

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

Metode penelitian adalah tata cara yang dimiliki dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka untuk mengumpulkan informasi atau data serta melakukan investigasi terhadap data yang telah didapatkan tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang dilakukan dengan melaksanakan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut akan diolah terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil penelitian, kemudian dibandingkan dengan persyaratan atau standar spesifikasi yang digunakan.

Standar spesifikasi dan prosedur penelitian yang digunakan mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan spesifikasi umum Bina Marga 2010.

4.2 Metode Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel pada penelitian Tugas Akhir ini adalah *non-probability sampling*, yaitu jenis sampel tidak dipilih secara acak. *Non-probability sampling* yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu sampel yang diambil berdasarkan tujuan. Perlu diperhatikan dalam penelitian ini bahwa sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditentukan berdasarkan tujuan penelitian. Penelitian ini menggunakan sampel air laut yang didapatkan dari daerah Semarang Utara. Aspal yang digunakan adalah Penetrasi 60/70 dan menggunakan *filler* dari serbuk batu bata yang didapatkan dari daerah Godean.

4.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dalam penelitian Tugas Akhir ini dilakukan selama pengujian. Untuk mempermudah pengambilan data, maka dilakukan pengelompokan benda uji sehingga didapatkan data berupa nilai stabilitas, *flow*,

MQ, *VITM*, *VMA*, *VFWA*, nilai *IRS*, nilai *ITS*, nilai koefisien permeabilitas dan nilai *Cantabro Loss*.

4.4 Tahap Penelitian

Seluruh rangkaian penelitian Tugas Akhir ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Namun untuk pengujian permeabilitas campuran dilakukan di Laboratorium Transportasi, Universitas Gadjah Mada. Tahapan-tahapan penelitian tugas akhir yang dilakukan adalah persiapan material, pemeriksaan material, persiapan alat, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall*, pengujian perendaman (*immersion*), pengujian *Indirect Tensile Strength*, pengujian permeabilitas dan pengujian *Cantabro*.

4.4.1 Persiapan dan Pemeriksaan Material

Material yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dalam penelitian tugas akhir ini, yaitu aspal dan agregat, perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu sebelum digunakan. Material serat selulosa alami berupa dedak padi tidak dilakukan pengujian, karena mengacu pada hasil penelitian terdahulu. Tujuan pemeriksaan material adalah untuk mengetahui kelayakan material tersebut, apakah telah memenuhi spesifikasi yang digunakan atau belum. Pemeriksaan material ini berpedoman pada SNI, *ASTM* dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Berikut ini adalah pengujian untuk agregat dan aspal.

1. Pengujian Agregat

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

Standar ini untuk menentukan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Agregat kasar adalah agregat yang ukuran butirannya lebih besar dari 4,75 mm (Saringan No.4). Berat jenis dapat dinyatakan dengan berat jenis curah kering, berat jenis curah pada kondisi jenuh kering permukaan atau berat jenis semu. Berat jenis jenuh kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD) dan penyerapan air berdasarkan pada kondisi setelah (24+4) jam direndam di dalam air oleh agregat kasar.

- b. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2008)
Sebagai acuan dan pegangan dalam bagai para pelaksana di laboratorium dalam melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Cara uji ini digunakan untuk menentukan setelah (24+4) jam di dalam air berat jenis curah kering dan berat jenis semu (*apparent*), berat jenis curah dalam kondisi jenuh kering permukaan atau *Saturated Surface Dry* (SSD), serta penyerapan air oleh agregat halus.
 - c. Pengujian kelekatan agregat oleh aspal (SNI 06-2439-1991)
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.
 - d. Pengujian analisa saringan, yang bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.
 - e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.
 - f. Pengujian keausan agregat (SNI-2417 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeless*.
2. Pengujian Aspal
- a. Pengujian penetrasi aspal (SNI 06-2456-1991)
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, apakah aspal termasuk dalam kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*), dengan cara memasukkan jarum ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.
 - b. Pengujian berat jenis aspal (SNI 06-2441-1991)
Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

- c. Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)
Ruang lingkup pengujian ini adalah menentukan titik lembek aspal padat dan ter dengan cara ring and ball. Hasil pegujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.
- d. Pengujian daktilitas (SNI 06-2432-1991)
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.
- e. Pengujian kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida atau *Trichloroethylene* (ASTM D5546)
Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam Karbon Tetra Klorida.
- f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)
Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat dipermukaannya (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).
- g. Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan 200 (SNI 03 – 4142 – 1996)
Tujuan metode ini adalah untuk memperoleh persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan Nomor 200 (0,075 mm), sehingga berguna bagi perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jalan.
- h. Metode Pengambilan Contoh Uji Air Laut (SNI 6964 – 8 - 2015)
Metode ini digunakan sebagai acuan dalam pengambilan contoh uji air laut guna pengujian parameter fisika, kimia dan biologi pada lokasi perairan estuari, pesisir dan laut lepas.

4.4.2 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Peralatan pengujian fisik aspal, meliputi alat uji penetrasi aspal, alat uji titik lembek, alat uji daktilitas aspal, alat uji kelarutan aspal, alat uji titik nyala dan titik bakar aspal.
2. Peralatan pengujian fisik agregat, seperti mesin *Los Angeles*, saringan agregat standar dan *vibrator*, tabung *Sand Equivalent*.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder (*mold*) berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") dilengkapi dengan pelat atas dan leher sambung.
4. Alat uji *Marshall* yaitu sebagai berikut.
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound).
 - c. Arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
 - d. Arloji pengukur kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
5. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200\pm 3)^{\circ}\text{C}$.
6. Bak perendam (*W*) dilengkapi dengan *waterbath* pengatur suhu minimum 20°C .
7. *Compactor*, yaitu alat penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg (10 pound) dan tinggi jatuh beban 45,7 cm (18").
8. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram, timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram, dan timbangan digital.
9. *Ejector*, yaitu alat untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan.
10. Alat uji *Indirect Tensile Strength Test* adalah sebagai berikut.
 - a. Alat ukur tekan (*strip loading*) selebar 0,5 inch.
 - b. Arloji pengukuran stabilitas.
 - c. Arloji pengukur kelelahan (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.
11. Seperangkat mesin *Los Angeles* untuk uji *Cantabro*, yang terdiri dari silinder baja tertutup pada kedua sisinya dengan diameter 71 cm panjang dalam

50 cm. Silinder bertumpu pada dua poros pendek yang tak menerus dan berputar pada poros mendatar. Silinder berlubang untuk memasukan benda uji. Penutup lubang terpasang rapat sehingga permukaan dalam silinder tidak terganggu. Di bagian dalam silinder terdapat bilah baja melintang penuh setinggi 8,9 cm.

12. Peralatan penunjang, seperti kompor, wajan, spatula, sarung tangan karet, gelas ukur, panci, kain lap, bak plastik, jangka sorong, termometer, dan lain-lain.

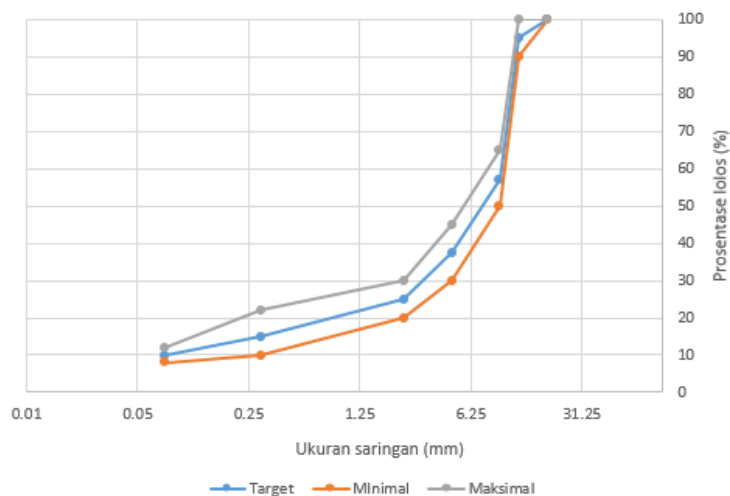
4.4.3 Perancangan Campuran

Pada perancangan campuran perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat fisik material pada agregat dan asal telah memenuhi syarat atau tidak. Pengujian pada agregat dilakukan untuk mengetahui gradasi yang akan dimasukan ke dalam campuran melalui pengujian saringan. Rencana gradasi agregat yang akan digunakan adalah campuran *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Rencana Gradasi Agregat *Split Mastic Asphalt (SMA) 0/11*

No	Ukuran Saringan		Spesifikasi Lolos Saringan (%)	
	(mm)		Range	Ideal
1	19	3/4"	100	100
2	12,5	1/2"	90-100	95
3	9,5	3/8"	50-65	57
4	4,75	No. 4	30-45	37,5
5	2,36	No. 8	20-30	25
6	0,3	No. 50	10-22	16
7	0,075	No. 200	8-12	10

Sumber : Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013)



Gambar 4. 1 Rencana Gradasi Agregat Campuran SMA 0/11

Berdasarkan Kimbangwil (1999) dalam Perwitasari (2013), syarat kadar aspal pada campuran SMA 0/11 adalah minimum 6%. Sehingga pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% terhadap berat campuran. Perhitungan penentuan kadar aspal dapat dilihat pada Persamaan 4.1 berikut.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \quad 4.1$$

dengan :

P_b = kadar aspal,

CA = presentase agregat kasar,

FA = presentase agregat halus,

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

K = konstanta (1-2).

Dapat diperoleh dari grafik nilai CA sebesar 75%, FA sebesar 15%, $Filler$ sebesar 10% dan nilai konstanta yang digunakan adalah 1. Jadi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.1 seperti perhitungan berikut.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (75\%) + 0,045 (15\%) + 0,18 (10\%) + 1 \\ &= 6,1\% \text{ dibulatkan menjadi } 6\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan perkiraan awal (P_b) diperoleh nilai 6% sehingga pada pengujian untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5%; 5,5%; 6%; 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran. Dengan persentase kadar aspal yang sudah didapatkan, maka dapat ditentukan jumlah benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing persentase kebutuhan penambahan *filler* serbuk batu bata sebesar 0%; 25%; 50%; 75% dan 100%, sehingga membutuhkan sebanyak 15 buah benda uji pada pengujian ini.

Setelah didapatkan nilai KAO maka dilakukan pengujian perendaman pada durasi 0 jam, 48 jam dan 96 jam. Rincian jumlah benda uji untuk setiap durasi perendaman dapat dilihat pada Tabel 4.2 sampai Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 2 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Pengujian Pada Rendaman 0 Jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	Durasi Rendaman 0 Jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
Permeabilitas	2	2	2	2	2
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	11	11	11	11	11
Total	55				

Tabel 4. 3 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Pengujian Pada Rendaman 48 Jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	Durasi Rendaman 48 Jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	9	9	9	9	9
Total	45				

Tabel 4. 4 Jumlah Benda Uji Untuk Tiap Pengujian Pada Rendaman 96 Jam

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Lama Rendaman (buah)				
	Durasi Rendaman 96 Jam				
<i>Filler</i>	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
Jumlah	9	9	9	9	9
Total	45				

Dari Tabel 4.7 mengenai rincian jumlah benda uji setelah diperoleh nilai KAO adalah sebanyak 160 buah. Dalam pengujian ini menggunakan bahan pengisi (*filler*) berupa Debu Batu (DB) dan Serbuk Batu Bata (SBB) sebagai *filler* pengganti. Untuk komposisi *filler* terdapat variasi yang dihitung berdasarkan kadar aspalnya. Dalam menentukan berat volume pada benda uji, maka harus diketahui terlebih dahulu berat jenis dari masing-masing *filler*. Berat jenis untuk DB sebesar $2,5532 \text{ gr/cm}^3$ dan untuk SBB sebesar $2,41 \text{ gr/cm}^3$. Berat untuk masing-masing *filler* berdasarkan volume yang sama setiap benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 5 Kebutuhan SBB Sebagai *Filler* Pengganti Pada Campuran

Kadar	Variasi Kebutuhan <i>Filler</i> DB dan SBB (gram)									
	0%		25%		50%		75%		100%	
Aspal (%)	DB (gr)	SBB (gr)	DB (gr)	SBB (gr)	DB (gr)	SBB (gr)	DB (gr)	SBB (gr)	DB (gr)	SBB (gr)
5	114	0	85,5	26,9	57	53,8	28,5	80,7	0	107,6
5,5	113,4	0	85,1	26,8	56,7	53,5	28,4	80,3	0	107
6	112,8	0	84,6	26,6	56,4	53,2	28,2	79,9	0	106,5
6,5	112,2	0	84,1	26,5	56,1	53	28,1	79,4	0	105,9
7	111,6	0	83,7	26,3	55,8	52,7	27,9	79	0	105,3

Kebutuhan agregat pada campuran SMA 0/11 terhadap KAO berdasarkan variasi kadar *filler* serbuk batu bata dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai Tabel 5.10 dibawah ini.

Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat dengan 0% Filler SBB pada KAO

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0		0
1/2"	12,5	90	100	95	5	55,95	55,95
3/8"	9,5	50	65	57	43	425,22	481,17
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,21	699,38
No.8	2,36	20	30	25	75	139,88	839,25
No.50	0,3	10	22	15	85	111,90	951,15
No.200	0,075	8	12	10	90	55,95	1007,10
Debu Batu						111,90	1119,00
SBB						0,00	1119,00

Tabel 4. 7 Kebutuhan Agregat dengan 25% Filler SBB pada KAO

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0		0
1/2"	12,5	90	100	95	5	55,95	55,95
3/8"	9,5	50	65	57	43	425,22	481,17
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,21	699,38
No.8	2,36	20	30	25	75	139,88	839,25
No.50	0,3	10	22	15	85	111,90	951,15
No.200	0,075	8	12	10	90	55,95	1007,10
Debu Batu						83,93	1091,03
SBB						26,41	1117,43

Tabel 4. 8 Kebutuhan Agregat dengan 50% Filler SBB pada KAO

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0		0
1/2"	12,5	90	100	95	5	55,95	55,95
3/8"	9,5	50	65	57	43	425,22	481,17
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,21	699,38
No.8	2,36	20	30	25	75	139,88	839,25
No.50	0,3	10	22	15	85	111,90	951,15
No.200	0,075	8	12	10	90	55,95	1007,10
Debu Batu						55,95	1063,05
SBB						52,81	1115,86

Tabel 4. 9 Kebutuhan Agregat dengan 75% Filler SBB pada KAO

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0		0
1/2"	12,5	90	100	95	5	55,95	55,95
3/8"	9,5	50	65	57	43	425,22	481,17
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,21	699,38
No.8	2,36	20	30	25	75	139,88	839,25
No.50	0,3	10	22	15	85	111,90	951,15
No.200	0,075	8	12	10	90	55,95	1007,10
Debu Batu						27,98	1035,08
SBB						79,22	1114,29

Tabel 4. 10 Kebutuhan Agregat dengan 100% Filler SBB pada KAO

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gram)	
Inci	mm	Min.	Maks.	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0		0
1/2"	12,5	90	100	95	5	55,95	55,95
3/8"	9,5	50	65	57	43	425,22	481,17
No.4	4,75	30	45	37,5	62,5	218,21	699,38
No.8	2,36	20	30	25	75	139,88	839,25
No.50	0,3	10	22	15	85	111,90	951,15
No.200	0,075	8	12	10	90	55,95	1007,10
Debu Batu						0,00	1007,10
SBB						105,62	1112,72

Kadar dedak padi untuk masing-masing benda uji adalah sebesar 7% terhadap berat aspal. Setiap benda uji memiliki berat total campuran sebesar 1200 gram, maka dalam satu benda uji terdapat 72 gram kadar dedak padi.

4.4.4 Perendaman Air Laut

Tujuan dilakukannya perendaman air laut pada benda uji adalah untuk mengetahui sifat durabilitas pada campuran SMA dengan *filler* SBB. Berikut merupakan langkah-langkah pengujian perendaman air laut.

1. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel.
2. Ukur ketinggian benda uji pada tiga titik yang berbeda, kemudian hasil pengukuran dirata-rata dengan ketelitian 0,01 mm.

3. Timbang benda uji untuk mengetahui berat keringnya.
4. Rendam benda uji dalam air laut dengan durasi rendaman 48 jam dan 96 jam.

4.4.5 Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari campuran beton aspal, untuk pengujiannya dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Rendam benda uji ke dalam air biasa selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Timbang benda uji didalam air.
3. Keringkan permukaan benda uji menggunakan lap, kemudian timbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Rendam benda uji kedalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 0,5 jam.
5. Bersihkan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam kepala penekan (*test head*) terlebih dahulu. Lalu lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas.
6. Keluarkan benda uji dari *water bath* dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan.
7. Pasang segmen atas di atas benda uji dan meletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
8. Pasang arloji kelelahan (*flow meter*) pada penunjuk angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Selama pembebanan berlangsung, tangkai arloji kelelahan ditekan pada segmen atas dari kepala penekan.
9. Naikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji. Kemudian atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
10. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum yang tercapai (stabilitas) serta angka pada arloji kelelahan (*flow*).
11. Lepaskan selubung tangkai arloji kelelahan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelahan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelahan dicatat.
12. Lakukan pengujian pada benda uji lainnya.

13. Analisis nilai dari hasil pengujian, kemudian dibuat pembahasan.

4.4.6 Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Membuat benda uji dengan kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari pengujian *Marshall*.
2. Letakkan benda uji pada alat uji permeabilitas, kemudian lakukan pengujian,
3. Analisis nilai dari hasil pengujian, kemudian dibuat pembahasan.

4.4.7 Pengujian Perendaman (*Immersion Test*)

Pengujian ini sama prinsipnya dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *water bath* yang berbeda. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman selama 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan. Langkah-langkah pengujian perendaman adalah sebagai berikut.

1. Rendam benda uji yang telah diangkat dari rendaman air laut ke dalam air biasa selama 24 jam pada suhu ruang agar benda uji menjadi jenuh air.
2. Timbang didalam air benda uji yang sudah dalam keadaan jenuh air.
3. Keringkan permukaan benda uji menggunakan lap, lalu ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*).
4. Rendam benda uji kedalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam.
5. Lakukan serangkaian pengujian *Marshall* seperti pada sub bab 4.4.4.
6. Analisis hasil pengujian, kemudian dibuat pembahasan.

4.4.8 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Pengujian *ITS* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Letakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air laut pada alat uji *Indirect Tensile Strength*.
2. Analisis nilai dari hasil pengujian.
3. Membuat pembahasan.

4.4.9 Pengujian *Cantabro*

Pengujian *Cantabro* dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Letakkan benda uji yang telah diangkat dari rendaman air laut ke dalam alat pengujian *Los Angeless* tanpa bola baja.

2. Analisis nilai dari hasil pengujian.
3. Membuat pembahasan.

4.5 Analisis Data

Setelah melakukan seluruh rangkaian pengujian, selanjutnya dilakukan analisis data sebagai berikut.

1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Dari pengujian *Marshall* didapatkan data sebagai berikut.

- a. Berat benda uji sebelum direndam air (gram).
- b. Berat benda uji didalam air (gram).
- c. Berat benda uji dalam keadaan jenuh (gram).
- d. Tebal rata-rata benda uji.
- e. Pembacaan arloji stabilitas (kg)
- f. Pembacaan arloji kelelahan atau *flow* (mm)

Nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus-rumus sebagai berikut.

- a. Berat jenis aspal

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

dengan :

- A = berat piknometer dengan penutup (gram),
- B = berat piknometer berisi air (gram),
- C = berat piknometer berisi aspal (gram), dan
- D = berat piknometer berisi aspal dan air (gram).

- b. Berat jenis agregat

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

dengan :

- A = presentase agregat kasar,
- B = presentase agregat halus,

F1 = berat jenis agregat kasar, dan

F2 = berat jenis agregat halus.

c. Nilai-nilai stabilitas (*stability*) menggunakan Persamaan 3.1.

d. Kelelehan (*flow*), dibaca dari pembacaan arloji kelelehan.

e. *Marshall Quotient (MQ)* menggunakan Persamaan 3.2.

f. *VITM (Void in the Total Mix)* menggunakan Persamaan 3.3.

g. *VMA (Void in Mineral Aggregate)* menggunakan Persamaan 3.4.

h. *VFWA (Volume of Void Filled With Asphalt)* menggunakan Persamaan 3.5.

2. Analisis Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan merata-ratakan kadar aspal yang memberikan nilai stabilitas maksimum, kepadatan maksimum dan kadar aspal pada *VITM* yang disyaratkan. Berikut merupakan persyaratan yang harus dipenuhi untuk analisis Kadar Aspal Optimum.

a. *Void in Mix (VITM)* dengan persyaratan sebesar 4%.

b. *Void in Mineral Agregat (VMA)* dengan syarat minimum sebesar 17%.

c. Kadar aspal campuran dengan syarat minimum 6%.

3. Analisis Uji Permeabilitas

Nilai permeabilitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8.

4. Analisis Uji Perendaman (*Immersion Test*)

Nilai uji perendaman dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.6.

5. Analisis Uji *Indirect Tensile Strength*

Indirect Tensile Strength Test adalah kuat tarik maksimum, yang dihitung dari puncak beban kemudian diolah menggunakan Persamaan 3.7.

6. Analisis Uji *Cantabro*

Nilai *Cantabro* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.9.

7. Analisis Statistik

Data-data seperti karakteristik *Marshall*, *Index of Retaines Strength*, *Indirect Tensile Strength Test*, dan *Cantabro* dengan parameter *filler* serbuk batu bata serta lama rendaman air laut terhadap kinerja campuran SMA 0/11 dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova* dua arah (*two way Anova*). Metode ini

digunakan karena terdapat tiga variabel bebas yang masing-masing terbagi menjadi beberapa kelompok. Variabel bebas adalah *filler* serbuk batu bata dan lama rendaman air laut. Secara umum analisis dengan menggunakan statistik *Anova* dua arah adalah sebagai berikut.

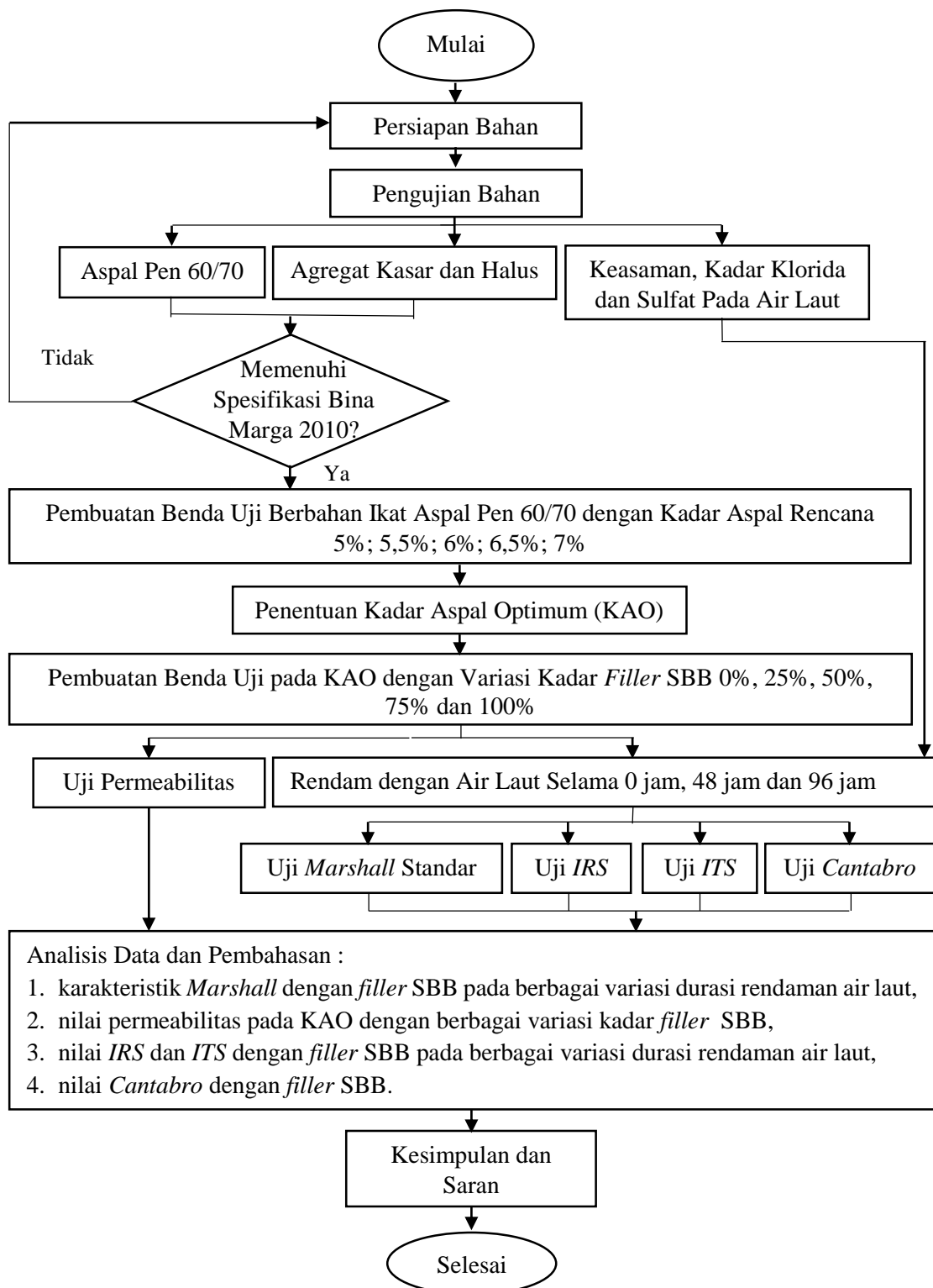
- a. Merumuskan hipotesis (H_0) dan Hipotesis alternative (H_1)
 Uji hipotesis bertujuan untuk melihat pengaruh masing-masing factor variabel.

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

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \dots \neq \mu_k$$
- b. Menentukan nilai α atau tingkat signifikan.
- c. Mencari nilai df atau derajat kebebasan.
- d. Penggunaan tabel distribusi F
 Nilai F-table bergantung dengan nilai α dan df.
- e. Penentuan daerah penolakan dan kritis
 Daerah nilai dan penerimaan dibatasi oleh nilai α dan F-hitung.
- f. Perumusan keputusan H_0 dan H_1
 H_0 = Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh lama durasi rendaman air laut terhadap campuran SMA 0/11 yang menggunakan variasi *filler* serbuk batu bata.
 H_1 = Ada perbedaan signifikan pengaruh lama durasi rendaman air laut terhadap campuran SMA 0/11 yang menggunakan variasi *filler* serbuk batu bata.
 Perumusan keputusan signifikan yaitu H_0 ditolak, H_1 diterima (ada perbedaan) dan tidak signifikan yaitu H_1 ditolak, H_0 diterima (tidak ada perbedaan).

4.6 Bagan Alir Metode Penelitian

Secara garis besar metode penelitian yang akan dilaksanakan adalah seperti pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian Tugas Akhir