

## **BAB IV METODE PENELITIAN**

### **4.1 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan dengan beberapa sampel untuk mendapatkan data. Data tersebut kemudian diolah dan dilakukan perbandingan dengan persyaratan spesifikasi yang ada dari Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Bina Marga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rendaman air sungai pada campuran bergradasi AC-WC terhadap karakteristik *Marshall*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro Loss Test*.

### **4.2 Metode Pengambilan Data**

Metode pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen terhadap beberapa benda uji dari berbagai kondisi perlakuan yang diuji dilaboratorium.

### **4.3 Metode Pengambilan Sampel**

Dalam penelitian ini sampel menggunakan pengaruh rendaman air Sungai Mahakam yang dikirimkan dari Tenggarong Kalimantan Timur. Bahan ikat berupa aspal Pen 60/70 dan aspal starbit E-60 yang didapat dari PT. Bintang Jaya Cilacap Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan *non-probability sampling*. Terdapat lima teknik pengambilan *non-probability sampling* ini yaitu sebagai berikut.

Dalam penelitian *non-probability sampling* ini menggunakan teknik *Purposive* yaitu merupakan teknik pengambilan sampel yang dilakukan dengan memilih satuan sampling yang berdasarkan tujuan.

#### 4.4 Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Persiapan bahan.
2. Pemeriksaan bahan.
3. Persiapan alat.
4. Langkah – langkah penelitian.
5. Pengujian *Marshall*.
6. Pengujian perendaman *Marshall (Immersion Test)*.
7. Pengujian *Indirect Tensile Strength* (kuat tarik tidak langsung).
8. Pengujian *Cantabro*.

#### 4.5 Langkah-Langkah Penelitian

Bahan – bahan yang akan digunakan untuk pembuatan campuran beton aspal dalam penelitian ini seperti agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), bahan ikat (aspal) perlu diuji terlebih dahulu di Labolatorium sebelum digunakan. Hal ini perlu dilakukan apakah material tersebut layak digunakan dengan memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan atau belum.

##### 4.5.1 Pemeriksaan Bahan

Berikut adalah serangkaian pengujian terhadap bahan ataupun material.

##### 1. Pengujian agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan. Kualitas perkerasan sangat tergantung dari bahan penyusunnya, sehingga pengujian terhadap agregat perlu dilakukan secara teliti baik terhadap agregat kasar maupun agregat halus agar memenuhi spesifikasi. Pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar dan Agregat Halus. (SNI 1969 : 2008 dan SNI 1970 : 2008)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu, serta besarnya angka penyerapan.

- b. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (SNI 03-2439-1991).

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka persen kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dengan persen luas permukaan yang masih terselimuti aspal.

- c. Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*. (SNI-2417 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan.

- d. Pengujian *Sand Equivalent*.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai perbandingan antara pembaca skala pasir terhadap skala pembacaan lumpur pada alat uji setara pasir yang dinyatakan dalam persen.

## 2. Pengujian Aspal

Pada penelitian ini bahan ikat yang digunakan adalah aspal Starbit E-60 dan aspal Pertamina Pen 60/70. Aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini diuji terlebih dahulu agar memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Berikut adalah serangkaian pengujian yang akan dilakukan.

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

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal berguna untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat, dan dalam *Marshall Test* berguna untuk menentukan *VITM*, *VFA* dan mempengaruhi stabilitas.

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

Pengujian ini merupakan pengukuran secara empiris terhadap konsistensi aspal. Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi dengan ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu ke dalam aspal pada temperatur tertentu.

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

Pengujian daktalitas adalah pengujian untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dan mendapatkan nilai kelenturan aspal yang diukur dari jarak terpanjang apabila antara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada temperatur 25° dan dengan kecepatan 50 mm/menit.

d. Pengujian Titik Lembek Aspal (SNI 06-2434-1991)

Bertujuan untuk mendapatkan besaran titik lembek aspal dan ter yang berkisar 30° C sampai 200° C dengan cara *ring and ball*.

e. Pengujian Kelarutan (SNI-06-2438-1991)

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

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

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

3. Pengujian Air Sungai

Air yang digunakan adalah air sungai Mahakam dari Kecamatan Tenggarong Kalimantan Timur merupakan salah satu komponen utama dalam bahan penelitian Perendaman campuran lapis permukaan *AC-WC*. Dalam penelitian ini diuji tingkat total keasaman beserta unsur – unsurnya yang diindikasikan akan merusak campuran perkerasan tersebut. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Metode Pengujian pH

Derajat keasaman atau pH menunjukkan kadar asam atau basa dalam suatu larutan dengan metode pengukuran menggunakan pH meter.

#### 4.5.2 Persiapan Alat

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

1. Mesin tekan *Marshall*, lengkap dengan :
  - a. kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking Head*),
  - b. cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg (5000 *pound*) dengan ketelitian 125 kg (25 *pound*), dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001"),
  - c. arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
2. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampel sampai  $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ .
3. Alat Uji *Indirect Tensile Strength Test*, yang meliputi alat ukur tekan (*strip loading*) sebesar 0,5 inch, Arloji pengukuran stabilitas, Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
4. Alat uji *Cantabro*, yang meliputi satu set mesin *Los Angeles*.
5. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
6. *Ejector*, alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
7. *Compactor*, alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbukan rata berbentuk silinder dengan berat 4.536 kg (10 *pound*) dan tingggi jatuh beban 45.7 cm (18").
8. Bak perendam (*Waterbath*) dilengpi dengan pengatur suhu minimum  $20^{\circ}\text{C}$ .
9. Perlengkapan – perlengkapan lainnya, seperti :
  - a. timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasias 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram,
  - b. sarung tangan dari karet,
  - c. sendok pengaduk,
  - d. kompor,

e. panci.

#### 4.5.3 Rencana Campuran Penelitian

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 Course (AC-WC)*. Agregat yang akan digunakan untuk campuran (*AC-WC*) harus dilakukan penyaringan terlebih dahulu dengan gradasi agregat ukuran nominal maksimum 19mm selanjutnya dilakukan penimbangan berat tertentu yang telah ditentukan oleh spesifikasi setelah semua bahan disiapkan kemudian dilakukan pengujian *Marshall*, *Immersion Test*, *Indirect Tensile Strength Test*, dan *Contabro Loss Test*.

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 3.1 Batas Gradasi Agregat Campuran AC-WC Ukuran Maksimum 19mm**

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
1/2 "	12,50	90,00	100,00	95	5
3/8"	9,50	77,00	90,00	83,5	16,5
No.4	4,75	53,00	69,00	61	39
No. 8	2,36	33,00	53,00	43	57
No. 16	1,18	21,00	40,00	30,5	69,5
No. 30	0,60	14,00	30,00	22	78
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 : Departemen Pekerjaan Umum 2010 Revisi 3

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

$$P_b = 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\% FA) + (0,18 \times \% FF) + 0,6 \quad (4.1)$$

Keterangan:

$P_b$  = 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 = 0,6

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 \times (\%CA) + 0,045 \times (\% FA) + (0,18 \times \% FF) + 0,6 \\ &= 0,035 \times (57\%) + 0,045 \times (36,5\%) + 0,18 \times (6,5\%) + 0,6 \\ &= 5,41\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan kadar aspal optimum perkiraan adalah 5,41% 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 3.2 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 4,5%**

<b>Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)</b>							
<b>Ukuran Saringan</b>		<b>Spesifikasi</b>		<b>Jumlah Persen (%)</b>		<b>Berat (gram)</b>	
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Lolos</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Tertahan</b>
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 3.3 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5%**

<b>Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)</b>							
<b>Ukuran Saringan</b>		<b>Spesifikasi</b>		<b>Jumlah Persen (%)</b>		<b>Berat (gram)</b>	
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Lolos</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Tertahan</b>
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 3.4 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 5,5%**

<b>Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)</b>							
<b>Ukuran Saringan</b>		<b>Spesifikasi</b>		<b>Jumlah Persen (%)</b>		<b>Berat (gram)</b>	
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Lolos</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Tertahan</b>
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 3.5 Kebutuhan Jumlah Agregat dengan Kadar Aspal 6 %**

<b>Batas Gradasi Campuran Beton Aspal (AC-WC)</b>							
<b>Ukuran Saringan</b>		<b>Spesifikasi</b>		<b>Jumlah Persen (%)</b>		<b>Berat (gram)</b>	
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Lolos</b>	<b>Tertahan</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Tertahan</b>
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 3.6 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

#### 4.5.4 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 dan Tabel 4.8 di bawah ini.

**Tabel 3.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Nilai Kadar Aspal Optimum**

Jenis Aspal	Jumlah Benda Uji (Buah)				
	Kadar Aspal				
	4,5 %	5%	5,5 %	6%	6,5 %
Starbit E-60	3	3	3	3	3
Pen 60/70	3	3	3	3	3
Jumlah	30 Buah				

**Tabel 3.8 Jumlah Benda Uji untuk Setiap Pengujian KAO**

Pengujian Dengan KAO	Jumlah Benda Uji Campuran AC-WC dengan Lama Perendaman							
	0 jam		24 jam		48 jam		72 jam	
	E-60	Pen 60/70	E-60	Pen 60/70	E-60	Pen 60/70	E-60	Pen 60/70
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Immersion</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
<i>Contabro</i>	3	3	3	3	3	3	3	3
Jumlah	24		24		24		24	
Total	96							

Setelah mendapatkan kadar aspal optimum selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall*, *Immersion Test*, *ITS*, dan *Contabro Loss Test*. Total benda uji yang dipakai pada penelitian ini adalah 126 benda uji. Jumlah berat campuran untuk masing-masing benda uji sebesar 1200 gram, sedangkan untuk masing-masing agregat dan aspal tergantung dari variasi kadar aspal yang dipakai pada penelitian.

#### 4.5.5 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*, *Immersion Test*, *ITS*, dan *Cantabro Loss Test*. 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.

#### 4.5.6 Prosedur 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 diratarata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
3. Timbang benda uji untuk mendapatkan berat keringnya.
4. Benda uji direndam air sungai dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam.
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. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
10. Pasang 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*).
13. Lepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan dicatat. Waktu yang diperlukan saat benda uji diangkat dari rendaman air sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

#### 4.5.7 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Immersion Test*)

Pengujian ini dilakukan hampir sama dengan pengujian *Marshall Standar*, hal yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *waterbath*. Pada uji perendaman *Marshall* ini lama perendaman selama 0,5 jam dan 24 jam dengan suhu 60°C. Adapun cara pengujian adalah sebagai berikut.

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Pada masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Mengukur ketinggian benda uji tiga kali pada tempat yang berbeda, lalu dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.

5. Benda uji direndam air sungai dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 72 jam.
6. Direndam didalam air selama 20-24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
7. Setelah benda uji menjadi jenuh kemudian ditimbang dalam air.
8. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh ( *Saturated Surface Dry* ).
9. Benda uji direndam kedalam *waterbath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam dan 24 jam.
10. 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.
11. Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
12. Pasang 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
13. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
14. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan teteap sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti maka dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehannya.
15. Setelah pembebanan selesai, benda uji dikeluarkan dari alat uji.

#### 4.5.8 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Berikut adalah prosedur pengujian *Indirect Tensile Strength*.

1. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test*.
2. Benda uji direndam air sungai dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 96 jam.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
4. Membaca nilai dial dan catat.
5. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*.

#### 4.5.9 Pengujian *Cantabro Loss*.

Berikut adalah prosedur pengujian *Cantabro*.

1. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari pengujian *Marshall*.
2. Benda uji direndam air Sungai dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam dan 96 jam.
3. Menimbang benda uji sebelum dilakukan pengujian.
4. Memasukkan benda uji kedalam mesin *Los Angeles*.
5. Menjalankan mesin *Los Angeles* dengan kecepatan 30-33rpm sebanyak 300 putaran.
6. Menimbang benda uji setelah pengujian.
7. Menganalisis dan membuat pembahasan.

#### 4.6 Analisis Data

Analisis data terdiri dari beberapa data-data dibawah ini.

1. Analisis karakteristik *Marshall*.

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dengan cara menganalisis data-data yang diperoleh dari hasil percobaan laboratorium antara lain sebagai berikut.

- a. berat benda uji sebelum direndam (gram).
- b. berat benda uji didalam air (gram).
- c. berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).

- d. tebal benda uji (gram).
- e. pembacaan arloji stabilitas (kg).
- f. pembacaan arloji kelelahan *flow* (mm).

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.

#### 1) 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

#### 2) 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)

#### 3) Berat Jenis *Filler*

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

Keterangan :    *B<sub>k</sub>*    = berat benda uji kering oven (gr)  
                       *B*        = berat piknometer berisi air (gr)  
                       *B<sub>t</sub>*    = berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)



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

2. Analisis *Immersion Test*

Nilai *Index of Retained Strength* diperoleh dari hasil *Immersion Test* kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 3.14.

3. Analisis *Indirect Tensile Strength Test*

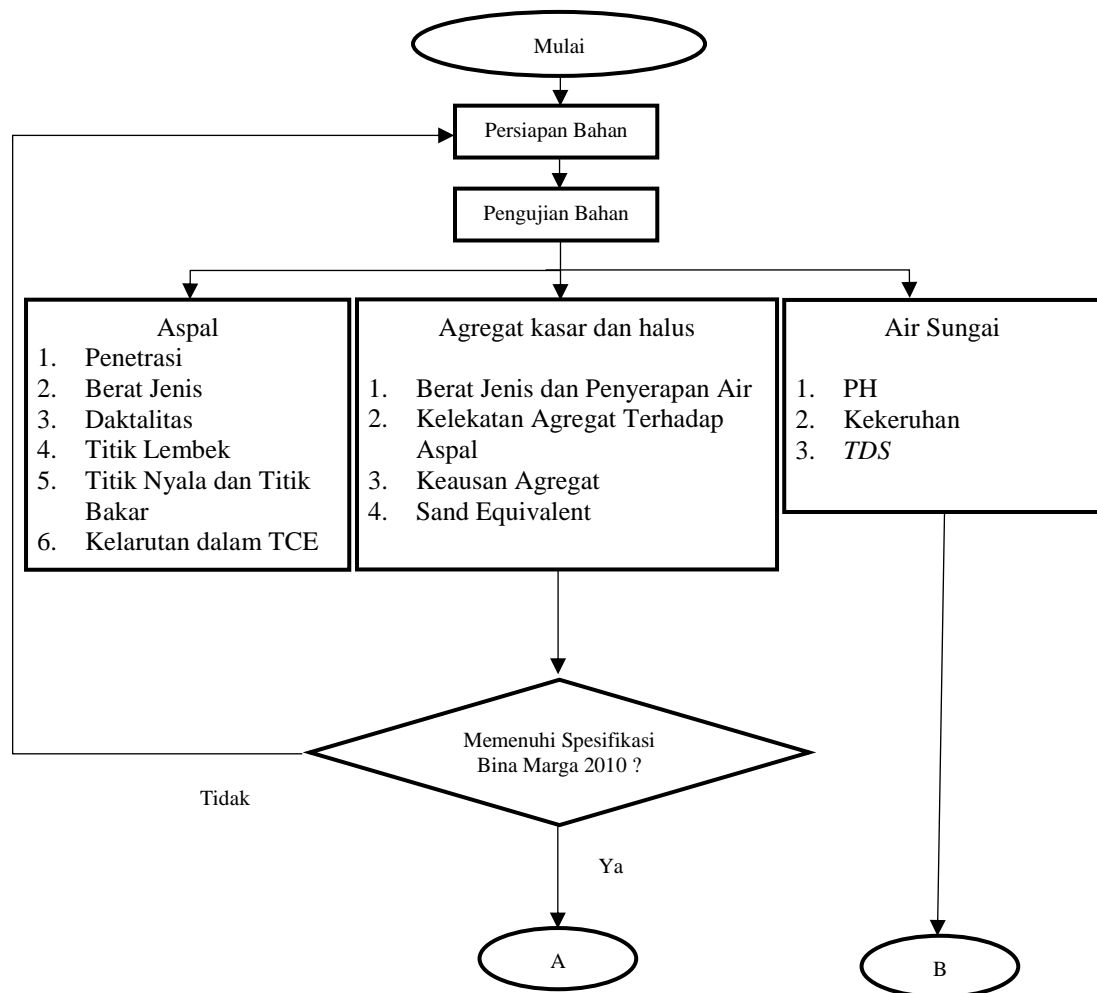
*Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban kemudian dianalisis menggunakan Persamaan 3.15.

4. Analisis *Cantabro Test*

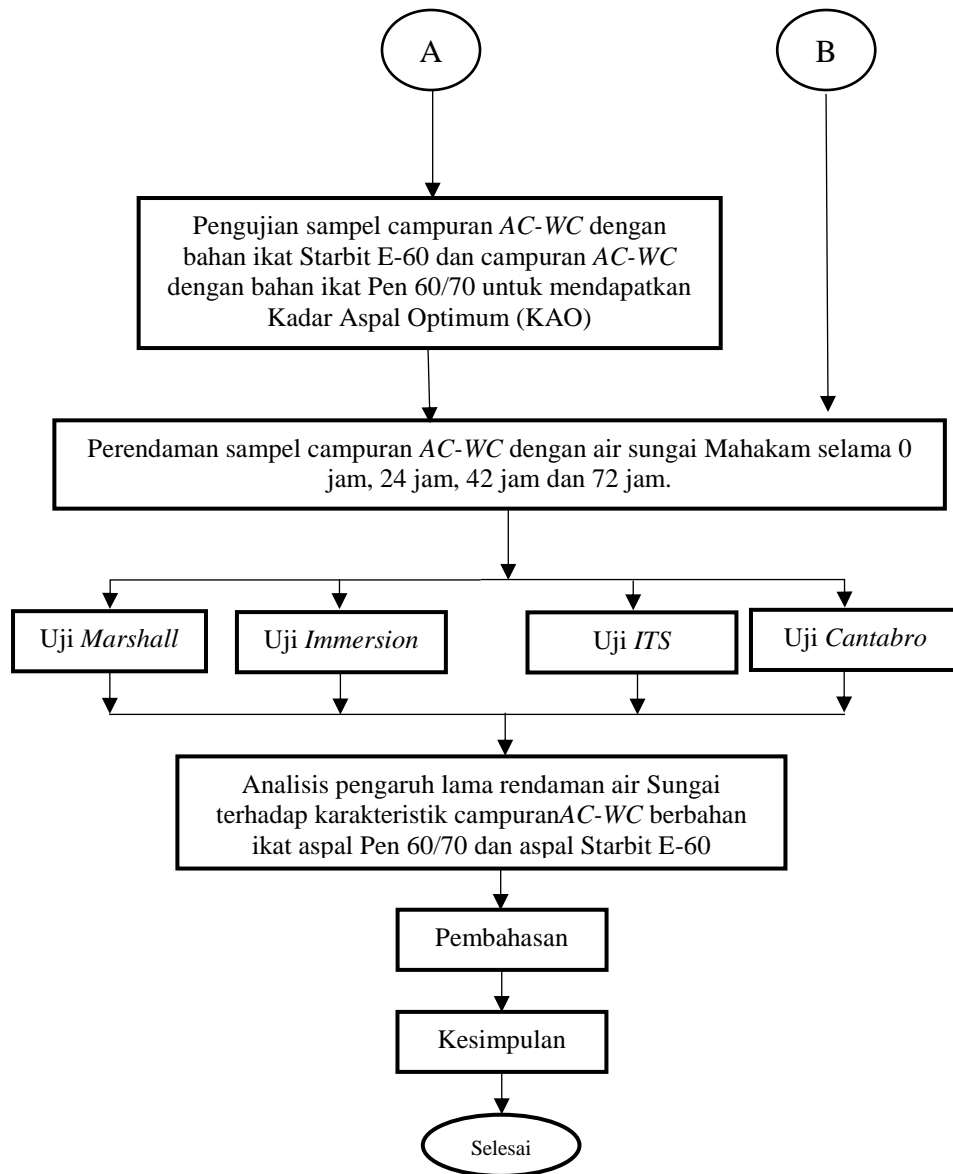
Nilai karakteristik *Cantabro Test* didapat dari perhitungan dengan menggunakan Persamaan 3.16.

#### 4.7 Bagan Alir Metode Penelitian

Proses dalam penelitian dapat dilihat pada bagan alir (*flowchart*) pada Gambar 4.2 dibawah ini.



**Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian**



**Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian**