

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah cara untuk memperoleh hasil dari penelitian secara keseluruhan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental yaitu, metode yang dilakukan dengan melakukan percobaan untuk mendapatkan data dan selanjutnya diolah untuk mendapatkan hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada.

4.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.3 Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan cara pengujian-pengujian di laboratorium. Data sekunder dapat diperoleh dari sumber-sumber lain yang merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan, dikarenakan keterbatasan alat dan waktu yang tersedia. Adapun tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan *mix design* aspal porus.
3. Pemeriksaan serbuk ban bekas (*crumb rubber*).
4. Pengujian karakteristik *Marshall*.
5. Pengujian *Asphalt Flow Down*.
6. Pengujian Permeabilitas.
7. Pengujian perendaman *Marshall (Immersion Test)*.
8. Pengujian kuat tarik (*Indirect Tensile Strength*).
9. Pengujian *Index or Retained Strength*.
10. Pengujian *Cantabro*.

4.4 Metode Pengambilan Sampel

Pada penelitian ini pengambilan sampel dilakukan secara *nonprobability sampling* menggunakan teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan memilih satuan sampling yang berdasarkan tujuan yaitu menggunakan pengaruh rendaman air laut, bahan ikat berupa aspal Pen 60/70 dan aspal karet, serta gregat yang digunakan diperoleh dari Clereng, Kulon Progo.

4.5 Langkah-Langkah Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan aspal. Sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal, material tersebut diuji terlebih dahulu dengan menggunakan metode *AASTHO* dan Bina Marga.

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

1. Pengujian sifat material bahan perkerasan.
2. Perencanaan campuran.
3. Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO).
4. Melakukan pengujian penetrasi dan titik lembek aspal dengan bahan tambah ban karet.
5. Pembuatan sampel campuran aspal porus dengan bahan tambah ban karet dengan berbagai macam kadar variasi yang berbeda pada KAO untuk pengujian *Marshall*, *Indirect tensile Strength*, permeabilitas, rendaman dengan air laut, dan *Cantabro*.
6. Melakukan analisis, pembahasan, dan pengambilan kesimpulan dari hasil pengujian.

4.5.1 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 menentukan daya dukung, mutu, kualitas dan keawetan suatu perkerasan. Maka dari itu diperlukan pengujian terhadap. Pengujian agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

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 kelekatan agregat terhadap aspal

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

c. Pengujian keausan agregat

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

d. Pengujian *sand equivalent*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar deb dan lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian aspal

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui kualitas aspal adalah sebagai berikut.

a. Pengujian berat jenis aspal

Berat jenis aspal berguna untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat, dan berguna untuk menentukan *VITM*, *VFWA* dan mempengaruhi stabilitas pada pengujian *Marshall*.

b. Pengujian penetrasi aspal

Pengujian penetrasi bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu.

c. Pengujian daktalitas

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

d. Pengujian kelarutan dalam *TCE*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam *TCE*.

e. Pengujian titik lembek

Pengujian ini bertujuan untuk menunjukkan temperatur aspal mengalami batas perpindahan antara bentuk padat ke cair.

f. Pengujian titik nyala dan titik bakar

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

3. Pengujian Air Laut

Pengujian Air laut dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.5.2 Peralatan Penelitian

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

1. Seperangkat alat uji pengujian fisik agregat yang meliputi mesin *Los Angeles*, saringan standar, tabung *San Equivalent*.
2. Seperangkat alat uji pengujian fisik aspal yang meliputi alat ukur penetrasi aspal, daktalitas aspal, kelarutan aspal, titik lembek aspal, titik nyala, dan titik bakar aspal.

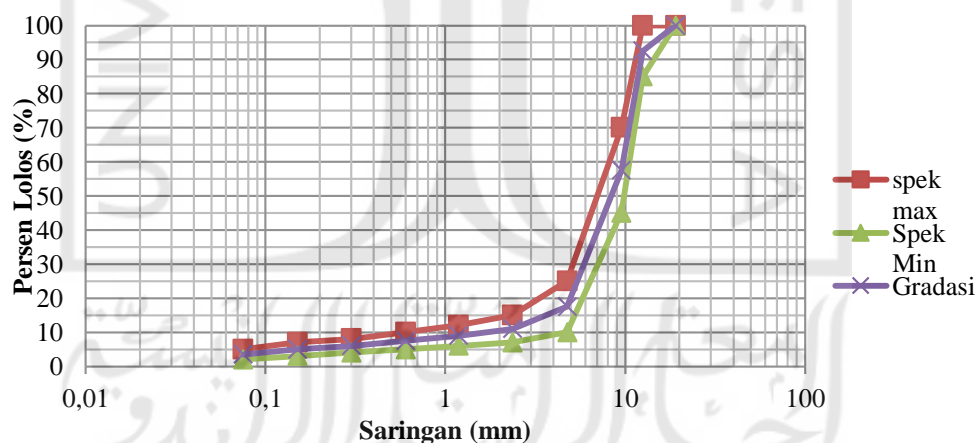
3. Seperangkat alat uji karakteristik campuran metode *Marshall* yang meliputi alat tekan yang terdiri dari *Proving Ring* berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg, arloji pengukuran stabilitas, arloji pengukuran kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm, serta dilengkapi dengan alat penunjang 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. Seperangkat alat uji *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 Permability Test*), yang meliputi tabung dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 80 cm, 2 buah *statif*, klem permeabilitas, *stopwatch*.

4.5.3 Perencanaan Campuran

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu campuran *Porus* dengan gradasi seragam menurut spesifikasi *AAPA* (2004) agregat ukuran 14 mm dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Batas Gradasi Agregat Campuran Porus Ukuran 14 mm

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	mm		Range	Ideal
1	19,00	3/4 "	100	100
2	12,70	1/2 "	85 – 100	92,5
3	9,53	3/8"	45 – 70	57,5
4	4,76	No.4	10 – 25	17,5
5	2,38	No. 8	7 – 15	11
6	1,19	No. 16	6 – 12	9
7	0,595	No. 30	5 – 10	7,5
8	0,297	No. 50	4 – 8	6
9	0,149	No. 100	3 – 7	5
10	0,074	No. 200	2 – 5	3,5



Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran Porus

Adapun kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.2 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 4,5%

Ukuran Saringan		Berat		Prosentase		Spesifikasi	
in	mm	Tertahan	Σ Berat Tertahan	Tertahan	Lolos	min	Max
3/4 "	19	0	-	0	100	100	100
1/2 "	12,5	85,95	85,95	7,5	92,5	85	100
3/8 "	9,5	401,10	487,05	42,5	57,5	45	70
No. 4	4,76	458,40	945,45	82,5	17,5	10	25
No. 8	2,36	74,49	1.019,94	89	11	7	15
No. 16	1,18	22,92	1.042,86	91	9	6	12
No. 30	0,6	17,19	1.060,05	92,5	7,5	5	10
No. 50	0,3	17,19	1.077,24	94	6	4	8
No. 100	0,15	11,46	1.088,70	95	5	3	7
No. 200	0,075	17,19	1.105,89	96,5	3,5	2	5
Pan		40,11	1.146				
Jumlah		1.146					

Tabel 4.3 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5%

Ukuran saringan		Berat		Prosentase		Spesifikasi	
in	mm	Tertahan	Σ berat tertahan	tertahan	lolos	min	max
3/4 "	19	0	-	0	100	100	100
1/2 "	12,5	85,50	85,50	7,5	92,5	85	100
3/8 "	9,5	399,00	485	42,5	57,5	45	70
No. 4	4,76	456,00	941	82,5	17,5	10	25
No. 8	2,36	74,10	1.015	89	11	7	15
No. 16	1,18	22,80	1.037	91	9	6	12
No. 30	0,6	17,10	1.055	92,5	7,5	5	10
No. 50	0,3	17,10	1.072	94	6	4	8
No. 100	0,15	11,40	1.083	95	5	3	7
No. 200	0,075	17,10	1.100	96,5	3,5	2	5
Pan		39,90	1.140				
Jumlah		1.140					

Tabel 4.4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

Ukuran saringan		Berat		Prosentase		Spesifikasi	
in	mm	tertahan	Σ berat tertahan	tertahan	lolos	min	max
3/4 "	19	0	-	0	100	100	100
1/2 "	12,5	85,05	85	7,5	92,5	85	100
3/8 "	9,5	396,90	482	42,5	57,5	45	70
No. 4	4,76	453,60	936	82,5	17,5	10	25
No. 8	2,36	73,71	1.009	89	11	7	15
No. 16	1,18	22,68	1.032	91	9	6	12
No. 30	0,6	17,01	1.049	92,5	7,5	5	10
No. 50	0,3	17,01	1.066	94	6	4	8
No. 100	0,15	11,34	1.077	95	5	3	7
No. 200	0,075	17,01	1.094	96,5	3,5	2	5
Pan		39,69	1.134				
Jumlah		1.134					

Tabel 4.5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6%

Ukuran saringan		Berat		Prosentase		Spesifikasi	
in	mm	tertahan	Σ berat tertahan	tertahan	lolos	min	max
3/4 "	19	0	-	0	100	100	100
1/2 "	12,5	84,60	85	7,5	92,5	85	100
3/8 "	9,5	394,80	479	42,5	57,5	45	70
No. 4	4,76	451,20	931	82,5	17,5	10	25
No. 8	2,36	73,32	1.004	89	11	7	15
No. 16	1,18	22,56	1.026	91	9	6	12
No. 30	0,6	16,92	1.043	92,5	7,5	5	10
No. 50	0,3	16,92	1.060	94	6	4	8
No. 100	0,15	11,28	1.072	95	5	3	7
No. 200	0,075	16,92	1.089	96,5	3,5	2	5
Pan		39,48	1.128				
Jumlah		1.128					

Tabel 4.6 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

Ukuran saringan		berat		prosentase		Spesifikasi	
in	mm	tertahan	S berat tertahan	tertahan	lolos	min	max
3/4 "	19	0	-	0	100	100	100
1/2 "	12,5	84,15	84	7,5	92,5	85	100
3/8 "	9,5	392,70	477	42,5	57,5	45	70
No. 4	4,76	448,80	926	82,5	17,5	10	25
No. 8	2,36	72,93	999	89	11	7	15
No. 16	1,18	22,44	1.021	91	9	6	12
No. 30	0,6	16,83	1.038	92,5	7,5	5	10
No. 50	0,3	16,83	1.055	94	6	4	8
No. 100	0,15	11,22	1.066	95	5	3	7
No. 200	0,075	16,83	1.083	96,5	3,5	2	5
Pan		39,27	1.122				
Jumlah		1.122					

4.5.3 Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji di buat pada masing-masing pengujiannya disesuaikan pada kebutuhan penelitian, seperti pada Tabel 4.1 sampai 4.2 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>
4,5%	3	3	3
5%	3	3	3
5,5%	3	3	3
6%	3	3	3
6,5%	3	3	3
Jumlah	15	15	15

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk Pengujian

Parameter	Karet 0%			Karet 5,5%		
	Perendaman			Perendaman		
	0 jam	48 jam	96 jam	0 jam	48 jam	96 jam
<i>Marshall Standart</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Immersion Test/ IRS</i>	3	3	3	3	3	3
Permeabilitas	3	-	-	3	-	-
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3	3
<i>Asphalt Flow Down</i>	3	-	-	3	-	-
Jumlah	45			45		
	90					

Total benda uji yang di butuhkan dalam penelitian ini adalah 135 buah.

4.5.4 Pengujian *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran beraspal. Berikut ini adalah tahapan pengujian *Marshall*.

1. Menimbang benda uji di dalam air.
2. Benda uji dikeringkan dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (SSD), setelah itu benda uji ditimbang dalam kondisi SSD.
3. Benda uji direndam dalam bak perendam selama 30 menit sampai pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
4. Sebelum melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*Test Head*). Lumasi batang penuntut sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan di rendam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C .
5. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam (*waterbath*) dan diletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan selanjutnya pasang segmen atas diatas benda uji dan diletakan keseluruhannya dalam mesin penguji.

6. Pasang arloji kelelehan (*flow meter*) pada penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) di pegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan. Tekan selubung tangkai arloji kelelehan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
7. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
8. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pada saat pembebanan maksimum tercapai (stabilitas) dan pada saat yang bersamaan catat pula angka pada arloji kelelehan (*flow*).

4.5.5 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Langkah-langkah yang dilakukan pada pengujian *indirect tensile strength* seperti berikut.

1. Mengukur tinggi benda uji.
2. Setelah diukur tingginya, letakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength*.
3. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
4. Berikan pembebanan kepada benda uji sampai pembebanan maksimum tercapai.

4.5.6 Pengujian Permeabilitas

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

1. Melapisi benda uji dengan lilin.
2. Meletakkan benda uji pipa bagian bawah,
3. Mengencangkan klem untuk permeabilitas horizontal agar benda uji selalu menempel pada pipa dan mencegah kebocoran,

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 tetap konstan,
5. Menjepit tabung dengan statif untuk menjaga posisi tabung tetap tegak,
6. Mengisi tabung dengan air sampai mencapai ketinggian 70 cm (h_1),
7. Mencatat waktu sampai air mencapai ketinggian 20 cm di atas permukaan benda uji (h_2).

4.5.7 Pengujian *Cantabro Loss*

Langkah- langkah pengujian *cantabro* adalah seperti berikut.

1. Sebelum dilakukan pengujian benda uji di timbang terlebih dahulu.
2. Selanjutnya benda uji dimasukkan kedalam mesin *Los Angeles*.
3. Kemudian diputar sebanyak 300 putaran tanpa menggunakan bola besi.
4. Benda uji dikeluarkan dari mesin dan ditimbang untuk mengetahui berapa berat sampel yang hilang.

4.5.8 Pengujian *Asphalt Flow Down*

Prosedur pengujian *Asphalt Flow Down* adalah sebagai berikut.

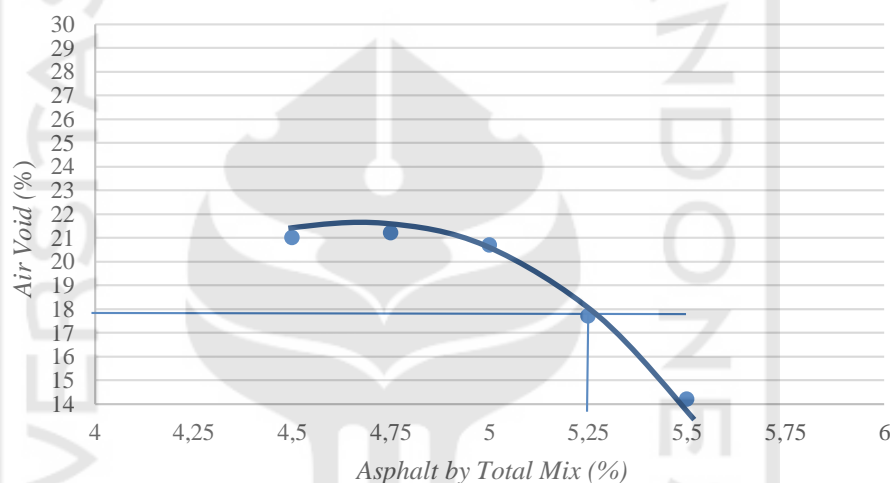
1. Menimbang berat nampan yang dilapisi alumunium foil
2. Selanjutnya dibuat campuran aspal dan setelah tercampur merata dituangkan diatas nampan yang sudah dilapisi alumunium foil, permukaannya diratakan dan dicatat beratnya.
3. Cetakan yang telah berisi campuran aspal tersebut dimasukkan ke dalam oven dengan suhu ± 160 °C selama ± 60 menit.
4. Cetakan dikeluarkan dari dalam oven dan campuran aspal tersebut dituangkan secara cepat, kemudian berat cetakan berikut campuran aspal yang melekat pada alumunium foil ditimbang dan di catat.

4.5.9 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 *VIM*, *cantabro loss* (ketahanan terhadap pelepasan butiran), dan *asphalt flow down* (aliran aspal ke bawah).

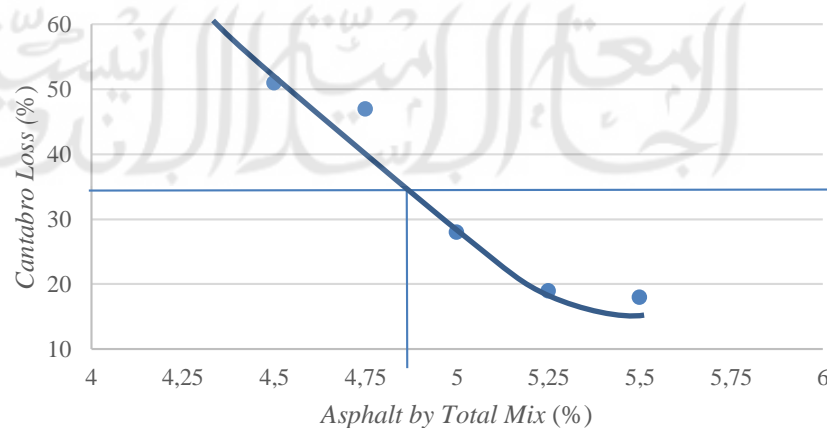
Selanjutnya nilai KAO ditentukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Kadar rongga minimum dalam campuran sebesar 18% diset untuk mendapatkan kadar aspal maksimum (*OAC max*).



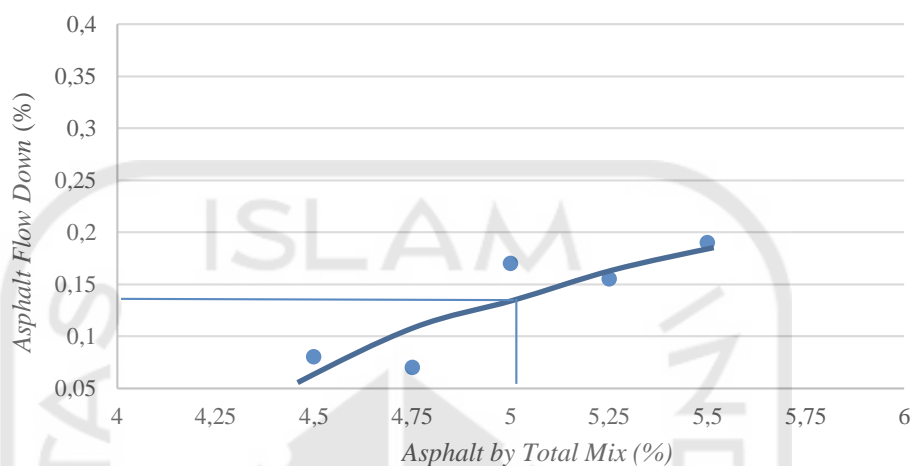
Gambar 4.2 Grafik Kadar Rongga Minimum

2. Nilai *cantabro loss* maksimum sebesar 35% diset untuk mendapatkan kadar aspal minimum (*OAC min*).



Gambar 4.3 Grafik Nilai Cantabro Loss Maksimum

3. Kadar aspal sementara diperoleh dari rata-rata nilai maksimum dan minimum.
4. *Plotting* kadar aspal sementara pada grafik *Asphalt Flow Down*.



Gambar 4.4 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 menjumlahkan kadar aspal sementara dengan nilai *asphalt flow down*.

Contoh cara penentuan KAO metode *Australian Asphalt Pavement Association* adalah seperti berikut.

Tabel 4.9 Penentuan KAO Menggunakan Metode *Australian Pavement Association*

	Hasil
<i>OAC min (Cantabro Loss)</i>	4,88%
<i>OAC max (VIM)</i>	5,25%
<i>OAC average</i>	5,01%
<i>Addition (Asphalt Flow Down)</i>	0,13%
<i>Optimum Asphalt Content</i>	5,10%

Sumber: Harmadhana (2016)

4.6 Rencana Analisis Data

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

1. Karakteristik *Marshall*

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan analisis menggunakan Persamaan 3.1 sampai 3.13.

2. Permeabilitas

Nilai permeabilitas adalah kemampuan media yang poros untuk mengalirkan fluida kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.14.

3. *Asphalt Flow Down (AFD)*

Asphalt Flow Down dilakukan untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadi pemisahan-pemisahan aspal dan juga sebagai parameter untuk menentukan KAO seperti yang disyaratkan AAPA (2004) diperoleh dari Persamaan 3.15

4. *Indirect Tensile Strength*

Nilai *Indirect Tensile Strength* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban dengan menggunakan Persamaan 3.16.

5. *Cantabro Test*

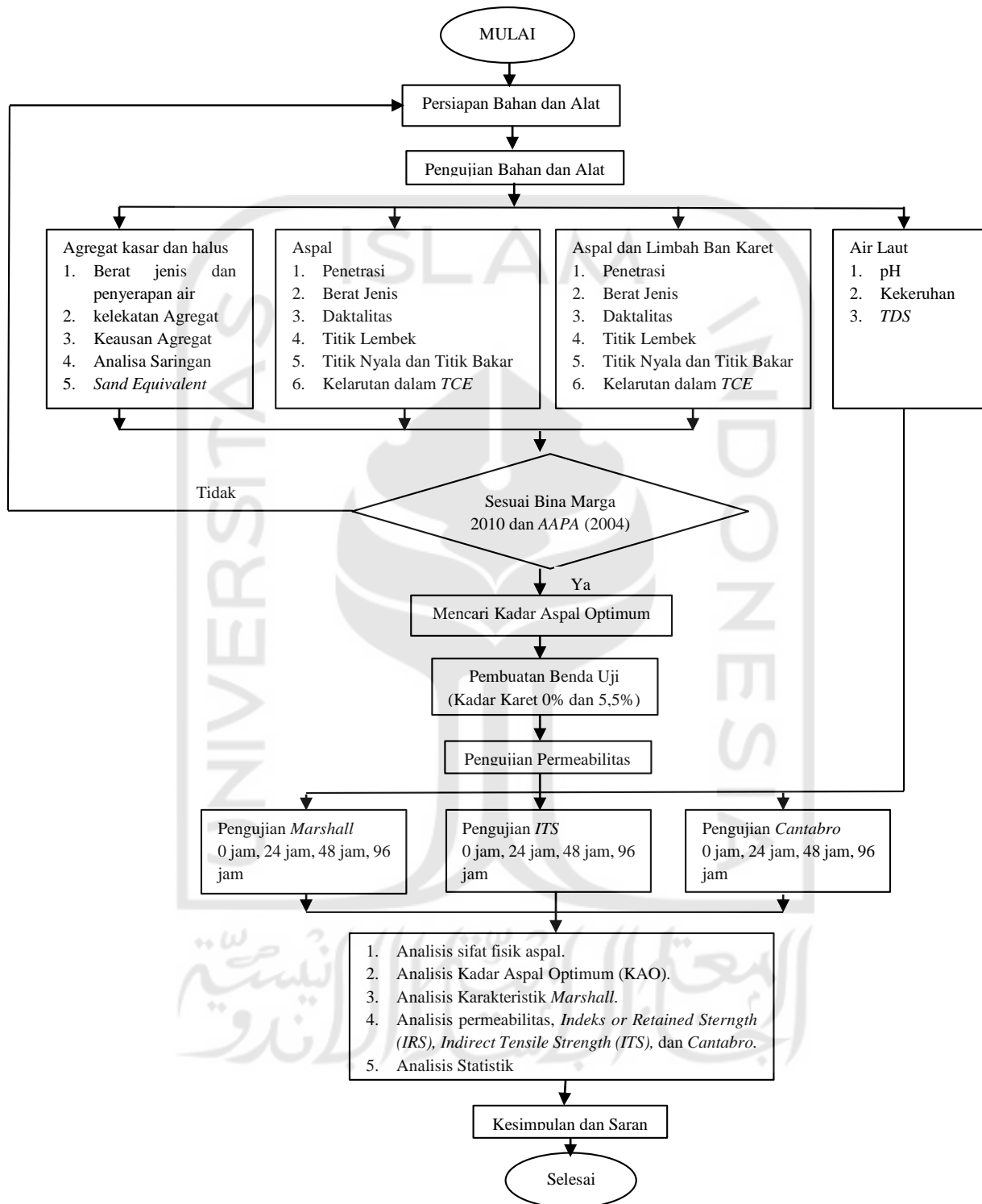
Pengujian *cantabro* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*. Diperoleh dari Persamaan 3.17.

6. *Index of Retained Strength*

Nilai *Index of Retained Strength* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3.18

4.7 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 4.5 Bagan Alir Proses Penelitian