

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dalam pengambilan data maupun pengolahan data. Metode ini memperhatikan syarat-syarat yang ada dan mengacu pada peraturan Direktorat Jendral Bina Marga 2010.

4.2 Jenis Pengambilan Sampel dan Data

Dalam penelitian ini menggunakan sampel ban karet yang didapat dari limbah ban karet. Ban karet tersebut dihancurkan dengan cara dipanaskan/dibakar. Dalam penelitian ini pengambilan sampel termasuk dalam kelompok *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan pengambilan sampel yang berdasarkan tujuan.

Metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan pengujian sampel. Sampel tersebut kemudian dikelompokkan dan selanjutnya dilakukan pengujian terhadap benda uji sehingga diperoleh data yang berupa nilai stabilitas, *Flow*, *Density*, *VITM*, *VFWA*, *Marshall Quotient*, *VMA*, *Permeability* dan *Cantabro*.

Penelitian ini dilakukan di Universitas Islam Indonesia, di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan sebagai berikut.

1. Persiapan bahan
2. Pemeriksaan bahan
3. Persiapan alat
4. Langkah-langkah penelitian
5. Pengujian *Marshall*
6. Pengujian permeabilitas
7. Pengujian *Cantabro*

4.3 Waktu Penelitian dan Lokasi

Penelitian ini dimulai bulan Desember sampai Agustus, ditentukan pengujian akan dilaksanakan pada tahun 2018 dimulai pada bulan Februari. Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

4.4 Langkah-Langkah Penelitian

Alur penelitian ini merupakan tahapan – tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini. Berikut tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

4.4.1 Pemeriksaan Bahan

Berikut adalah serangkaian pengujian terhadap bahan ataupun material.

1. Pengujian Agregat

Salah satu dari komponen utama dari lapis perkerasan jalan raya adalah agregat. Daya dukung, mutu, kualitas dan keawetan suatu perkerasan sangat ditentukan dari agregat, maka perlu dilakukan pengujian terhadap agregat baik terhadap agregat kasar maupun agregat halus. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

- a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI 1969 :2008 dan SNI1970 :2008)

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

- b. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 06-2439-1991).

Pengujian ini bermaksud untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal.

- c. Pengujian Keausan Agregat (SNI-2417-2008).

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

- d. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI-3423-2008).

Pengujian ini bermaksud untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Pengujian Aspal untuk mengetahui kualitas aspal yang digunakan, maka perlu dilakukan pengujian sebagai berikut ini.

a. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mencari berat jenis bitumen dengan picnometer. Berat jenis bitumen merupakan perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

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

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan tingkat kekerasan aspal dengan cara memasukan jarum yang memiliki ukuran, beban dan waktu tertentu kedalam aspal bersuhu yang telah ditetapkan.

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

Pengujian ini dimaksudkan 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. Aspal dengan nilai daktilitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi akan lebih peka terhadap perubahan temperatur.

d. Pengujian Kelarutan dalam TCE (ASTM D5546)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam TCE.

e. Pengujian Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal. Titik lembek merupakan suhu pada saat bola-bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun kesuatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada ketinggian yang telah ditentukan sebagai akibat dari kecepatan pemanasan.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

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

3. Pengujian Aspal Modifikasi

Adapun langkah – langkah pencampuran adalah sebagai berikut ini.

- a. Saring karet dengan saringan No. 50.
- b. Panaskan agregat ke 180°C.
- c. Panaskan aspal sampai 180 °C dan campur dengan Karet.
- d. Biarkan campuran mendingin ke suhu pemadatan 140 °C.
- e. 75 pukulan x 2 dengan *marshall Harmer* adalah kemudahan pemadatan.

4.4.2 Persiapan Alat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Alat tekan *Marshall* yang terdiri sebagai berikut.
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - b. Cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001”).
 - c. Arloji penunjuk kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01”) dengan perlengkapannya.
2. *Oven*, alat untuk memanaskan bahan yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai 200°C.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4”) dan tinggi 7,5 cm (3”) dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
5. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18”).
6. Bak perendam (*waterbath*) dengan pengatur suhu minimum 20°C.
7. Perlengkapan-perlengkapan lainnya, seperti :

- a. panci untuk memanasi agregat, aspal, dan campuran aspal,
 - b. pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C,
 - c. timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
 - d. spatula, sarung tangan karet, sendok pengaduk, kompor, dan perlengkapan lainnya.
8. Satu set peralatan Uji Permeabilitas.
 9. Alat Uji Cantabro, yang meliputi satu set *Los Angeles*.

4.4.3 Rencana Campuran AC-WC

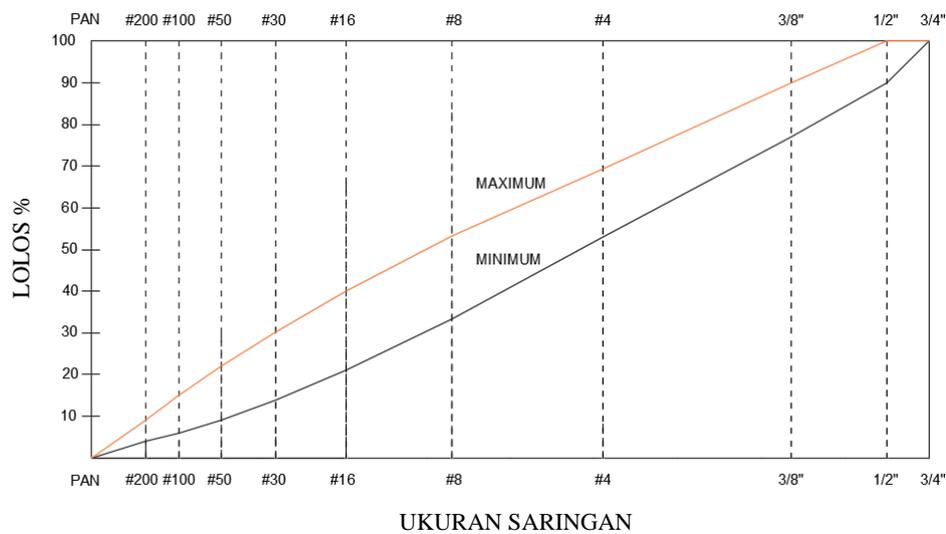
Bahan ataupun material yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal yang telah diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC)*. Agregat yang akan digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC)* harus dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan gradasi agregat ukuran nominal maksimum 19 mm selanjutnya dilakukan penimbangan berat tertentu yang telah ditentukan oleh spesifikasi setelah semua bahan disiapkan kemudian dilakukan pengujian *Marshall*, Permeabilitas, dan *Contabro*.

Gradasi yang digunakan adalah jenis Laston dengan ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ inchi atau 19 mm. Jenis gradasi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah gradasi campuran. Rencana gradasi agregat dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1

Tabel 4.1 Batas Gradasi Agregat Campuran AC-WC Ukuran Maksimum 19 mm

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)					
Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0,0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5,0
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39,0
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57,0
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78,0
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5
Pan				0,00	100,00

Sumber : Direktorat Jendral Bina Marga (2010)

**Gambar 4. 1 Gradasi Agregat AC-WC Ukuran Maksimum 19 mm**

Setelah perencanaan gradasi agregat, selanjutnya mencari perkiraan kadar aspal optimum rencana. Perkiraan kadar aspal optimum rencana dapat dicari menggunakan Persamaan 4.1 di bawah ini.

$$P_b = 0.035 \times (\%CA) + 0.045 \times (\% FA) + (0.18 \times \% FF) + 0,7 \quad (4.1)$$

Keterangan:

Pb = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan no. 8

FA = agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200

FF = agregat halus lolos saringan no. 200

Konstanta = 0,7

$$Pb = 0.035 \times (\%CA) + 0.045 \times (\% FA) + (0.18 \times \% FF) + 0,7$$

$$= 0,035 \times (57\%) + 0,045 \times (36,5\%) + (6,5\%) + 0,7 = 5,51 \%$$

Dari hasil perhitungan didapatkan kadar aspal optimum perkiraan adalah 5,51% sehingga dibulatkan menjadi 5,5%. Pada pengujian ini digunakan aspal optimum rencana 4,5%, 5% , 5,5% , 6% dan 6.5% terhadap berat total campuran. Adapun kebutuhan agregat pada tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai dengan Tabel 4.6 berikut ini.

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

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)							
Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0	0	0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5	57,30	57,3
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5	189,09	131,79
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39	446,94	257,85
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57	563,22	206,28
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5	796,47	143,25
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78	893,88	97,41
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5	968,37	74,49
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5	1025,67	57,30
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5	1071,51	45,84
Pan				0	100	1146	74,49
Jumlah							1146

Tabel 4.2 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5%

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)							
Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0	0	0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5	57	57
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5	188,10	131,10
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39	444,60	256,50
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57	649,80	205,20
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5	792,30	142,50
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78	889,20	96,90
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5	963,30	74,10
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5	1020,30	57
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5	1065,90	45,60
Pan				0	0	100	74,10
						Jumlah	1140

Tabel 4.3 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)							
Ukuran Saringan				Spesifikasi			
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0	0	0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5	46,70	56,70
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5	187,11	130,41
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39	442,26	255,15
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57	646,38	204,12
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5	788,13	141,75
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78	884,52	96,39
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5	958,23	73,71
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5	1014,93	56,70
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5	1060,29	45,36
Pan				0	0	1134	73,71
						Jumlah	1134

Tabel 4.4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6 %

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)							
Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0	0	0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5	56,40	56,40
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5	186,12	129,72
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39	439,92	253,80
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57	642,96	203,04
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5	783,96	141,00
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78	879,84	95,88
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5	953,16	73,32
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5	1009,56	56,40
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5	1054,68	45,12
Pan				0,00	0	1128	73,32
						Jumlah	1128

Tabel 4.5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6,5%

Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)							
Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan	Jumlah	Tertahan
3/4 "	19,00	100,00	100,00	100	0	0	0
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5	56,10	56,10
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5	185,13	129,03
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39	437,58	252,45
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57	639,54	201,96
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5	779,79	140,25
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78	875,16	95,37
No. 50	0,30	9,00	22,00	15,5	84,5	948,09	72,93
No. 100	0,15	6,00	15,00	10,5	89,5	1004,19	56,10
No. 200	0,08	4,00	9,00	6,5	93,5	1049,07	44,88
Pan				0,00	0	1122	72,93
						Jumlah	1122

4.4.4 Sampel Benda Uji

Benda uji pada penelitian ini dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi kadar aspalnya. Rincian benda uji yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji Untuk Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal (%)	Jumlah
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
6,5	3
Jumlah	15 buah

Tabel 4.8 Jumlah benda Uji Untuk Setiap Pengujian pada KAO

Parameter	Karet 3%					Karet 5%					Karet 7%				
	Gypsum					Gypsum					Gypsum				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%	5%	5,5%	6%	6,5%	7%	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
<i>Marshall Standart</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Permeabilitas	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Cantabro Test</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	40 Buah					40 Buah					40 Buah				
	120 Buah														

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum sebanyak 15 benda uji. Selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall Standart*, Permeabilitas, dan *Cantabro Test* mendapatkan benda uji sebanyak 120 benda uji. Sehingga benda uji total benda uji pada penelitian ini adalah 135 benda uji. Jumlah berat campuran untuk dipakai masing-masing benda uji sebesar 1200 gram, sedangkan untuk masing-masing agregat dan aspal tergantung dari variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian.

4.4.5 Pembuatan Campuran Perkerasan

Pada penelitian ini pengujian dilakukan untuk mencari nilai kadar aspal optimum, yang selanjutnya akan digunakan dalam pembuatan benda uji untuk pengujian *Marshall*, Permeabilitas dan *Cantabro*. Setiap benda uji diperlukan berat per sampel sebanyak 1200 gram. Agregat dalam wajan dipanaskan dengan suhu 170°C dan agregat terus diaduk hingga merata. Ditempat pemanas lain panaskan aspal sesuai dengan kebutuhan. Setelah agregat panas kemudian dicampur dengan aspal panas yang telah dipanaskan kemudian dilakukan pencampuran pada suhu 155°C yang beratnya sesuai dengan variasi yang telah ditentukan kemudian dilakukan pengadukan sampai campuran tersebut merata. Selanjutnya, siapkan cetakan benda uji yang sebelumnya telah dibersihkan dari kotoran dan diberi sedikit pelumas seperti minyak atau oli kemudian cetakan benda uji dipanaskan didalam oven dengan maksud agar penurunan suhu tidak terlalu cepat. Setelah suhu campuran telah mencapai 150°C serta agregat dan aspal telah bercampur merata, campuran tersebut dimasukan kedalam cetakan benda uji. Selanjutnya diberikan selembar kertas minyak berbentuk lingkaran yang telah digunting sesuai dengan ukuran cetakan dan diletakkan dibagian bawah cetakan benda uji. Kemudian pada proses memasukan campuran kedalam benda uji perlu ditusuk-tusuk sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah disetiap sepertiga bagian dengan maksud agar benda uji tidak memiliki rongga udara. Selanjutnya pemadatan dilakukan sebanyak 2 kali masing-masing 75 pukulan, sehingga satu benda uji dilakukan penumbukan sebanyak 150 kali.

Setelah selesai dipadatkan, dinginkan benda uji bersama cetakan diudara dan kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan alat bantu *ejector*. Benda uji tersebut kemudian dilakukan serangkaian pengujian untuk mendapatkan data-data hasil penelitian.

4.4.6 Pengujian *Marshall*

Berikut adalah prosedur pengujian *Marshall*.

1. Benda Uji dibersihkan dari kotoran-kotoran yang menempel dan masing masing diberi tanda pengenal.

2. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
3. Menimbang benda uji untuk mendapatkan berat keringnya.
4. Direndam didalam air selama 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
5. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
6. Keringkan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jenuh (SSD). Timbang benda uji dalam kondisi *saturated Surface Dry* (SSD).
7. Rendam benda uji aspal panas atau benda uji tar dalam bak perendam selama 30 sampai 40 menit pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, atau $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji tar.
8. 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.
9. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan meletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
10. Memasang arloji kelelahan (*Flow meter*) pada penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji atau (*sleeve*) di pegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*Breaking head*) Tekan selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
11. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
12. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan tetep sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan maksimum yang tercapai (Stabilitas) dan pada saat yang bersamaan catat pula angka pada arloji kelelahan (*Flow*).

14. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelehan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelehan dicatat. Waktu yang diperlukan saat benda uji diangkat dari rendaman air sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

4.4.7 Pengujian Permeabilitas

Berikut adalah prosedur pengujian permeabilitas.

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.

4.4.8 Pengujian *Cantabro*

Berikut adalah prosedur pengujian *Cantabro*.

1. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Menimbang benda uji sebelum dilakukan pengujian.
3. Memasukkan benda uji kedalam mesin *Los Angeles*.
4. Menjalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33rpm sebanyak 300 putaran.
5. Menimbang benda uji setelah pengujian.
6. Menganalisis dan membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data

Analisis data terdiri dari beberapa data-data dibawah ini.

1. Analisis karakteristik *Marshall*.

Nilai – Nilai Karakteristik *Marshall* seperti *MQ* (*Marshall Quotient*), stabilitas, kelehan (*flow*), kepadatan (*density*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VMA* (*Void in Mineral Aggregate*) dan *VFA* (*Void Filled Asphalt*) dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.1 sampai Persamaan 3.13. Nilai-nilai berat jenis agregat, berat jenis aspal dan berat jenis *filler* dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.2, Persamaan 4.3, dan Persamaan 4.4.

a. Berat Jenis Agregat

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

Keterangan :

A = Presentase agregat kasar

B = Presentase agregat halus

$F1$ = Berat jenis agregat kasar

$F2$ = Berat jenis agregat halus

b. Berat Jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{C - A}{(B - A) - (D - C)} \quad (4.3)$$

Keterangan :

A = berat piknometer dengan penutup (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

C = berat piknometer berisi aspal (gr)

D = berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

c. Berat Jenis *Filler*

$$Bj \text{ Filler} = \frac{B_k}{B + 200 - B_t} \quad (4.4)$$

Keterangan :

B_k = berat benda uji kering oven (gr)

B = berat piknometer berisi air (gr)

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

200 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

2. Analisis Permeabilitas

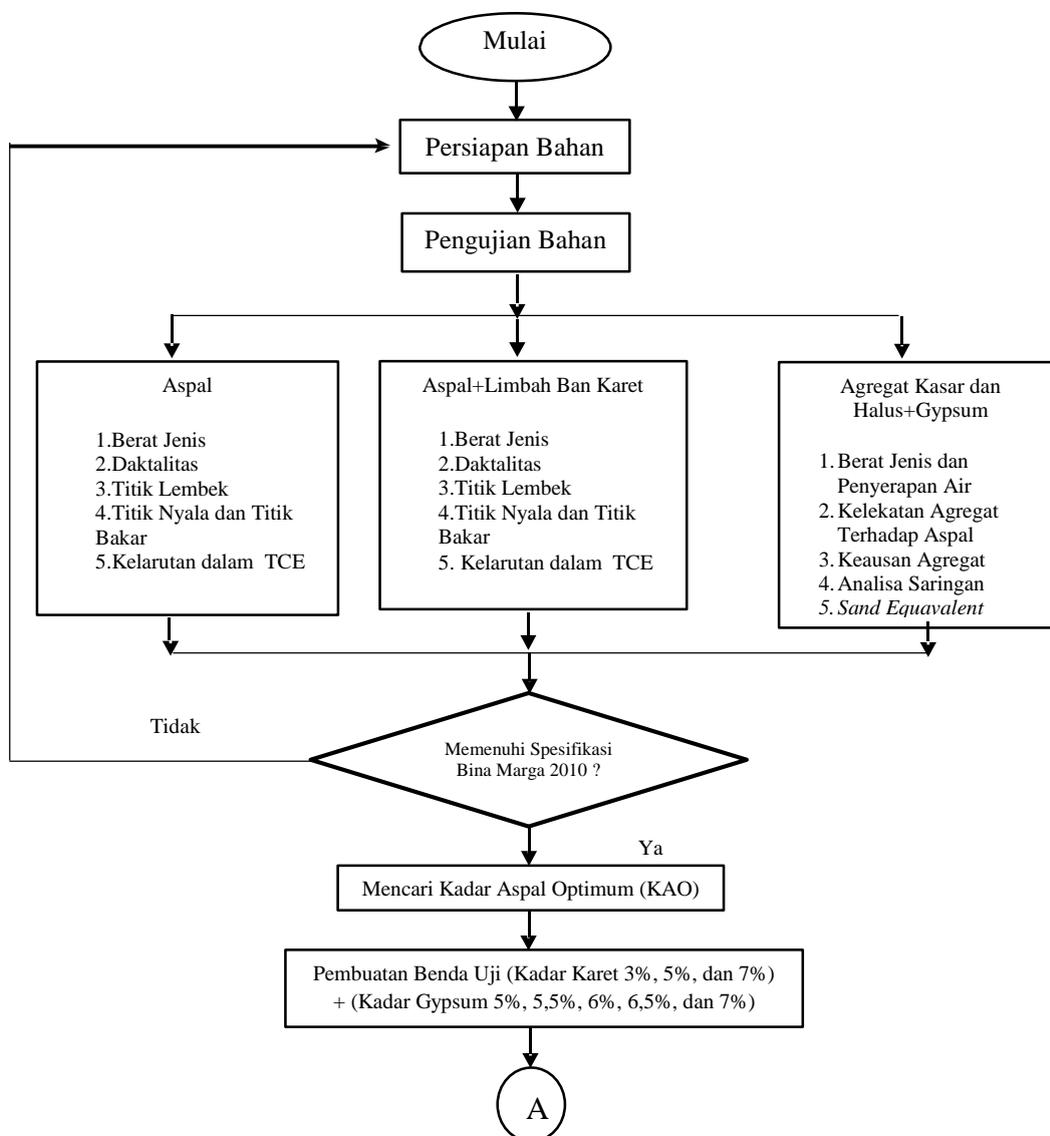
Permeabilitas pada aspal adalah kemampuan lapis perkerasan untuk mengalirkan air sehingga didapat permukaan yang kering. Semakin kecil nilai permeabilitas, maka semakin sedikit air yang dapat masuk ke dalam konstruksi perkerasan beton aspal sehingga aspal akan lebih awet. Nilai permeabilitas didapat dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.14.

3. Analisis *Cantabro Test*

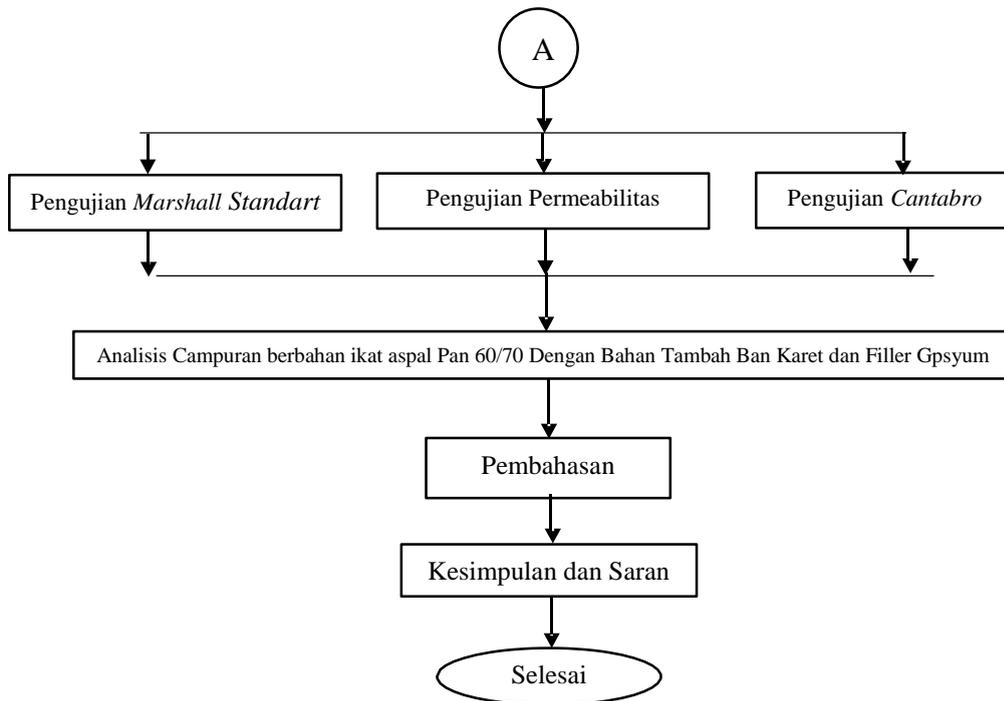
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Nilai karakteristik *Cantabro Test* didapat dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.15.

4.6 Bagan Alir Penelitian

Bagan alir (*flowchart*) adalah gambaran singkat tentang tahapan-tahapan dalam penelitian tugas akhir ini, yang dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Penelitian