

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh hasil penelitian secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan merupakan metode penelitian eksperimen. Metode eksperimen adalah metode penelitian yang dilakukan melalui percobaan-percobaan untuk memperoleh data yang akan diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Menurut Zulnaidi (2007) menyatakan bahwa metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkap hubungan sebab akibat dari dua variabel atau lebih.

4.2 Metode Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan data primer. Data primer adalah data yang diperoleh selama pengujian di laboratorium. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan dan pengujian sifat fisik aspal dan agregat.
3. Pemeriksaan bahan tambah *anti-stripping Wetfix Be*.
4. Pembuatan *mix design* campuran aspal porous.
5. Pengujian karakteristik *Marshall*.
6. Pengujian *Asphalt Flow Down*.
7. Pengujian *Cantabro*.
8. Pengujian Permeabilitas.
9. Pengujian perendaman *Marshall (Immersion Test)*.
10. Pengujian kuat tarik (*Indirect Tensile Strength*).
11. Pengujian *Index of Retained Strength*.

4.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Dalam penelitian ini bahan-bahan yang digunakan terdiri dari agregat halus, agregat kasar, aspal dan bahan tambah. Bahan tersebut diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Standar spesifikasi penelitian yang digunakan mengacu pada *AASHTO T 305*, *ASTM C-131*, Standar Nasional Indonesia (SNI) dan spesifikasi Bina Marga 2010.

Urutan penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.

1. Pengujian sifat material bahan perkerasan.
2. Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).
3. Pembuatan sampel campuran aspal porus dengan bahan tambah *anti-stripping Wetfix Be* dengan kadar yang bervariasi pada KAO untuk pengujian *Marshall*, *Indirect tensile Strength*, *Index of retained strength*, IDP, IDK, permeabilitas, perendaman *Asphalt Flow Down*, dan *Cantabro*.
4. Melakukan analisis, pembahasan, dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian.

4.3.1 Pengujian Bahan

Sebelum bahan digunakan pada campuran perkerasan dilakukan pengujian sebagai berikut.

1. Pengujian agregat dan *filler*

Salah satu komponen lapis perkerasan jalan raya adalah agregat. Agregat akan mempengaruhi terhadap daya dukung, mutu, kualitas dan keawetan suatu campuran perkerasan. Maka dari itu perlu dilakukan pengujian terhadap agregat, baik terhadap agregat kasar maupun agregat halus. Pengujian agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan dari agregat halus.

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan dari agregat kasar.

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

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

d. Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* (SNI 2417 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan agar dapat mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

e. Pengujian *sand equivalent* (SNI 3423 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk dapat mengetahui kadar deb dan lumpur atau bahan berlempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian aspal

Pengujian aspal dilakukan untuk dapat mengetahui kualitas aspal. Adapun pengujiannya adalah sebagai berikut.

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

Berat jenis aspal diperlukan untuk mengetahui berat jenis campuran aspal dan agregat, dan berguna untuk menentukan besar nilai *VITM*, nilai *VFWA* dan akan mempengaruhi nilai stabilitas pada pengujian *Marshall*.

b. Pengujian penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian penetrasi bertujuan untuk dapat mengetahui penetrasi aspal. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu yang sudah ditentukan.

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

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

- d. Pemeriksaan kelarutan bitumen dalam *karbon tetra klorida/karbon bisulfida* (SNI – 06-2438-1991)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam *karbon tetraklorida/karbon bisulfida*.

- e. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui temperatur aspal saat mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair.

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

Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal (titik nyala) dan suhu saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

4.3.2 Peralatan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Berikut adalah peralatan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Seperangkat alat pengujian fisik agregat antara lain mesin *Los Angeles*, saringan standar, tabung *Sand Equivalent*.
2. Seperangkat alat uji pengujian fisik aspal diantaranya alat ukur daktalitas aspal, kelarutan aspal, penetrasi aspal, titik lembek aspal, titik nyala, dan titik bakar aspal.
3. Alat uji karakteristik *Marshall* yang meliputi alat tekan yang terdiri dari *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukuran kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18

inch (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), dan oven.

4. Seperangkat alat uji *Immersion Test* yang meliputi alat tekan yang terdiri dari *Proving ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukur stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 *inch* (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.
5. Alat pengujian *Indirect Tensile Strength Test* yang meliputi alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 *inch*, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang seperti kompor pemanas, penumbuk (*compactor*) dengan berat 10 *pound* (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 *inch* (45,7 cm), cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm, spatula, bak perendaman (*water bath*), oven.
6. Seperangkat alat uji permeabilitas (*Falling Head Permeability Test*), yang meliputi tabung dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 80 cm, 2 buah *statif*, klem permeabilitas, *stopwatch*.

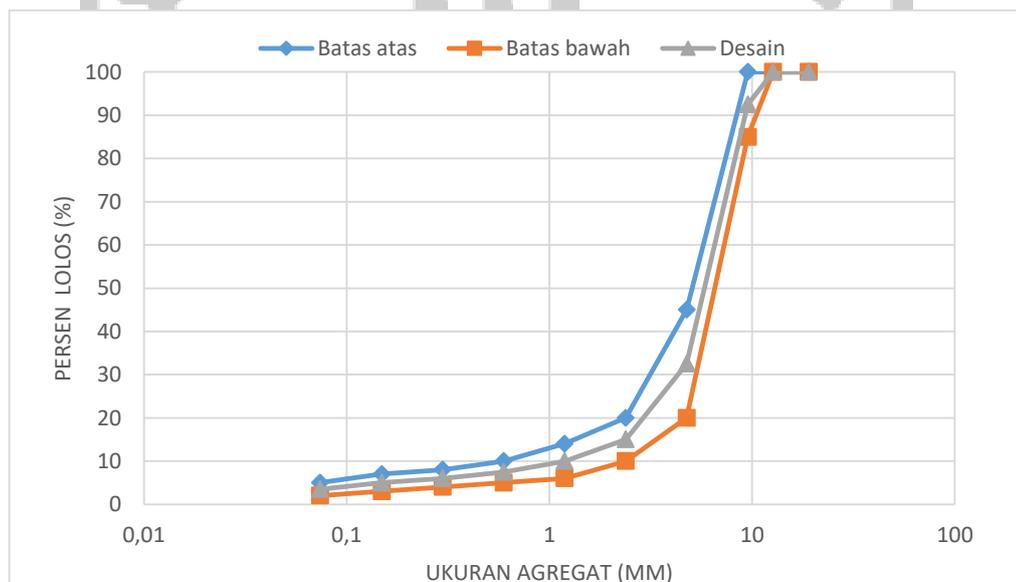
4.3.3 Perencanaan Komponen

Komponen bahan campuran *aspal porous* terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, aspal dan *Anti Stripping Wetfix Be* sebagai bahan tambah diuji terlebih dahulu. Pengujian bertujuan untuk mengetahui sifat fisik material apakah sudah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Setelah pengujian, proses selanjutnya yaitu penyaringan agregat dengan menggunakan saringan yang telah ditentukan. Penyaringan ini dilakukan untuk merencanakan jenis agregat yang akan digunakan ke dalam campuran. Pemilihan gradasi akan mempengaruhi *workability* serta tingkat stabilitas campuran, sehingga perlu dibuat rencana gradasi agregat. Adapun rencana gradasi agregat untuk campuran *aspal porous* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan (mm)	Ag. Maks. 10 mm		
	Spesifikasi % Berat yang Lolos (AAPA 2004)	% Berat yang Lolos	% Berat yang Tertahan
19,00	100	100	0,00
12,70	100	100	0,00
9,53	85 – 100	92,5	7,50
4,76	20 – 45	32,5	60,00
2,38	10 – 20	15	17,50
1,19	6 – 14	10	5,00
0,595	5 – 10	7,5	2,50
0,297	4 – 8	6	1,50
0,149	3 – 7	5	1,00
0,074	2 – 5	3,5	1,50
Pan			3,5
Total			100

Berikut ini merupakan grafik rencana gradasi rencana yang digunakan ke dalam campuran, dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.

**Gambar 4.1 Rencana Gradasi Campuran Aspal Porus**

Berdasarkan *AAPA (2004)* kadar aspal yang digunakan untuk agregat dengan ukuran maksimum 10 mm adalah pada kisaran 5% - 6,5%. Sehingga kadar aspal yang digunakan pada campuran ini adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Adapun kebutuhan agregat untuk tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi (%)		Jumlah (%)		Tertahan (gr)	
	Max	Min	Lolos (%)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan Kum. (gr)
19	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
12,7	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
9,53	100	85	92,5	7,50	85,50	85,50
4,76	45	20	32,5	60,00	684,00	769,50
2,38	20	10	15,0	17,50	199,50	969,00
1,19	14	6	10,0	5,00	57,00	1026,00
0,595	10	5	7,5	2,50	28,50	1054,50
0,297	8	4	6,0	1,50	17,10	1071,60
0,149	7	3	5,0	1,00	11,40	1083,00
0,074	5	2	3,5	1,50	17,10	1100,10
Pan				3,50	39,90	1140,00

Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 5,5%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi (%)		Jumlah (%)		Tertahan (gr)	
	Max	Min	Lolos (%)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan Kum. (gr)
19	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
12,7	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
9,53	100	85	92,5	7,50	85,05	85,05
4,76	45	20	32,5	60,00	680,40	765,45
2,38	20	10	15,0	17,50	198,45	963,90
1,19	14	6	10,0	5,00	56,70	1020,60
0,595	10	5	7,5	2,50	28,35	1048,95
0,297	8	4	6,0	1,50	17,01	1065,96
0,149	7	3	5,0	1,00	11,34	1077,30
0,074	5	2	3,5	1,50	17,01	1094,31
Pan				3,50	39,69	1134,00

Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi (%)		Jumlah (%)		Tertahan (gr)	
	Max	Min	Lolos (%)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan Kum. (gr)
19	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
12,7	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
9,53	100	85	92,5	7,50	84,60	84,60
4,76	45	20	32,5	60,00	676,80	761,40
2,38	20	10	15,0	17,50	197,40	958,80
1,19	14	6	10,0	5,00	56,40	1015,20
0,595	10	5	7,5	2,50	28,20	1043,40
0,297	8	4	6,0	1,50	16,92	1060,32
0,149	7	3	5,0	1,00	11,28	1071,60
0,074	5	2	3,5	1,50	16,92	1088,52
Pan				3,50	39,48	1128,00

Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 6,5%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi (%)		Jumlah (%)		Tertahan (gr)	
	Max	Min	Lolos (%)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan Kum. (gr)
19	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
12,7	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
9,53	100	85	92,5	7,50	84,15	84,15
4,76	45	20	32,5	60,00	673,20	757,35
2,38	20	10	15,0	17,50	196,35	953,70
1,19	14	6	10,0	5,00	56,10	1009,80
0,595	10	5	7,5	2,50	28,05	1037,85
0,297	8	4	6,0	1,50	16,83	1054,68
0,149	7	3	5,0	1,00	11,22	1065,90
0,074	5	2	3,5	1,50	16,83	1082,73
Pan				3,50	39,27	1122,00

Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal 7%

Ukuran Butir (mm)	Spesifikasi (%)		Jumlah (%)		Tertahan (gr)	
	Max	Min	Lolos (%)	Tertahan (%)	Tertahan (gr)	Tertahan Kum. (gr)
19	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
12,7	100	100	100,0	0,00	0,00	0,00
9,53	100	85	92,5	7,50	83,70	83,70
4,76	45	20	32,5	60,00	669,60	753,30
2,38	20	10	15,0	17,50	195,30	948,60
1,19	14	6	10,0	5,00	55,80	1004,40
0,595	10	5	7,5	2,50	27,90	1032,30
0,297	8	4	6,0	1,50	16,74	1049,04
0,149	7	3	5,0	1,00	11,16	1060,20
0,074	5	2	3,5	1,50	16,74	1076,94
Pan				3,50	39,06	1116,00

4.4 Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji di buat pada masing-masing pengujiannya disesuaikan pada kebutuhan penelitian, seperti pada Tabel 4.7 dan 4.8 berikut.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Variasi Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji		
	<i>Marshall</i>	<i>Asphalt Flow Down</i>	<i>Cantabro</i>
5%	3	3	3
5,5%	3	3	3
6%	3	3	3
6,5%	3	3	3
7%	3	3	3
Jumlah	15	15	15

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian

<i>anti stripping</i> <i>wetfix be</i> (%)	Parameter					
	<i>IRS</i> 24 jam	<i>Marshall</i>	Permeabilitas	<i>ITS</i>	<i>Cantabro</i>	<i>AFD</i>
0	3	3	3	3	3	3
0,2	3	3	3	3	3	3
0,3	3	3	3	3	3	3
0,4	3	3	3	3	3	3
Jumlah	12	12	12	12	12	12
	72					

Sehingga jumlah total benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini sebanyak 117 benda uji.

4.5 Pembuatan Campuran

Bahan-bahan untuk penelitian ini terdiri dari agregat dan aspal yang diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran aspal porus serta *anti stripping wetfix be* sebagai bahan tambah. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat bahan apakah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Setelah pengujian selesai, dilanjutkan proses penyaringan agregat sesuai dengan gradasi yang direncanakan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran, menentukan *workability* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Gradasi didapat setelah terlebih dahulu dilakukan penyaringan pada setiap fraksi agregat. Penyaringan dilakukan dengan satu set saringan. Saringan yang terkasar diletakkan paling atas dan yang halus dibawah dengan urutan saringan diameter 19,0 mm; 12,7 mm; 9,53 mm; 4,76 mm; 3,38 mm; 1,19

mm; 0,6 mm; 0,3 mm; 0,15 mm; dan 0,75 mm. Hasil penyaringan setiap fraksi kemudian dikombinasikan dengan menentukan persentase pencampuran sehingga didapat agregat campuran yang diinginkan. Kemudian dilanjutkan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan jenis agregat dan gradasi yang telah ditentukan dalam spesifikasi. Setelah semua disiapkan, kemudian dilakukan pengujian.

1. Campuran aspal porus.
2. Campuran aspal porus dengan bahan tambah *anti-stripping Wetfix Be*.

Variasi bahan tambah *anti-stripping Wetfix Be* yang dicampurkan pada aspal pen. 60/70 adalah 0% ; 0,2% ; 0,3% dan 0,4% dari berat aspal. Cara pencampuran adalah sebagai berikut.

- a. Aspal pen 60/70 dan *anti-stripping Wetfix Be* dicampurkan secara bersamaan pada suhu 160°C.
- b. Kemudian diaduk hingga merata.

4.6 Pengujian Campuran Aspal Porus untuk Mencari KAO

Pengujian-pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

4.6.1 Pengujian *Marshall*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran pada pengujian *Marshall*.

1. Persiapan campuran

Pada pengujian *Marshall*, dibuat tiga benda uji dengan lima variasi kadar aspal berbeda terhadap berat total campuran. Panci pencampuran dipanaskan beserta agregat dengan suhu $\pm 28^{\circ}\text{C}$ di atas suhu pencampuran untuk aspal panas, kemudian diaduk hingga merata. Sementara itu aspal dipanaskan hingga tercapai suhu pencampuran. Aspal dituangkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan sesuai jumlah yang dibutuhkan. Kemudian diaduk hingga seluruh agregat terlapis merata.

2. Pemadatan benda uji

Perlengkapan cetakan benda uji dan bagian muka penumbuk dibersihkan dari kotoran yang menempel. Kemudian campuran dimasukkan ke dalam cetakan

dan ditusuk-tusuk dengan menggunakan *spatula* atau diaduk dengan sendok semen 15 kali bagian luar dan 10 kali di bagian dalam, dengan suhu pemadatan mencapai 160°C. Cetakan diletakkan di atas landasan padat, dalam pemegang cetakan, lalu dilakukan penumbukan sebanyak 75 kali untuk pemadatan atau sesuai kebutuhan dengan tinggi jatuh 45 cm, selama pemadatan pastikan sumbu selalu tegak lurus dengan cetakan. *Keeping* alat dilepaskan kemudian alat cetak berisi benda uji dibalik dan dipasang kembali. Penumbukan dilakukan kembali dengan jumlah tumbukan yang sama. Setelah dilakukan pemadatan, *keeping* alas dilepas dan alat pengeluar benda uji dipasang. Benda uji dikeluarkan dan diletakkan di atas permukaan rata yang halus, dibiarkan selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

3. Prosedur pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian *Marshall* adalah sebagai berikut.

- a. Membersihkan Benda uji dari kotoran yang menempel.
- b. Memberi tanda pada setiap benda uji.
- c. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
- d. Menimbang benda uji untuk mengetahui berat keringnya.
- e. Merendam benda uji di dalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
- f. Menimbang benda uji didalam air (setelah jenuh).
- g. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
- h. Merendam benda uji dalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
- i. Kepala penekan benda uji dibersihkan terlebih dahulu dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepas benda uji.
- j. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi diatas satu batang penuntun.

- k. Kepala penekan (*test head*) benda uji dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur pada kedudukan arloji tekan pada angka nol.
- l. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kemali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
- m. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.
- n. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

4.6.2 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

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

1. Mempersiapkan bahan-bahan.
2. Membuat benda uji dengan kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari *Marshall Test* menggunakan *anti stripping wetfix be*.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength*.
4. Memperoleh nilai dial dari hasil pengujian.
5. Melakukan analisis data dan membuat pembahasan hasil dari pengujian *Indirect Tensile Stength*.
6. Membuat kesimpulan.

4.6.3 Pengujian Permeabilitas

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

1. Meletakkan benda uji pipa bagian bawah,
2. Mengencangkan klem untuk permeabilitas horizontal agar benda uji selalu menempel pada pipa dan mencegah kebocoran,
3. Menutup bagian tertentu dengan lilin agar tidak bocor,
4. Meletakkan pipa dan benda uji yang sudah diklem pada bak air yang sudah terisi penuh dengan air, dan permukaan benda uji bagian atas sama dengan tinggi permukaan air pada bak untuk menjaga tekanan agar tetaap konstan,
5. Menjepit tabung dengan statif agar posisi tabung tetap tegak,
6. Mengisi tabung dengan air hingga mencapai ketinggian 70 cm (h_1),

7. Mencatat waktu hingga air mencapai ketinggian 20 cm diatas permukaan benda uji (h₂).

4.6.4 Pengujian *Cantabro Loss*

Pengujian ini menggunakan benda uji sebanyak 3 buah untuk setiap variasi kadar aspal, sesuai prosedur yang telah dijelaskan diatas. Benda uji didiamkan pada suhu ruang selama 7 hari, lalu benda uji dimasukkan ke dalam alat pengujian abrasi *Los Angles* dan diberikan putaran sebanyak 300 putaran tanpa menggunakan bola besi. Berat sebelum dan sesudah pengujian dicatat dan dihitung menggunakan rumus *cantabro Loss*.

4.6.5 Pengujian *Asphalt Flow Down*

Prosedur pengujian *Asphalt Flow Down* adalah sebagai berikut.

1. Melapisi cetakan berupa nampan dengan ukuran permukaan 20 x 40 cm dengan kertas *aluminium foil*, menimbang dan mencatat berat cetakan tersebut (m₁).
2. Selanjutnya membuat campuran aspal, setelah tercampur merata campuran aspal dituangkan diatas cetakan yang telah dilapisi sebelumnya, permukaannya diratakan dan dicatat beratnya (m₂).
3. Memasukan cetakan yang telah berisi campuran aspal tersebut ke dalam oven dengan suhu ± 160 °C selama ± 60 menit.
4. Prosedur diulangi sesuai kebutuhan.
5. Mengeluarkan cetakan dari dalam oven dan campuran aspal tersebut dituangkan secara cepat, kemudian berat cetakan berikut campuran aspal yang melekat pada *aluminium foil* ditimbang dan dicatat (m₃).

4.6.6 Pengujian Penetrasi dan Titik Lembek Aspal dengan Penambahan *Anti Stripping Wetfix Be*

Pengujian ini dilakukan terhadap aspal menggunakan bahan tambah *anti stripping wetfix be* dengan variasi kadar sudah ditentukan. Prosedur pelaksanaanya sesuai dengan prosedur pelaksanaan pemeriksaan penetrasi titik lembek aspal pada

pengujian bahan sebelumnya namun pada pengujian ini dengan menambahkan *anti stripping wetfix be*.

4.6.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association*. Penentuan KAO dengan metode ini mensyaratkan tiga parameter yaitu *VITM*, *cantabro loss* (ketahanan terhadap pelepasan butiran), dan *asphalt flow down* (aliran aspal ke bawah).

Nilai spesifikasi penentuan KAO metode *AAPA (2004)* disajikan pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Spesifikasi Penentuan KAO

No	Parameter	Syarat (%)
1	<i>Cantabro Loss</i>	<35
2	<i>Asphalt Flow Down</i>	<0,3
3	Kadar Rongga (<i>VIM</i>)	18 - 25

Sumber: *AAPA (2004)*

Selanjutnya nilai KAO ditentukan dengan tahapan – tahapan sebagai berikut.

1. Kadar rongga minimum (*VIM*) dalam campuran adalah 18% digunakan sebagai batas atas untuk mendapatkan kadar aspal maksimum (*OAC Max*).
2. Nilai *cantabro loss* maksimum sebesar 35% digunakan sebagai batas atas untuk mendapatkan kadar aspal minimum (*OAC min*).
3. Menentukan kadar aspal sementara yang diperoleh dari rata-rata nilai *OAC* maksimum dan *OAC* minimum.
4. *Plotting* kadar aspal sementara pada grafik *Asphalt Flow Down*.
5. Apabila nilai hasil *plotting* melebihi nilai standar *asphalt flow down* yaitu 0,3%, maka perencanaan *OAC max* dan *OAC min* harus diulang.
6. Kadar aspal optimum diperoleh dengan cara menjumlahkan kadar aspal sementara dengan nilai *asphalt flow down*.

4.7 Rencana Analisis Data

1. Karakteristik *Marshall*

Setelah pengujian *Marshall*, kemudian dilakukan analisis data. Data yang diperoleh dari hasil pengujian adalah 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 (cm).
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
- f. Pembacaan arloji kelelahan *flow* (mm).

Nilai karakteristik *Marshall* yang lainnya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

- a. Berat Jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \quad (4.1)$$

- b. Berat Jenis Agregat

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

dengan:

A : Persentasi agregat kasar,

B : Persentase agregat halus,

F1 : Berat jenis agregat kasar, dan

F2 : Berat jenis agregat halus.

Nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), dan kepadatan (*density*) dapat dihitung berdasarkan data-data diatas.

2. Indeks Penetrasi

Nilai PI adalah nilai yang dihitung berdasarkan suhu titik lembek aspal dan angka penetrasinya. dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1.

3. Permeabilitas

Nilai permeabilitas adalah kemampuan suatu media untuk mengalirkan fluida, dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15.

4. *Asphalt Flow Down (AFD)*

Asphalt Flow Down dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang tercampur secara homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal dan sebagai parameter untuk menentukan KAO berdasarkan AAPA (2004), *AFD* dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.16.

5. *Indirect Tensile Strength*

Nilai *Indirect Tensile Strength* adalah nilai kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban, dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.17.

6. *Cantabro Test*

Pengujian *cantabro* dilakukan untuk mengetahui persentase kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes keausan menggunakan mesin *Los Angeles*. Dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.18.

7. *Index of Retained Strength*

Nilai *Index of Retained Strength* dapat diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.19.

8. Analisis Statistik

Analisis Statistik yang digunakan pada penelitian ini menggunakan analisis t-test dan analisis varians *Anova*. Analisis ini merupakan suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Analisis varian dapat dilakukan untuk menganalisis data yang berasal dari berbagai macam jenis dan desain penelitian. Secara umum, analisis varians menguji dua varians (atau ragam) berdasarkan hipotesis nol bahwa kedua varians itu sama. Varians pertama adalah varians antar contoh (*among samples*) dan varians kedua adalah varians di dalam masing-masing contoh (*within samples*). Dengan ide semacam ini, analisis varians dengan dua contoh akan memberikan hasil yang sama dengan uji-t untuk dua rerata (*mean*).

Dalam penafsiran analisis varians, terdapat beberapa asumsi yang harus dipenuhi :

1. Data berdistribusi normal
2. Varians homogen
3. Masing-masing contoh saling bebas

Data-data seperti karakteristik *Marshall*, *Permeabilitas*, *Asphalt Flow Down*, *Cantabro Loss*, *Index of Retained Strength*, dan *Indirect Tensile Strength* dengan parameter penggunaan *anti-stripping Wetfix Be* terhadap kinerja campuran aspal porous dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70, dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova*. Metode ini digunakan karena terdapat variabel bebas yang masing-masing terbagi menjadi beberapa kelompok. Variabel bebas adalah bahan tambah *anti-stripping Wetfix Be*.

Secara umum analisis statistik menggunakan *Anova* 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 penggunaan *anti stripping wetfix be* sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal porous yang berbahan ikat Pertamina Pen 60/70.

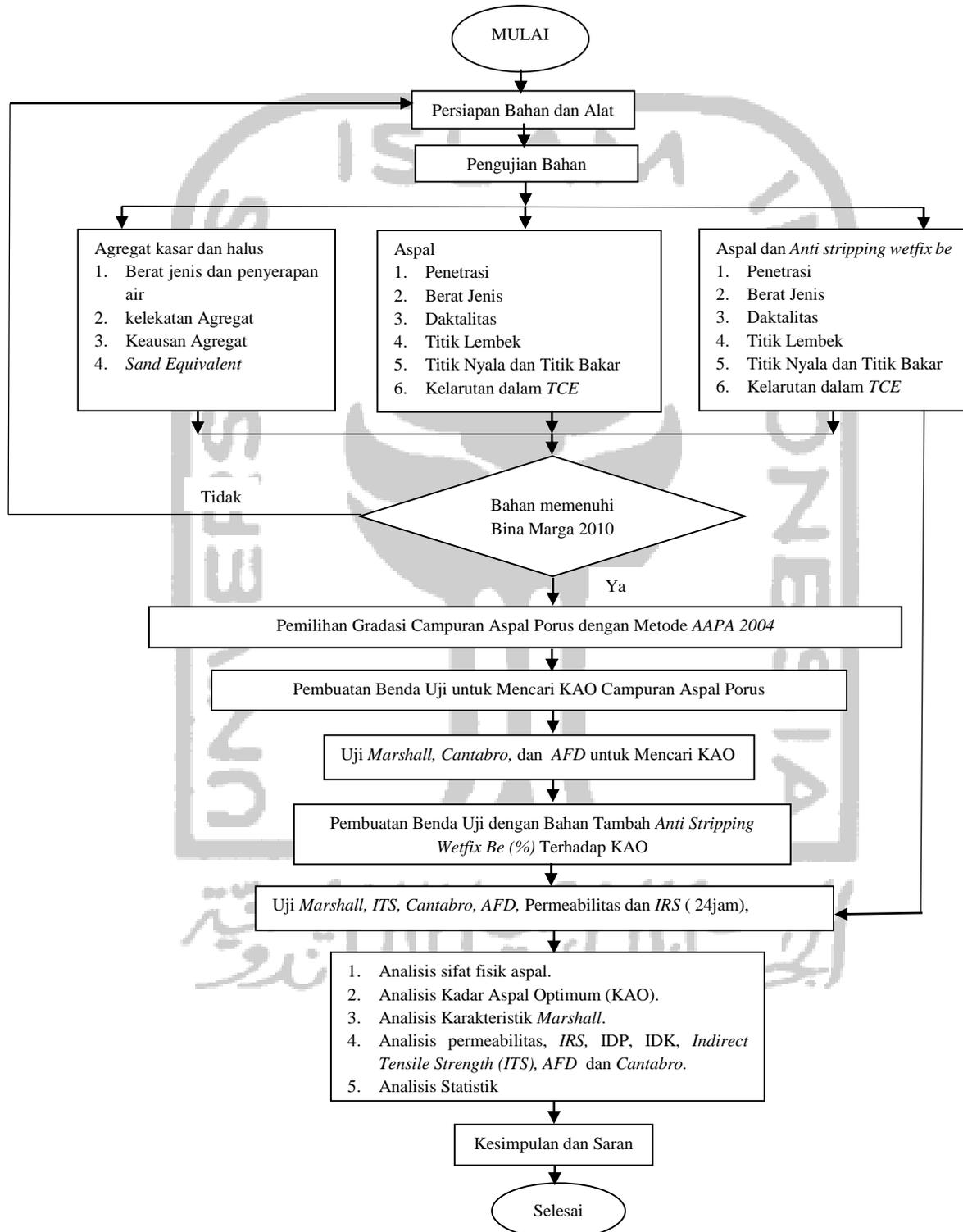
H_1 : Ada perbedaan signifikan pengaruh penggunaan *anti stripping wetfix be* sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal porous yang berbahan ikat Pertamina Pen 60/70.

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



4.8 Bagan Alir Proses Penelitian

Bagan alir penelitian adalah penjelasan singkat tahapan-tahapan penelitian. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2 Bagan Alir Proses Penelitian

