu batu dan serbuk batu bata dengan persentase 0, 25, 75, dan 100. Maka perhitungan *filler* dalam satu benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Berat *Filler* Debu Batu (DB) dan Serbuk Batu Bata (SBB)

Kadar Aspal (%)	Variasi Kadar <i>Filler</i> Serbuk Batu Bata (%)									
	0		25		50		75		100	
	DB	SBB	DB	SBB	DB	SBB	DB	SBB	DB	SBB
5	114	0	85,5	26,38	57,00	52,75	28,50	79,13	0	105,51
5,5	113,4	0	85,05	26,24	56,70	52,48	28,35	78,71	0	104,95
6	112,8	0	84,60	26,10	56,40	52,20	28,20	78,30	0	104,40
6,5	112,2	0	84,15	25,96	56,10	51,92	28,05	77,88	0	103,84
7	111,6	0	83,70	25,82	55,80	51,64	27,90	77,46	0	103,28

Kebutuhan agregat pada campuran SMA 0/11 dengan kadar aspal optimum untuk setiap persen *filler* pengganti dapat dilihat pada Tabel 4.12 sampai Tabel 4.16 dibawah ini.

Tabel 4.12 Kebutuhan Agregat dengan Kadar *Filler* Pengganti 0%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
<i>Filler</i> Debu Batu						112,2	1122
<i>Filler</i> Serbuk Batu Bata						0	1122

Tabel 4.13 Kebutuhan Agregat dengan Kadar *Filler* Pengganti 25%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
<i>Filler</i> Debu Batu						84,15	1093,95
<i>Filler</i> Serbuk Batu Bata						25,960	1119,910

Tabel 4.14 Kebutuhan Agregat dengan Kadar *Filler* Pengganti 50%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
<i>Filler</i> Debu Batu						56,1	1065,9
<i>Filler</i> Serbuk Batu Bata						51,920	1117,820

Tabel 4.15 Kebutuhan Agregat dengan Kadar *Filler* Pengganti 50%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
<i>Filler</i> Debu Batu						28,05	1037,85
<i>Filler</i> Serbuk Batu Bata						77,880	1115,730

Tabel 4.16 Kebutuhan Agregat dengan Kadar *Filler* Pengganti 100%

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inchi	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	19	100	100	100	100		
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	65	57	43	426,36	482,46
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,79	701,25
No.8	2,36	20	30	25	75	140,25	841,5
No.50	0,3	10	22	15	85	112,2	953,7
No.200	0,075	8	12	10	90	56,1	1009,8
<i>Filler</i> Debu Batu						0	1009,8
<i>Filler</i> Serbuk Batu Bata						103,840	1113,640

4.4.4 Perendaman Air Sungai

Langkah-langkah perendaman air sungai adalah sebagai berikut ini.

1. Memastikan benda uji telah bersih dari kotoran yang menempel.
2. Mengukur ketinggian benda uji pada tiga tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian 0,01 mm.
3. Menimbang benda uji untuk mengetahui berat keringnya.
4. Merendam benda uji menggunakan air sungai dengan variasi lama rendaman 48 jam dan 96 jam.

4.4.5 Pengujian *Marshall*

Langkah-langkah pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air sungai kedalam air biasa selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air
2. Menimbang benda uji didalam air, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak air dan dikeringkan dengan mengelap permukaan benda uji.
3. Menimbang benda uji pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Merendam benda uji kedalam water bath dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 0,5 jam.

5. Membersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan penuntun sehingga kepala penekan (*test head*) terlebih dahulu. Lalu melumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas
6. Mengeluarkan benda uji dari *water bath* dan meletakkannya ke dalam segmen bawah kepala penekan.
7. Memasag segmen atas diatas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
8. Memasang 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.
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 pebebanan maksimum yang tercapai (stabilitas) serta angka pada arloji kelelahan (*flow*).
11. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jaru arloji kelelahan dicatat.
12. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.6 Pengujian Permeabilitas

Langkah-langka pengujian permeabilitas adalah sebagai berikut ini.

1. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Meletakkan benda uji pada alat uji permeabilitas untuk dilakukan pengujian.
3. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.7 Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)*

Hal yang membedakan pengujian *Marshall* standar dengan pengujian ini adalah pada lama perendaman didalam *water bath*, yaitu selama 24 jam. Langkah-langkah pengujian *IRS* adalah sebagai berikut ini.

1. Merendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air sungai selama 24 jam pada suhu ruang, hal ini dilakukan agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Setelah benda uji menjadi jenuh air, kemudian ditimbang didalam air.
3. Mengelap benda uji, lalu ditimbang dalam keadaan permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Merendam benda uji didalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian *Marshall* seperti pada sub bab 4.4.4.
6. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.8 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Langkah-langkah pengujian *ITS* adalah sebagai berikut ini.

1. Meletakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air sungai pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
2. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.
3. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.4.9 Pengujian *Cantabro*

Langkah-langkah pengujian *Cantabro* adalah sebagai berikut ini.

1. Meletakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air sungai ke dalam benda uji *Los Angeles* tanpa bola baja.
2. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian.
3. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data

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

1. Analisis karakteristik *Marshall*

Berdasarkan pengujian *Marshall*, didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
- b. Berat benda uji didalam air (gram).
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh (gram).
- d. Tebal benda uji.
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
- f. Pembacaan arloji kelelahan (mm).

Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus-rumus berikut ini.

- a. Berat jenis aspal

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

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 dengan air (gram).

- b. Berat jenis agregat

$$BJ \text{ (Agregat)} = \frac{(A.F1)+(A.F2)}{100} \quad (4.3)$$

dengan:

A = Presentase agregat kasar,

B = Presentase agregat halus,

F1 = Berat jenis agregat kasar, dan

F2 = Berat jenis agregat halus.

- c. Nilai-nilai stabilitas menggunakan Persamaan 3.1.
- d. Kelelahan (*flow*) dibaca dari pembacaan arloji kelelahan.
- e. *Void in ix (VIM)* menggunakan Persamaan 3.6.
- f. *Void in Mineral Aggregate (VMA)* menggunakan Persamaan 3.7.
- g. *Volume of Void Filled With Asphalt (VFWA)* menggunakan Persamaan 3.8.
- h. *Marshall Quotient (MQ)* menggunakan Persamaan 3.9

2. Analisis kadar aspal optimum (KAO)

Pemilihan kadar aspal optimum (KAO) pada campuran SMA ditentukan pada karakteristik pada hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi kriteria parameter berikut ini.

- a. *Void in Mix (VIM)* dengan persyaratan 4%.
- b. *Void in Mineral Aggregate (VMA)* dengan syarat minimum 17%.
- c. Kadar aspal campuran dengan syarat minimum 6%.

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* tersebut telah memenuhi parameter, maka diperoleh batas maksimum dan batas minimum. Nilai kadar aspal optimum didapatkan dari nilai tengah antara batas maksimum dan batas optimum.

3. Analisis uji permeabilitas

Nilai permeabilitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12.

4. Analisis uji *Index of Retained Strength (IRS)*

Nilai uji *IRS* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.11.

5. Analisis uji *Indirect Tensile Strength (ITS)*

ITS adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.10.

6. Analisis uji *Cantabro Loss*

Nilai uji *Cantabro* dapat dihitung menggunakan rumus Persamaan 3.13.

7. Analisis Statistik

Data-data seperti karakteristik *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro* dengan parameter *filler* serbuk batu bata serta lama rendaman air sungai terhadap kinerja campuran SMA dianalisis

menggunakan analisis statistik Anova dua arah. Metode ini digunakan karena terdapat tiga variabel bebas yang masing-masing terbagi menjadi beberapa kelompok. Variabel bebas adalah *filler* serbuk batu bata, yang terbagi menjadi beberapa *treatment* berupa variasi lama rendaman air sungai.

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

- a. Merumuskan hipotesis (H_0) dan Hipotesis alternatif (H_1)

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

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

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

- b. Menentukan nilai α atau tingkat signifikan.

- c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan.

- d. Penggunaan tabel distribusi F

Nilai F-tabel bergantung dengan nilai α dan df.

- e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

Daerah nilai dan penerimaan dibatasi oleh nilai α dan F-hitung.

- f. Perumusan keputusan H_0 dan H_1

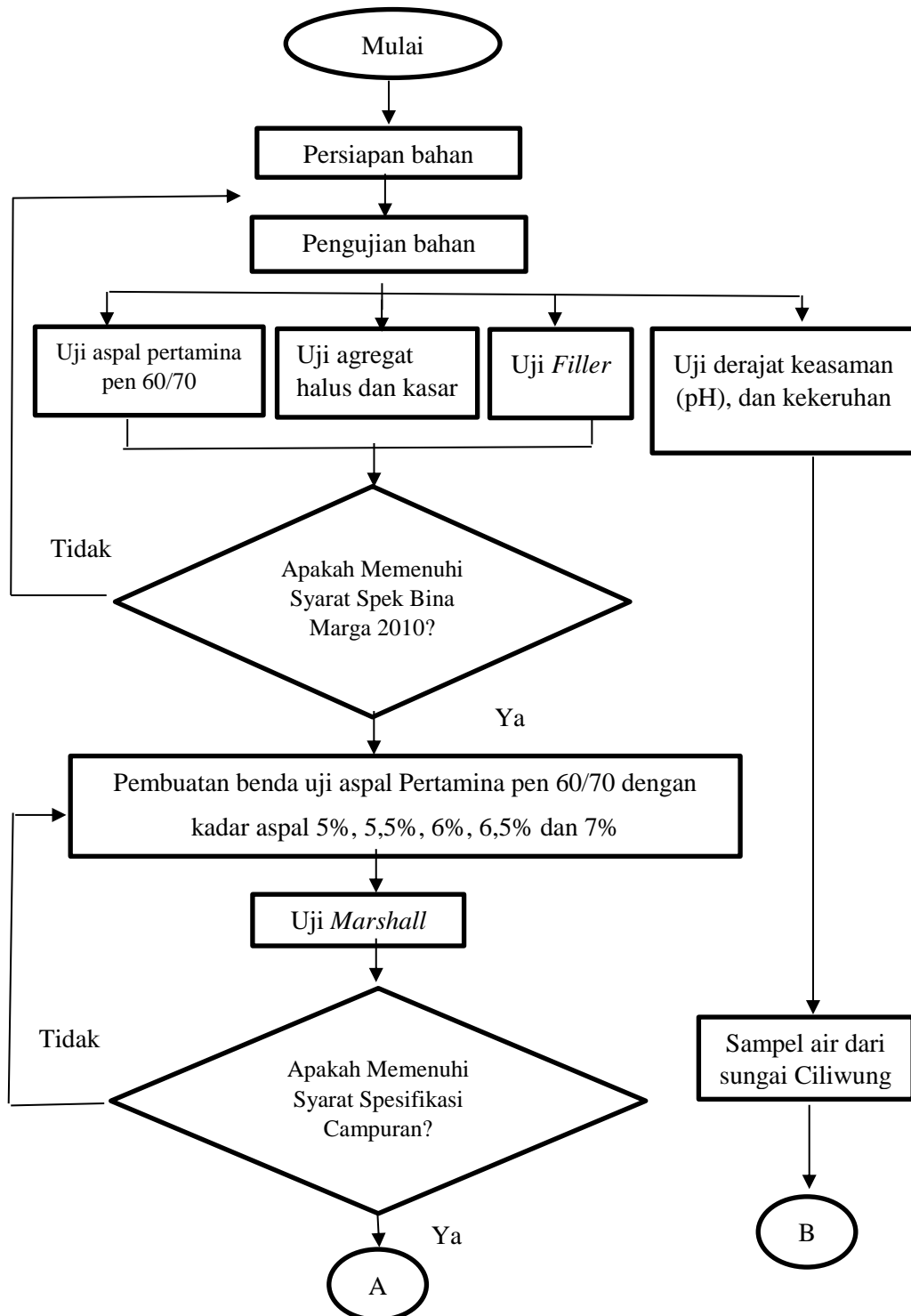
H_0 = Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh lama rendaman air sungai terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* yang menggunakan variasi *filler* serbuk batu bata.

H_1 = Ada perbedaan signifikan pengaruh lama rendaman air sungai terhadap campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* yang menggunakan variasi *filler* serbuk batu bata.

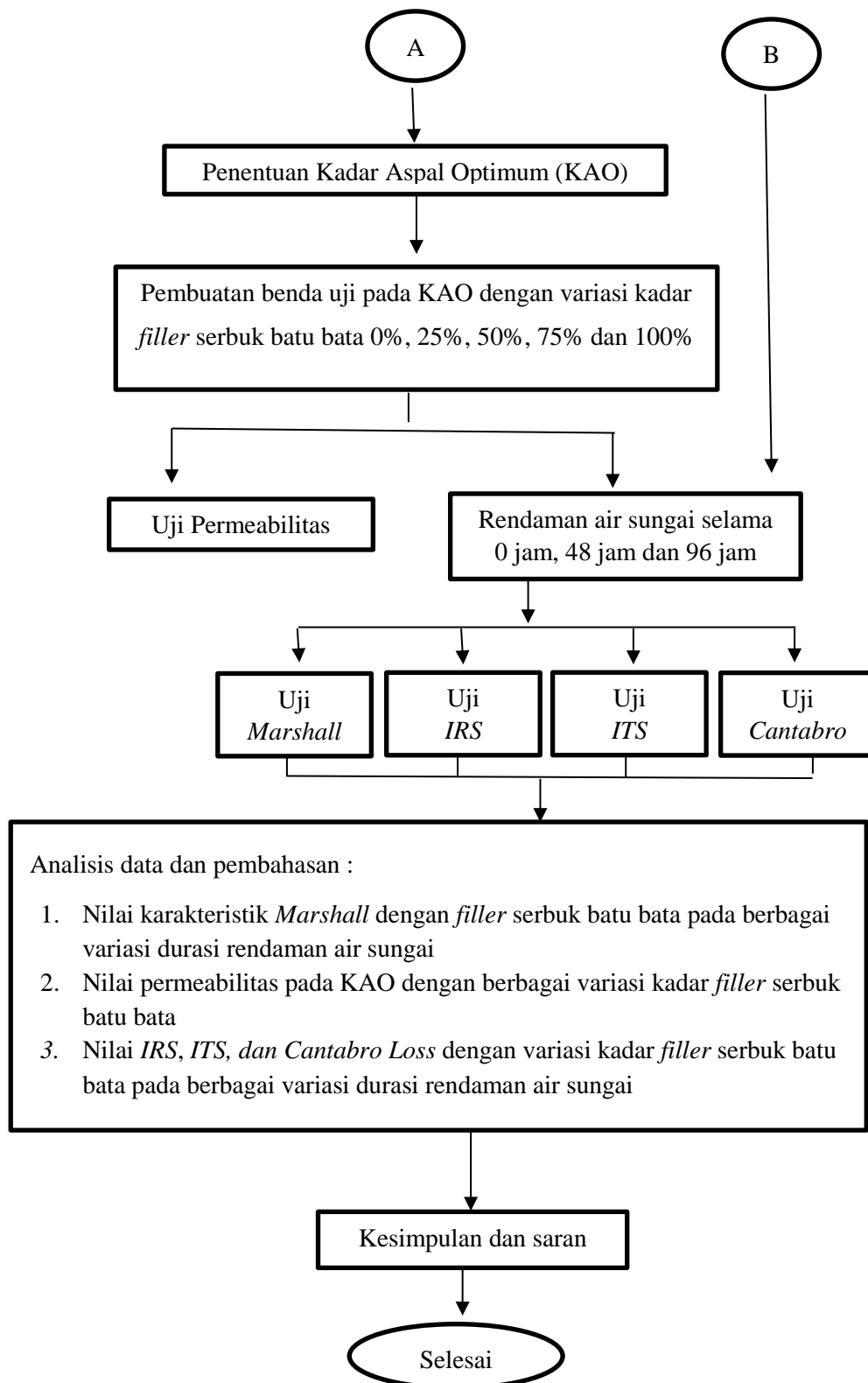
Jika nilai rasio uji berada di daerah penerimaan maka H_0 diterima, sedangkan jika nilai rasio berada di daerah penolakan maka H_1 diterima.

4.6 Bagan Alir Metode Penelitian

Bagan alir (*flowchart*) adalah gambaran singkat tentang tahapan-tahapan dalam penelitian, yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian



Lanjutan Gambar 4.2 Bagan Alir Metode Penelitian