

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data yang didapat akan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, selanjutnya data yang didapatkan dapat dibandingkan dengan persyaratan atau standar spesifikasi yang digunakan. Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan *American Association of State Highway and Transport (AASHTO)*, Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir 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 yang ditentukan dari awal penelitian. Pada penelitian ini sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan *filler* abu sekam padi yang didapatkan dari Prawirotaman, Yogyakarta. Aspal yang digunakan adalah Pertamina Pen 60/70.

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian Tugas Akhir ini dilakukan selama pengujian. Pengelompokan benda uji dilakukan untuk mempermudah pengambilan data. Pada pengelompokan data ini akan didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*, *MQ*, *VIM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *IRS*, nilai *ITS*, angka *Poisson* dan nilai *Cantabro*.

4.4 Tahapan Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya. Pada penelitian *Poisson Ratio* dilakukan di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan adalah persiapan dan pemeriksaan material, persiapan alat, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall*, pengujian perendaman (*immersion*), pengujian *Indirect Tensile Strength*, pengujian *Cantabro* dan pengujian *Poisson Ratio*. Tahap penelitian pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Pembuatan benda uji campuran *Stone Matrix Asphalt* dalam penelitian tugas akhir ini menggunakan material aspal dan agregat yang dilakukan pengujian sebelum digunakan. Serat selulosa yang digunakan berupa dedak padi tidak dilakukan pengujian, karena mengacu pada hasil penelitian terdahulu.

Pemeriksaan material dilakukan untuk mengetahui kelayakan material telah memenuhi spesifikasi yang digunakan atau belum. Pemeriksaan material berpedoman pada SNI, *ASTM* dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Pengujian untuk agregat dan aspal adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Agregat

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada SNI 1969 : 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 kasar.

- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada 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 mengacu pada SNI 06-2439-1991.

Pengujian ini bertujuan 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

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

e. Pengujian *Sand Equivalent* mengacu pada 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 mengacu pada SNI-2417 : 2008.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan/abrasidengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

2. Pengujian Bahan pengisi (*Filler*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis masing-masing *filler* abu batu dan abu sekam padi.

3. Pengujian Aspal

a. Pengujian penetrasi aspal mengacu pada SNI 06-2456-1991.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal termasuk kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*).

b. Pengujian berat jenis aspal mengacu pada 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 mengacu pada 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 mengacu pada 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.

- e. Pengujian kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida atau Trichloroethylene mengacu pada *ASTM D5546*.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam Karbon Tetra Klorida. Pada pengujian ini akan mengetahui kemurnian aspal terhadap bahan lainnya.

- f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar mengacu pada 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).

4.4.2 Persiapan Alat

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

1. Peralatan pengujian sifat fisik aspal adalah alat ukur penetrasi aspal, daktilitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala dan titik bakar aspal.
2. Peralatan pengujian sifat fisik agregat adalah piknometer, mesin *Los Angeles*, saringan standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent*.
3. Cetakan untuk benda uji adalah berbentuk silinder (*mold*) dengan diameter 10 cm (4'') dan tinggi 7,5 cm (3'') yang 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 pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.

6. Bak perendam (*W*) dilengkapi dengan *waterbath* pengatur suhu minimum 20°C.
7. *Compactor* adalah 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* adalah alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
10. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test* adalah 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.
11. Seperangkat alat uji *Poisson Ratio*.
12. Seperangkat mesin *Los Angeles* untuk uji *Cantabro*, yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm panjang dalam 50 cm. Silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm.
13. Peralatan penunjang lainnya adalah kompor, wajan, spatula, sarung tangan karet, gelas ukur, panci, kain lap, bak plastik, jangka sorong, termometer, ember dan lain-lain.

4.4.3 Perancangan Campuran (*Mix Design*)

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai campuran *Stone Matrix Asphalt* 12,5 mm. Hal ini dilakukan guna mengetahui sifat-sifat material tersebut apakah

telah memenuhi persyaratan atau belum sehingga dapat mendapatkan campuran aspal yang baik.

Setelah melakukan pengujian sifat fisik agregat dan aspal, selanjutnya yaitu dilakukan penyaringan agregat menggunakan saringan standar. Gradasi agregat penyusun campuran *Stone Matrix Asphalt* adalah gradasi senjang (*gap graded*) yang didominasi oleh agregat kasar.

Pembuatan campuran *SMA* 12,5 mm menurut *AASHTO* dalam Suaryana (2012) adalah sebagai berikut ini.

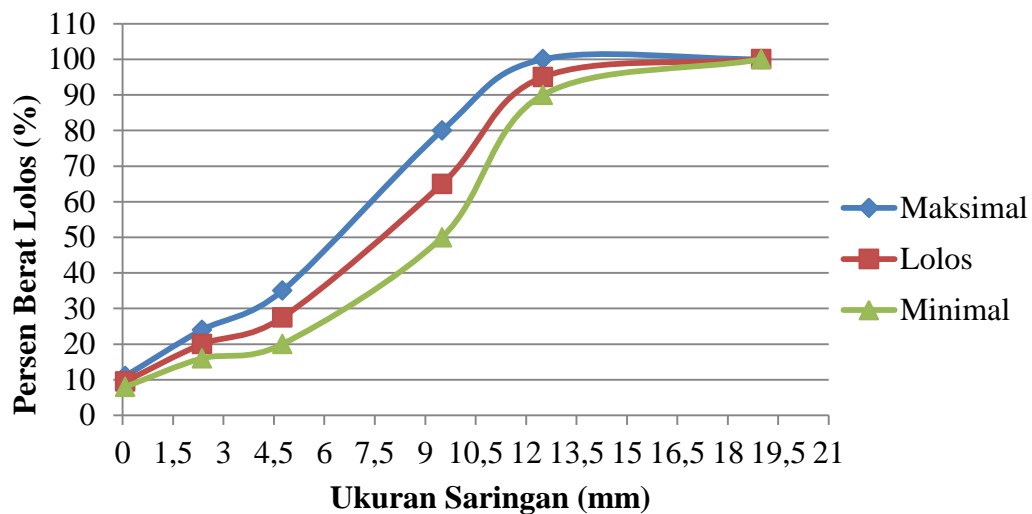
1. Membuat komposisi agregat untuk menjamin kontak antar butiran terjadi dengan baik, didapatkan jika nilai VCA memenuhi syarat $VCA_{mix} / VCA_{drc} < 1,0$.
2. Menentukan variasi kadar aspal pada campuran dengan perhitungan P_b .
3. Melakukan pembuatan benda uji yang dipadatkan dengan alat pemadat *Marshall* dengan 2x75 tumbukan.
4. Menentukan nilai Kadar Aspal Optimum berdasarkan kriteria parameter berikut ini.
 - a. VIM dengan persyaratan 4%.
 - b. VMA dengan syarat minimum 17%.
 - c. Kadar aspal campuran dengan syarat minimum 6%.

Perencanaan gradasi agregat campuran *Stone Matrix Asphalt* 12,5 mm dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Gradasi Agregat Campuran *Stone Matrix Asphalt* 12,5 mm

Ukuran saringan		Spesifikasi (%)		Jumlah Persen (%)	
inci	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan
3/4 "	19	100	100	100	0
1/2 "	12,5	90	100	95	5
3/8 "	9,5	50	80	65	35
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5
No. 8	2,36	16	24	20	80
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5
Pan		0	0	0	100

Sumber : *AASHTO* dalam *TRB* (2011)



Gambar 4.1 Gradasi Agregat Campuran *Stone Matrix Asphalt* 12,5 mm

Perkiraan awal (P_b) kadar aspal optimum (KAO), dapat diperoleh menggunakan Persamaan 4.1.

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

dengan :

CA = Persen agregat tertahan saringan No.8,

FA = Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200, dan

Filler = Persen agregat minimal 75% lolos No.200, dan

K = Konstanta.

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan awal (P_b), didapatkan nilai P_b adalah 6%. Syarat kadar aspal pada spesifikasi *AASHTO* untuk campuran *SMA* 12,5 mm adalah minimum 6%. 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. Kadar serat selulosa yaitu dedak padi pada masing-masing benda uji menurut *AASHTO* adalah sebesar 0,3% terhadap berat total campuran, yaitu sebanyak 3,6 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 berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gram)	
inci	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
¾"	19	100	100	100			
½"	12,5	90	100	95	5	57	57
3/8"	9,5	50	80	65	35	342	399
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5	427,5	826,5
No. 8	2,36	16	24	20	80	85,5	912
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5	119,7	1031,7
Pan		0	0	0	100	108,3	1140
Jumlah						1140	

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gram)	
inci	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
¾"	19	100	100	100			
½"	12,5	90	100	95	5	56,7	56,7
3/8"	9,5	50	80	65	35	340,2	396,9
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5	425,25	822,15
No. 8	2,36	16	24	20	80	85,05	907,2
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5	119,07	1026,27
Pan		0	0	0	100	107,73	1134
Jumlah						1134	

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gram)	
inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
¾"	19	100	100	100			
½"	12,5	90	100	95	5	56,4	56,4
3/8"	9,5	50	80	65	35	338,4	394,8
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5	423	817,8
No. 8	2,36	16	24	20	80	84,6	902,4
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5	118,44	1020,84
Pan		0	0	0	100	107,16	1128
Jumlah						1128	

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gram)	
inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
¾"	19	100	100	100			
½"	12,5	90	100	95	5	56,1	56,1
3/8"	9,5	50	80	65	35	336,6	392,7
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5	420,75	813,45
No. 8	2,36	16	24	20	80	84,15	897,6
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5	117,81	1015,41
Pan		0	0	0	100	106,59	1122
Jumlah						1122	

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%

Ukuran Saringan		Spesifikasi (%)		Persen Agregat (%)		Berat Tertahan (gram)	
inci	Mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
¾"	19	100	100	100			
½"	12,5	90	100	95	5	55,8	55,8
3/8"	9,5	50	80	65	35	334,8	390,6
No. 4	4,75	20	35	27,5	72,5	418,5	809,1
No. 8	2,36	16	24	20	80	83,7	892,8
No. 200	0,075	8	11	9,5	90,5	117,18	1009,98
Pan		0	0	0	100	106,02	1116
Jumlah						1116	

Jumlah benda uji yang digunakan untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Abu Sekam Padi Sebagai <i>Filler</i> Pengganti (%)				
Kadar Aspal (%)	0	25	50	75
5,0	3	3	3	3
5,5	3	3	3	3
6,0	3	3	3	3
6,5	3	3	3	3
7,0	3	3	3	3
Total 60 Buah				

Jumlah benda uji untuk tiap pengujian setelah didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian Karakteristik pada KAO

Filler ASP (%)	Pengujian				
	<i>Marshall</i>	<i>IRS</i>	<i>ITS</i>	<i>Poisson Ratio</i>	<i>Cantabro</i>
0	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3
50	3	3	3	3	3
75	3	3	3	3	3
Total benda uji	60 buah				

Total benda uji dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebanyak 120 buah benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan dengan mengacu pada *AASHTO T-245-74* dan *ASTM D-1559-62 T*.

Pada variasi kadar aspal didapatkan berat agregat yang lolos saringan 200 sehingga didapatkan berat *filler* yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan *filler* debu batu dan *filler* pengganti yaitu abu sekam padi. Berat *filler* dapat dihitung berdasarkan berat volume dari masing-masing *filler*, dimana menentukan berat volume perlu diketahui berat jenis pada masing-masing *filler* karena abu sekam padi hanya berperan sebagai *filler* pengganti yang memiliki berat jenis lebih kecil dari abu batu.

Setelah dilakukan pengujian, berat jenis untuk masing-masing *filler* yaitu debu batu sebesar $2,553 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis abu sekam padi sebesar $1,953 \text{ gr/cm}^3$. Hal ini guna mengetahui berat antar masing-masing *filler* sehingga dapat melingkupi volume yang sama berdasarkan perbandingan volume. Berat untuk masing-masing *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Berat Debu Batu dan Abu Sekam Padi

Kadar Aspal (%)	Variasi Kadar Abu Sekam Padi Sebagai <i>Filler</i> Pengganti (%)							
	0		25		50		75	
	Abu Sekam Padi	Debu Batu	Abu Sekam Padi	Debu Batu	Abu Sekam Padi	Debu Batu	Abu Sekam Padi	Debu Batu
5,0	0,00	108,30	20,71	81,23	41,41	54,15	62,12	27,08
5,5	0,00	107,73	20,60	80,80	41,20	53,87	61,79	26,93
6,0	0,00	107,16	20,49	80,37	40,98	53,58	61,47	26,79
6,5	0,00	106,59	20,38	79,94	40,76	53,30	61,14	26,65
7,0	0,00	106,02	20,27	79,52	40,54	53,01	60,81	26,51

4.4.4 Pengujian *Marshall*

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

1. Menimbang benda uji keadaan kering.
2. Mengukur tinggi benda uji.
3. Merendam benda uji ke dalam air biasa selama 16-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
4. Mengangkat dan menimbang benda uji dalam air.
5. Mengelap permukaan benda uji, kemudian menimbanginya pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
6. Merendam benda uji ke dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
7. Membersihkan dahulu alat *Marshall* yaitu batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam kepala penekan (*test head*). Kemudian melumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas.
8. Mengeluarkan benda uji dari *waterbath* dan meletakkannya ke alat *Marshall* yaitu ke dalam segmen bawah kepala penekan. Dan memasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin pengujian.
9. Selanjutnya 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 kelelehan ditekan pada segmen atas dari kepala penekan.

10. Kemudian menaikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji. Mengatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
11. Dilakukan pembebanan yang 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 kelelehan (*flow*).
12. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelehan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelehan dicatat.

4.4.5 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Langkah-langkah pengujian *Immersion Test* adalah sebagai berikut.

1. Melakukan langkah seperti pengujian *Marshall* seperti poin 1-5 pada sub bab 4.4.4.
2. Merendam 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.
4. Mengelap permukaan benda uji, lalu ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
5. Merendam benda uji kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
6. Melakukan serangkaian pengujian *Marshall* seperti pada sub bab 4.4.4.

4.4.6 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

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

1. Mempersiapkan bahan.
2. Mengukur diameter dan tinggi benda uji.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian pembebanan.
4. Memasang arloji pengukur stabilitas dan kelelehan dengan ketelitian 0,25 mm.

5. Menyalakan mesin dan menghentikan mesin ketika arloji stabilitas telah berjalan berlawanan arah jarum jam.
6. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.

4.4.7 Pengujian *Poisson Ratio*

Langkah-langkah pengujian *Poisson Ratio* adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Mengukur tinggi benda uji pada arah vertikal dan horizontal untuk mendapatkan tinggi mula benda uji.
3. Meletakkan benda uji pada alat *Poisson Ratio* untuk dilakukan pengujian.
4. Menyiapkan dial untuk arah vertikal satu buah dan arah horizontal dua buah.
5. Memasang dial regangan pada arah horizontal untuk sisi depan dan belakang yang sisi ujung dial menempel benda uji bagian tengah serta dial vertikal arah lurus pada sisi depan.
6. Mengoperasikan alat untuk melakukan pembebanan sampai maksimum.
7. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.

4.4.8 Pengujian *Cantabro*

Langkah-langkah pengujian *Cantabro* adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan
2. Menimbang benda uji untuk mendapatkan berat sebelum diabrasi (M_0)
3. Selanjutnya meletakkan benda uji ke dalam mesin *Los Angeles* tanpa bola baja.
4. Memutar mesin dengan kecepatan 30-33 rpm sebanyak 300 putaran.
5. Setelah selesai pemutaran, mengeluarkan benda uji dari mesin kemudian ditimbang lagi untuk mendapatkan berat benda uji setelah dilakukan pengujian abrasi (M_i).
6. Mendapatkan nilai dari hasil pengujian.

4.5 Analisis Data

Analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Pada pengujian *Marshall* didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji kering (*bulk*) (gram).
- b. Berat benda uji di dalam air (gram).
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (SSD) (gram).
- d. Tinggi benda uji.
- e. Nilai dial stabilitas (kg).
- f. Nilai dial kelelehan *flow* (mm).

Karakteristik *Marshall* pada setiap komponen dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.1 dan 4.2 berikut.

- a. Berat jenis aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \quad (4.1)$$

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

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(A.F1)+(B.F2)}{100} \quad (4.2)$$

dengan :

- A = Presentase agregat kasar,
- B = Presentase agregat halus,
- F1 = Berat jenis agregat kasar, dan
- F2 = Berat jenis agregat halus.

- c. Pada nilai stabilitas (*stability*) menggunakan Persamaan 3.8.
- d. Pada nilai kelelehan (*flow*) dari pembacaan arloji kelelehan.
- e. Pada nilai *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*) menggunakan Persamaan 3.3.

- f. Pada nilai *VIM* (*Void in Mix*) menggunakan Persamaan 3.4.
 - g. Pada nilai *VFWA* (*Volume of Void Filled With Asphalt*) menggunakan Persamaan 3.5.
 - h. Pada nilai *MQ* (*Marshall Quotient*) menggunakan Persamaan 3.9.
2. Nilai *Immersion Test* diolah menggunakan Persamaan 3.10.
 3. Analisis *VCA* (*Void in Coarse Aggregate*)
 Nilai *VCAdrc* dan *VCAmix* dihitung menggunakan Persamaan 3.6 dan Persamaan 3.7.
 4. Analisis Kadar Aspal Optimum (KAO)
 Penentuan nilai Kadar Aspal Optimum untuk campuran *SMA* ditentukan dengan melihat karakteristik hasil pengujian *Marshall* yang memenuhi persyaratan 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%.
 Hasil uji *Marshall* yang memenuhi semua persyaratan untuk parameter tersebut, maka diperoleh batas maksimum dan batas minimum. Nilai kadar aspal optimum (KAO) didapatkan dari nilai tengah antara batas maksimum dan minimum.
 5. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*
Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.11.
 6. Analisis Uji *Poisson Ratio*
 Nilai *Poisson Ratio* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.12.
 7. Analisis Uji *Cantabro*
 Nilai *Cantabro* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13.
 8. Analisis Statistik *Anova* Satu Arah
 Data-data seperti karakteristik *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro* dan *Poisson Ratio* dengan parameter abu sekam padi terhadap karakteristik campuran *SMA* 12,5 mm dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova* satu arah. Metode ini digunakan karena terdapat satu

variabel bebas abu sekam padi yang terbagi menjadi beberapa kelompok variasi kadar *filler* pengganti ASP.

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

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

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

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

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

- b. Menentukan nilai α atau tingkat signifikan.

- c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan .

- d. Penggunaan tabel distribusi F

Nilai F-tabel bergantung dari nilai α dan df.

- e. Penentuan daerah penolakan dan kritis

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

- f. Perumusan keputusan H_0 dan H_1

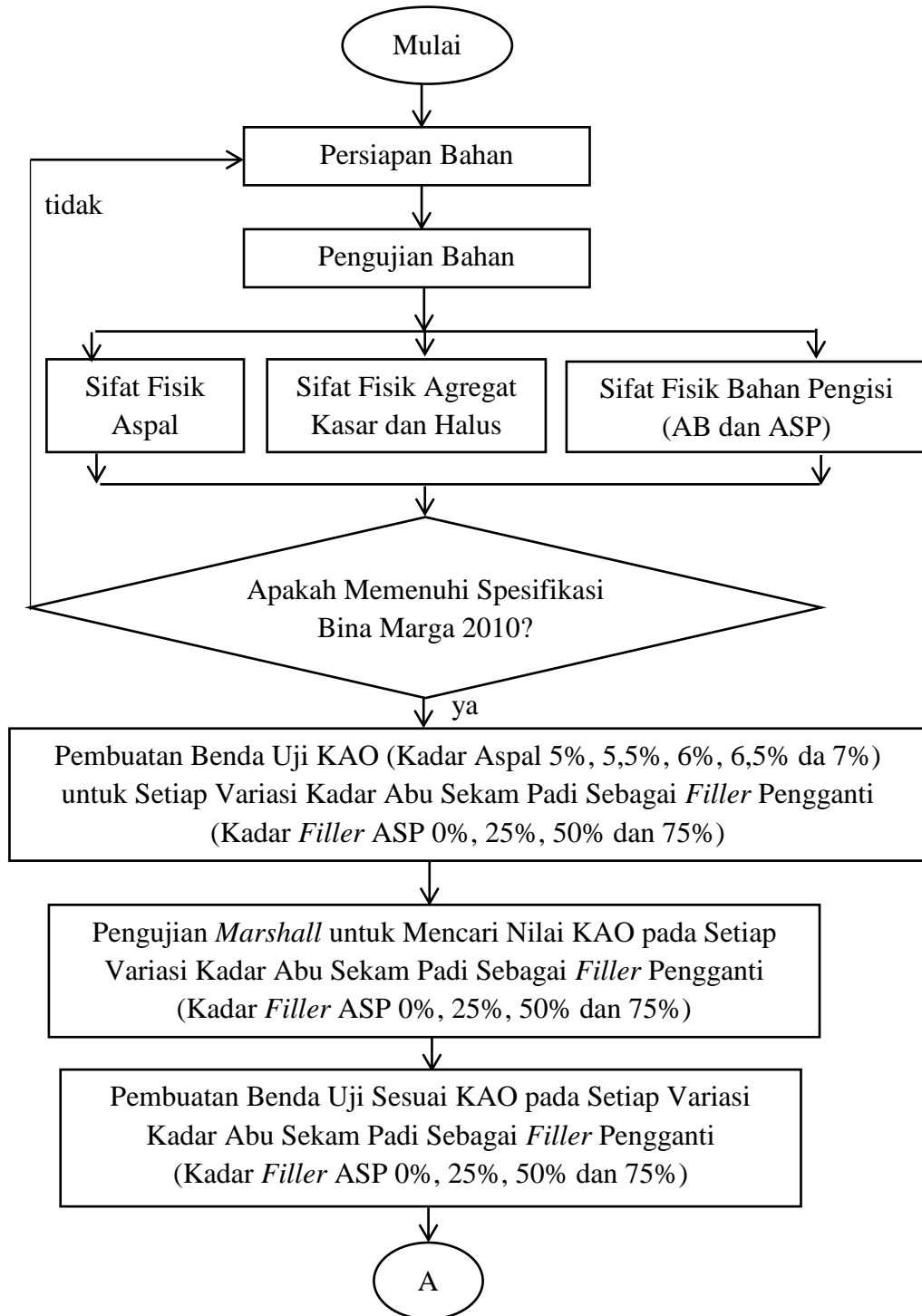
H_0 : Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh abu sekam padi terhadap karakteristik campuran SMA 12,5 mm.

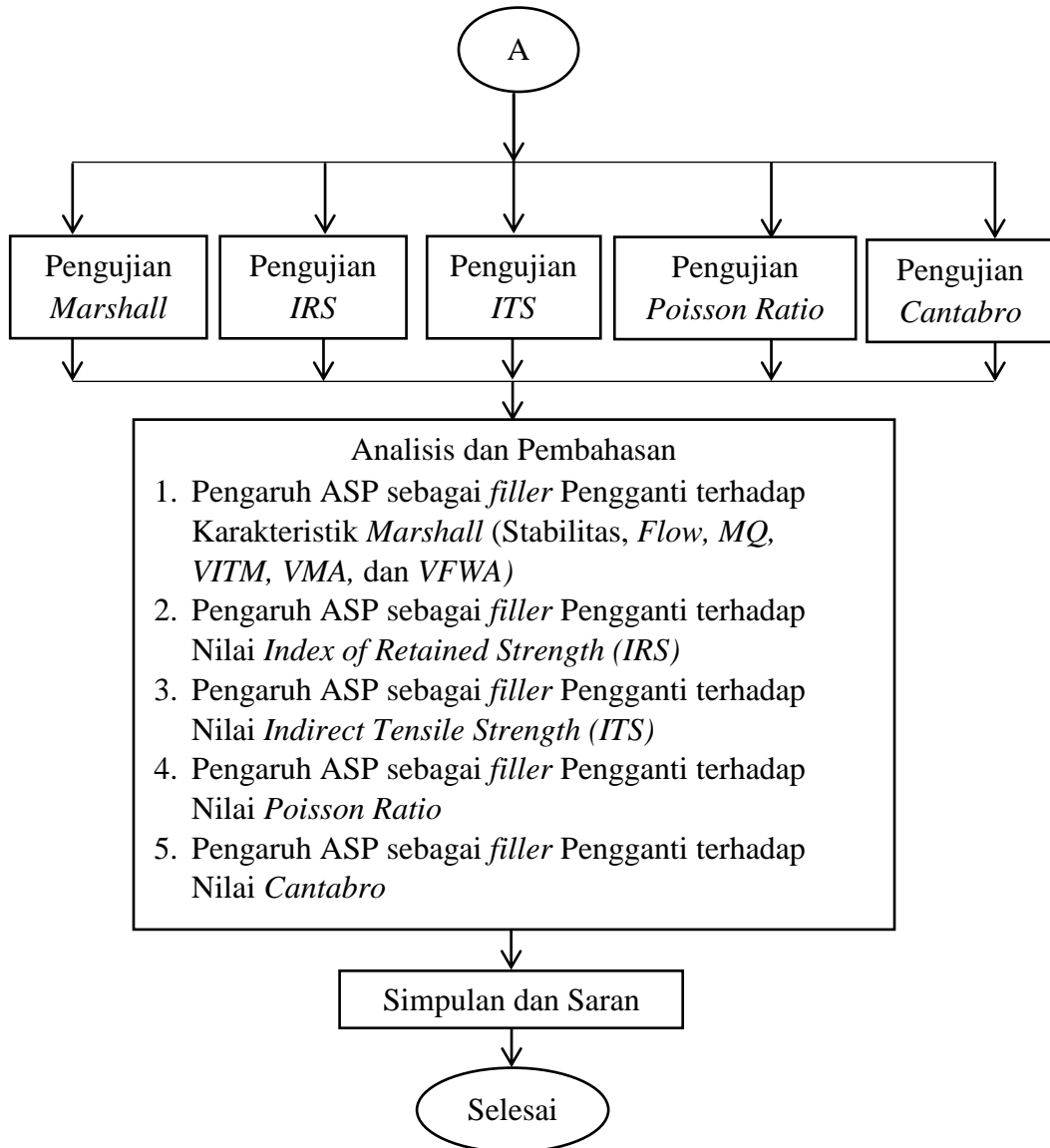
H_1 : Ada perbedaan signifikan pengaruh abu sekam padi terhadap karakteristik campuran SMA 12,5 mm.

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 Penelitian

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





Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian