

## **BAB 4**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **4.1 Umum**

Bagian ini menguraikan pendekatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, yaitu pendekatan yang dilakukan melalui pengujian langsung terhadap objek yang diteliti untuk memahami hubungan sebab-akibat antar variabel, kemudian hasilnya dianalisis dan dibandingkan. Seluruh proses penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dengan mengacu pada pedoman Spesifikasi Umum Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga tahun 2024 serta Standar Nasional Indonesia (SNI).

Pengujian terhadap campuran dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall*. Melalui metode ini, diperoleh berbagai karakteristik campuran seperti VIM, VMA, VFA, stabilitas, dan *flow*, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai *Marshall Quotient*.

Agregat, aspal dan abu ampas tebu sebelumnya diperiksa dengan SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2024. Selanjutnya dilakukan variasi kadar abu ampas tebu sebesar 0%, 4%, 8%, dan 12%. Seluruh material kemudian dicampurkan untuk proses pembuatan benda uji. Setelah itu, dilakukan pengujian terhadap benda uji dan pada tahap akhir disajikan proses pengolahan serta analisis data hasil pengujian.

#### **4.2 Persiapan Alat dan Bahan**

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini :

- a. Alat uji pengujian agregat, antara lain; satu set saringan (*sieve*) yang berguna untuk memisahkan agregat berdasarkan ukuran butirnya, mesin *los angeles* untuk pengujian keausan agregat kasar, dan alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, oven).
- b. Alat uji pengujian aspal, antara lain; alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala, alat uji kehilangan berat, dan alat uji berat jenis.

- c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal, yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, yang terdiri atas :
- 1) Mesin uji tekan *Marshall*, dilengkapi dengan kepala penekan berbentuk lengkung dan cincin penguji berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs), serta arloji *flow* meter untuk mengukur deformasi.
  - 2) Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).
  - 3) Alat penumbuk manual yang digunakan untuk memadatkan campuran dengan 75 tumbukan pada masing-masing sisi (atas dan bawah).
  - 4) Dongkrak hidrolik sebagai alat pendorong untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari cetakan.
  - 5) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
  - 6) Peralatan pendukung, meliputi wajan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan tahan panas, kain lap, timbangan, wadah perendaman benda uji, jangka sorong, dan spidol untuk memberi tanda pada benda uji.

Berikut adalah material dalam pelaksanaan penelitian ini :

- a. Aspal polimer elastomer PG-70
- b. Agregat kasar tertahan saringan  $\frac{3}{4}$  “ sampai No. 4
- c. Agregat halus tertahan saringan No. 8 sampai No. 200
- d. *Filler* yang lolos saringan No. 200
- e. Abu ampas tebu limbah dari penjual es tebu.

### **4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian**

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dari data-data berupa data primer yang didapat dari hasil pengujian yang dilakukan sedangkan data sekunder didapat dari literatur, baik dari buku-buku dan jurnal-jurnal terdahulu yang membahas tentang Laston. Adapun prosedur penelitian ini meliputi :

#### **4.3.1 Persiapan**

Persiapan yang dilakukan yaitu meliputi studi Pustaka dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*) dilakukan dengan mendatangkan bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik

Sipil FT. Untirta dan menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum digunakan dalam campuran beraspal.

#### 4.3.2 Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan penetrasi aspal

Pengujian dilakukan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal yang dilihat dari kedalaman jarum penetrasi yang dibebani dalam waktu tertentu dan suhu standar ke dalam permukaan aspal, yang diukur dengan angka yang terbaca pada arloji penetrometer.

b. Pemeriksaan berat jenis aspal

Penentuan berat jenis aspal dilakukan untuk mengukur densitas aspal padat menggunakan piknometer. Berat jenis aspal didefinisikan sebagai perbandingan antara massa aspal padat dan massa air suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C.

c. Pemeriksaan kehilangan berat minyak dan aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menetapkan berkurangnya berat minyak dan aspal dengan cara memanaskan di dalam *oven* dan tebal tertentu yang ditunjukkan dalam persen berat semula. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan sifat fisik aspal selama proses pencampuran di *Asphalt Mixing Plant* pada suhu 163°C.

d. Pemeriksaan kekentalan aspal (viskositas)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur kekentalan aspal pada suhu pencampuran dan suhu pemadatan sehingga cara kerja aspal dapat dioptimalkan agar bisa lebih efektif.

e. Pemeriksaan daktilitas aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini dilakukan pada temperatur  $25 \pm 0,5$  °C dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit  $\pm 2$ mm.

f. Pemeriksaan titik lembek

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik lembek aspal, di mana pengujian menggunakan bola baja dengan berat tertentu mulai menembus

lapisan aspal atau menekan cincin berukuran tertentu hingga menyentuh pelat dasar di bawah cincin akibat peningkatan suhu.

g. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan suhu pada saat terjadinya nyala singkat kurang dari 5 detik (titik nyala) dan nyala lebih dari 5 detik (titik bakar) di permukaan aspal.

Tabel 4.1 Standar pengujian aspal modifikasi PG-70

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi
1.	Penetrasi	SNI 2456-2011	30-60
2.	Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011	$\geq 1,0$
3.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	$\leq 0,8$
4.	Viskositas	SNI 7729-2011	$\leq 3000$
5.	Daktilitas	SNI 2432-2011	$\geq 100$
6.	Pemeriksaan Titik Lembek	SNI 2434-2011	$\geq 70$
7.	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433-2011	$\geq 232$

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

### 4.3.3 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat terdiri dari :

a. Pemeriksaan berat jenis agregat dan penyerapan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendapatkan berat jenis agregat dan penyerapan air agregat.

b. Pemeriksaan keausan agregat (*Los Angeles Abrasion*)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menilai ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan memanfaatkan mesin abrasi Los Angeles sehingga diperoleh rasio persentase antara berat material yang mengalami keausan dan berat awalnya.

c. Pemeriksaan analisa saringan

Analisa saringan bertujuan untuk menentukan persentase berat partikel agregat yang lolos melalui serangkaian saringan yang digambarkan dalam bentuk grafik pembagian butir atau gradasi. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengidentifikasi gradasi partikel agregat yang akan digunakan.

Tabel 4.2 Standar pengujian agregat kasar

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Nilai
1.	Analisa Saringan Kasar	SNI ASTM C136 : 2012	6 – 7,1
2.	Berat Jenis Agregat Kasar - Bulk - SSD - Semu	SNI 1969 : 2016	Min 2,1
3.	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1969 :2016	Maks 3%
4.	Keausan Agregat	SNI 2417 : 2008	Maks 30%

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

Tabel 4.3 Standar pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Nilai
1.	Analisa Saringan Halus	SNI ASTM C136 : 2012	1,50 – 3,8
2.	Berat Jenis Agregat Halus	SNI 1970 : 2016	Min 2,5
3.	Penyerapan Air Agregat Halus	SNI 1970 :2016	Maks 5%

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)

#### 4.3.4 Pemeriksaan Abu Ampas Tebu

Pemeriksaan ini dilakukan agar tidak terjadi faktor eksternal pada hasil keefektivitasan campuran abu ampas tebu yang digunakan sebagai bahan tambah *filler*.

##### a. Persiapan ampas tebu

Menyiapkan material ampas tebu yang diambil dari limbah penjualan es tebu. Dimana tebu yang telah digiling dan diambil sarinya dan hanya menyisakan ampas tebunya saja.

##### b. Proses pengeringan ampas tebu

Ampas tebu dilakukan proses pengeringan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari hingga mendapatkan hasil kering maksimal.



Gambar 4.1 Proses pengeringan ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

c. Pembakaran ampas tebu

Ampas tebu yang telah kering sehabis dijemur dibawah sinar matahari selanjutnya dimasukkan ke dalam alat *furnace* pada suhu 700°C dan dengan waktu selama 2 jam untuk memulai proses pembakaran ampas tebu sampai menjadi abu. Penentuan suhu dan waktu pembakaran berdasarkan hasil pengujian oleh (Sulaiman F, 2019), Terdapat beberapa alasan untuk pemilihan suhu dan waktu pembakaran, suhu pembakaran dibawah 400°C maka yang didapat adalah kandungan karbon karena bahan – bahan organik seperti selulosa, lignin, dll baru terdekomposisi.



Gambar 4.2 Pembakaran ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)

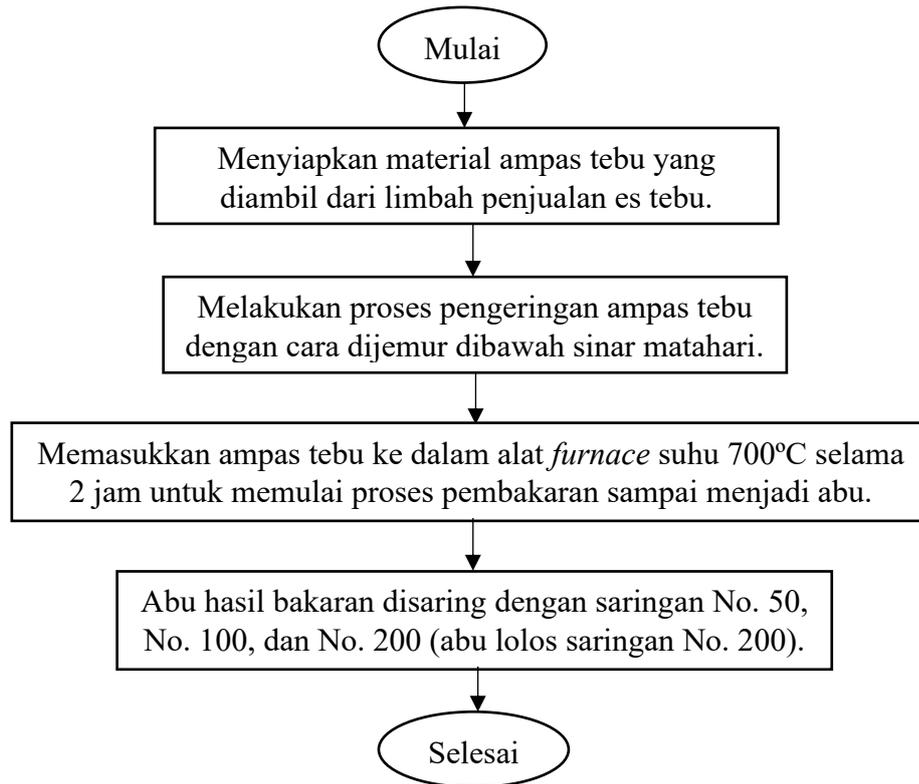
d. Penyaringan abu ampas tebu

Abu hasil bakaran disaring dengan saringan No. 50, No. 100, dan No. 200. Tujuan dari penyaringan ini agar abu ampas tebu memiliki tingkat kehalusan yang seragam (abu lolos saringan No. 200).



Gambar 4.3 Abu ampas tebu

(Sumber : Dokumentasi penulis, 2025)



Gambar 4.4 Diagram alir pemeriksaan abu ampas tebu

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

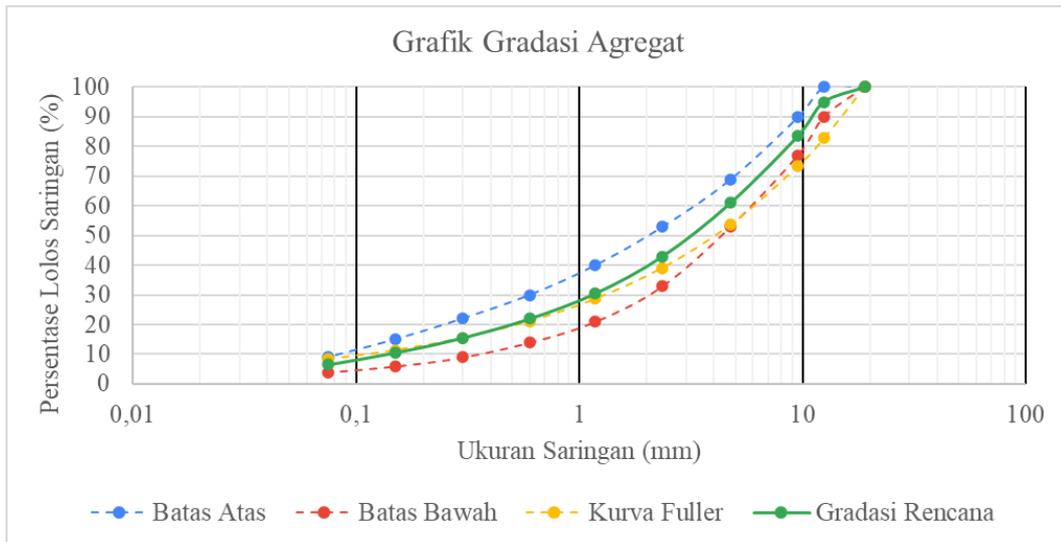
### 4.3.5 Perencanaan Gradasi

Pada penelitian ini menggunakan gradasi agregat campuran aspal lapis aus (AC-WC). Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persentase agregat lolos saringan terhadap berat total setelah pengujian analisa saringan, harus memenuhi batas-batas yang diberikan pada tabel berikut:

Tabel 4.4 Persyaratan gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
3/4"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	81 - 92
1/2"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	59 - 75
No. 4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 38			53 - 69	46 - 64	41 - 59
No. 8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	28 - 45
No. 16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	18 - 34
No. 30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	11 - 25
No. 50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 18
No. 100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 12
No. 200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2024)



Gambar 4.5 Grafik gradasi agregat beraspal lapis aus (AC-WC)

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.6 Kadar Aspal Perkiraan

Penelitian ini menerapkan 4 variasi kadar abu ampas tebu, yaitu 0%, 4%, 8%, dan 12%, yang dikombinasikan dengan 5 variasi kadar aspal. Untuk setiap kadar aspal yang direncanakan, dibuat masing-masing tiga sampel guna memperoleh data Kadar Aspal Optimum (KAO). Selain itu, dilakukan pengujian terhadap tiga kadar abu ampas tebu dan kadar aspal rencana sebagaimana tercantum dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Total jumlah benda uji

Kadar Campuran Abu Ampas Tebu (%)	Kadar Aspal					KAO
	PB-1	PB-0,5	PB	PB+0,5	PB+1	
0	3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3	3
8	3	3	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3
Sub Total					60	12
Total					72	

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.7 Metode Pembuatan Benda Uji

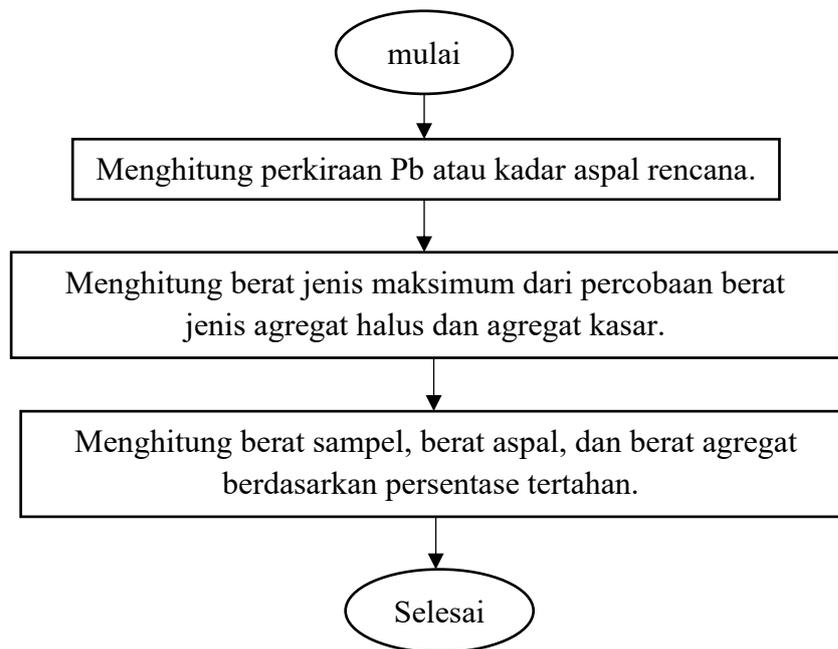
Metode pencampuran yang diterapkan pada penelitian ini yaitu metode pencampuran kering, di mana aspal panas dicampurkan dengan komponen lainnya seperti agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*).

- a. Perencanaan Campuran
  - 1) Menghitung perkiraan  $P_b$  atau kadar aspal rencana dengan persamaan (3.1)
  - 2) Setelah kadar aspal diperoleh, tahap selanjutnya adalah menghitung berat jenis maksimum dengan menggunakan data hasil pengujian berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
  - 3) Setelah seluruh data tersedia, proses berikutnya mencakup perhitungan berat total sampel, berat aspal, serta berat agregat berdasarkan distribusi persentase yang tertahan pada masing-masing saringan.
- b. Proses Pencampuran Benda Uji
  - 1) Menyediakan material untuk masing-masing spesimen uji, yaitu campuran aspal dengan berat sekitar  $\pm 1200$  gram.
  - 2) Memanaskan panci pencampur beserta agregat kasar, agregat halus dan *filler* berupa abu ampas tebu lalu aduk sampai suhu  $165^{\circ}\text{C}$ . Sementara itu aspal juga dipanaskan secara terpisah pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$ .
  - 3) Saat memanaskan aspal, penting menjaga pengadukan tetap merata agar tidak terjadi penggumpalan, sehingga campuran tetap homogen dan berkualitas baik.
  - 4) Setelah campuran dipanaskan hingga suhu  $165^{\circ}\text{C}$ , timbang dalam kondisi panas, lalu menuangkan aspal yang telah dipanaskan pada suhu  $150^{\circ}\text{C}$  sesuai kadar yang diperlukan.
  - 5) Campuran kemudian diaduk secara cepat hingga seluruh agregat terlapisi aspal secara merata. Suhu selama proses pengadukan dijaga tetap  $155^{\circ}\text{C}$  menggunakan alat pengukur suhu (termometer).
  - 6) Memadatkan sampel dengan memberikan masing-masing 75 kali tumbukan pada sisi atas dan sisi bawah dengan menggunakan alat penumbuk.
  - 7) Membiarkan benda uji mengeras terlebih dahulu di dalam cetakan, kemudian keluarkan dan diamkan benda uji selama kurang lebih 24 jam.
  - 8) Melakukan pengukuran ketebalan, penimbangan, lalu merendam spesimen uji dalam air bersuhu ruang selama 24 jam.
  - 9) Menimbang spesimen uji guna memperoleh berat jenuh (SSD).

10) Sebelum menguji benda uji menggunakan alat *marshall*, perlu merendam benda uji dalam *waterbath* selama 30 menit.

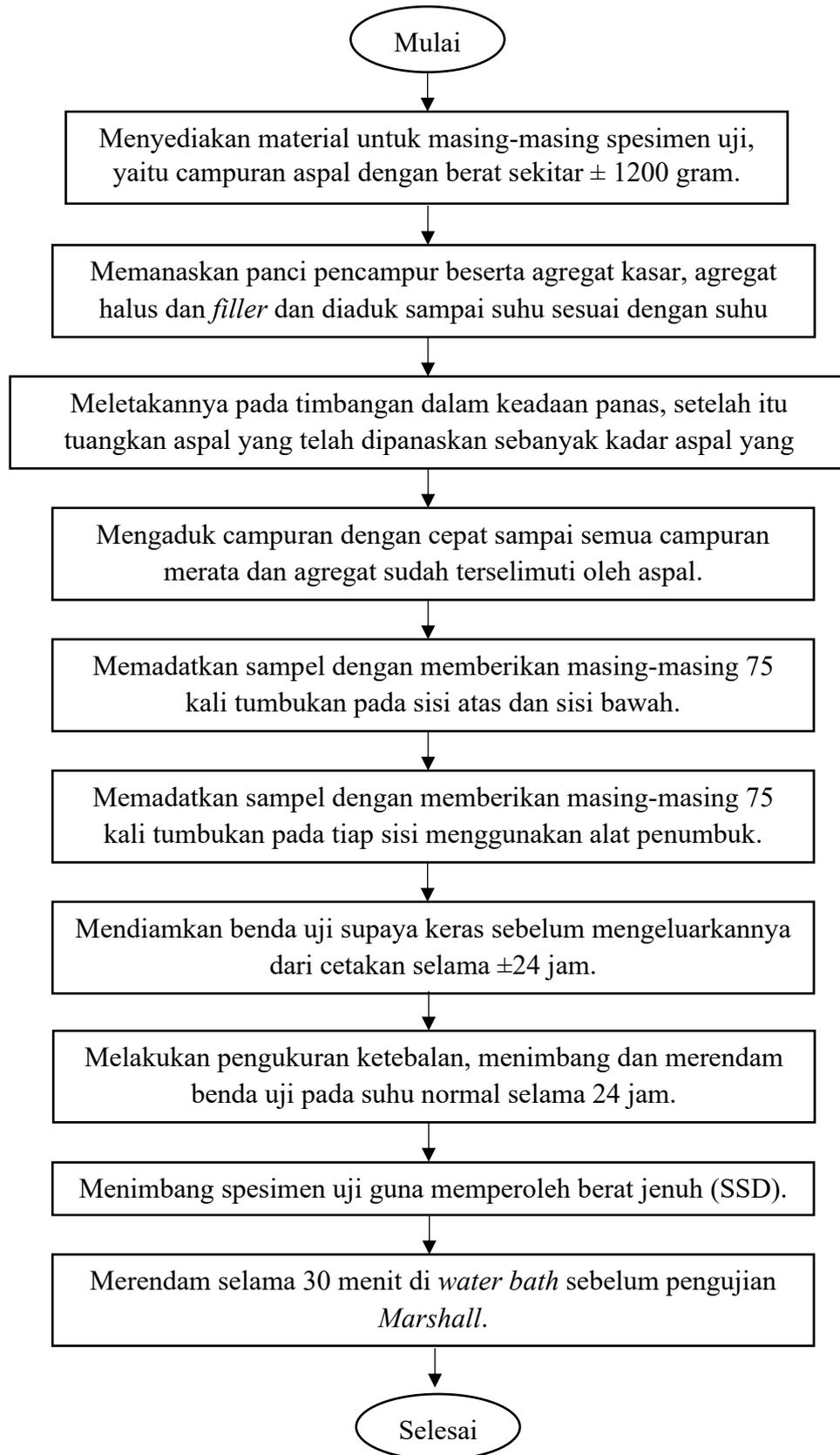
c. Uji *Marshall*

Pengujian menggunakan alat *Marshall* mengikuti standar SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Spesimen diletakkan di bagian bawah alat maksimal 30 detik setelah diangkat dari *water bath*. Beban diterapkan dengan kecepatan  $\pm 50$  mm/menit hingga mencapai titik maksimum, lalu dicatat nilai stabilitas dan *flow*-nya.



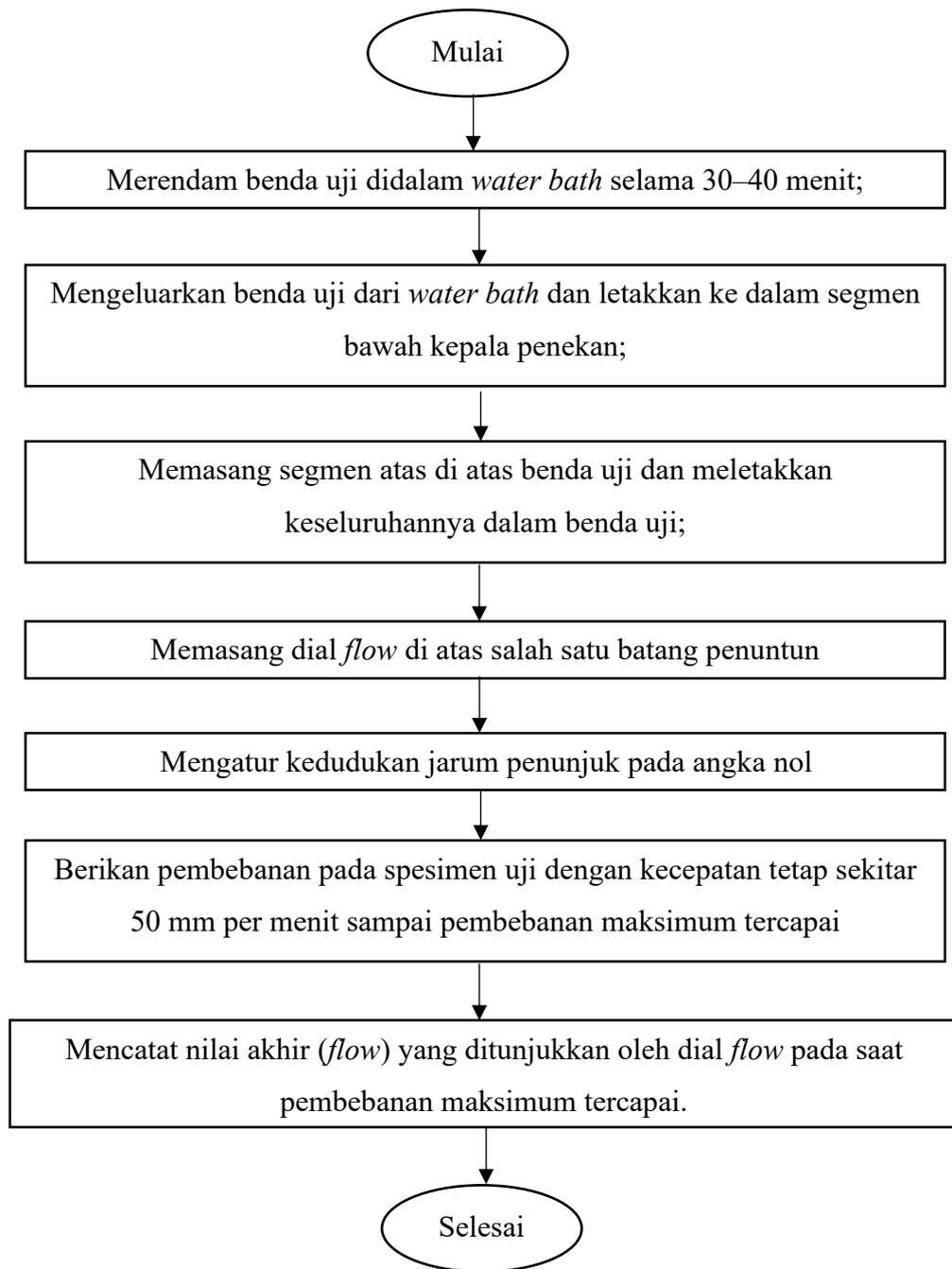
Gambar 4.6 Diagram alir perencanaan campuran

(Sumber : Analisis penulis, 2025)



Gambar 4.7 Diagram alir pencampuran benda uji

(Sumber : Analisis penulis, 2025)



Gambar 4.8 Diagram alir pengujian *marshall*

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

#### 4.3.8 Pembahasan dan Analisis Hasil

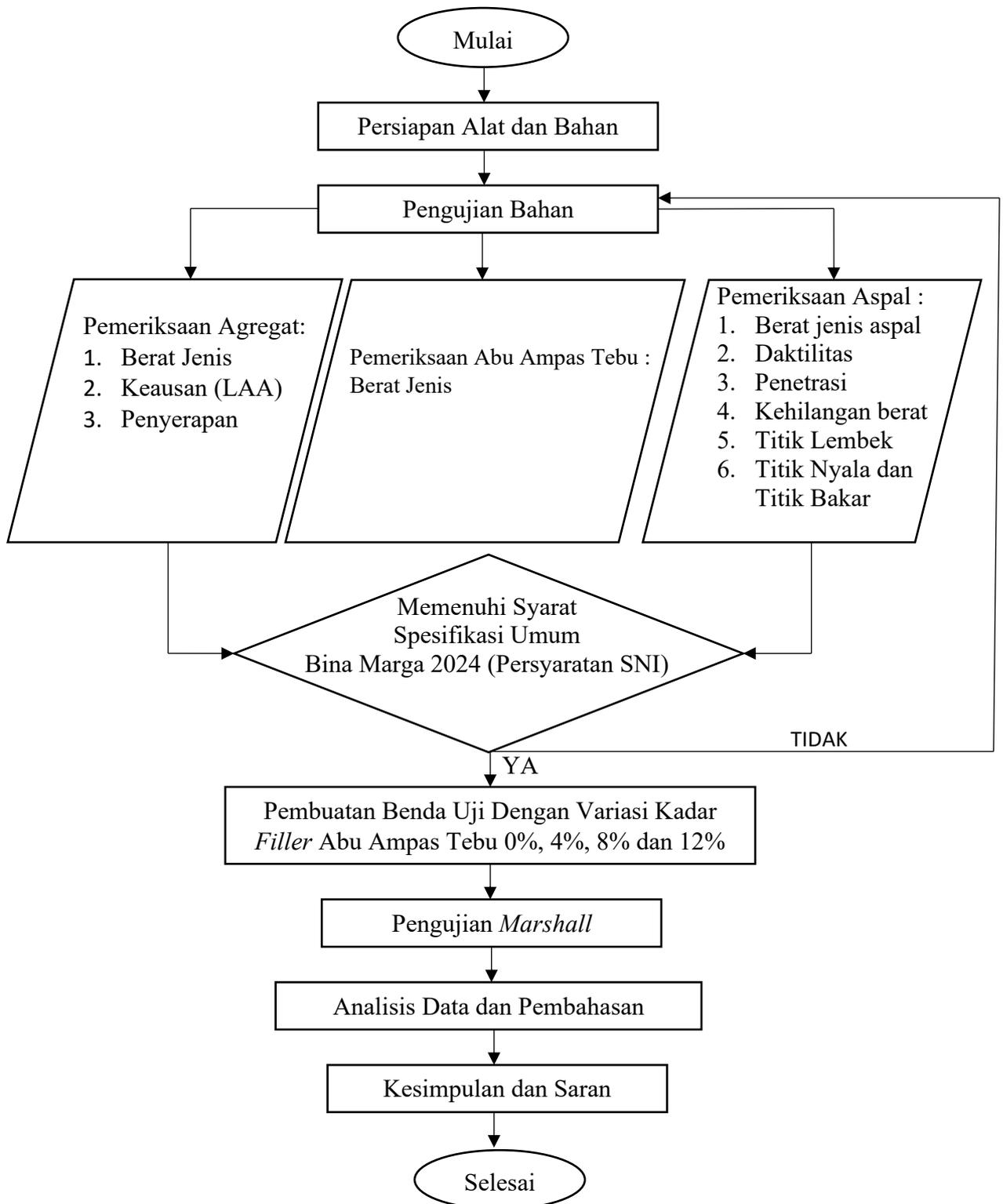
Data hasil uji laboratorium dimanfaatkan untuk membandingkan stabilitas dan berbagai karakteristik lain dari campuran. Perbandingan dilakukan antara campuran yang mengandung abu ampas tebu dan campuran tanpa penambahan abu ampas

tebu. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kelayakan abu ampas tebu sebagai bahan tambahan *filler* dalam campuran AC-WC, dengan meninjau nilai stabilitas dan parameter campuran lainnya. Selanjutnya, akan disajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall*, meliputi:

- a. Kadar aspal terhadap nilai VIM
- b. Kadar aspal terhadap nilai VMA
- c. Kadar aspal terhadap nilai VFA
- d. Kadar aspal terhadap nilai stabilitas
- e. Kadar aspal terhadap nilai *flow*
- f. Kadar aspal terhadap nilai *Marshall Quotient* (MQ)

#### 4.4 Diagram Alir

Berikut ini merupakan diagram alir penyusunan skripsi.



Gambar 4.9 Diagram alir penyusunan skripsi

(Sumber : Analisis penulis, 2025)

### 4.5 Jadwal Penelitian Skripsi

Berikut ini adalah jadwal pelaksanaan penelitian yang telah disusun sebagai bagian dari proses penyusunan skripsi,

No	Tahapan	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
<b>Penyusunan Skripsi</b>																																									
1	Pengajuan Judul					█	█	█																																	
2	Penyusunan Proposal																																								
3	Seminar Proposal																																								
4	Revisi Seminar Proposal																																								
5	Pelaksanaan Penelitian																																								
6	Penyusunan Hasil Penelitian dan Pembahasan																																								
7	Penyusunan Kesimpulan dan Saran																																								
8	Seminar Hasil																																								
9	Sidang Akhir																																								
10	Revisi/Finalisasi Naskah Skripsi																																								
KETERANGAN		█	Rencana			Jadwal Penelitian Aisyah Nabilah Hanif																																			
		█	Aktual																																						
<b>Bimbingan Skripsi</b>																																									
1	Bimbingan 1						✓																																		
2	Bimbingan 2								✓																																
3	Bimbingan 3								✓																																
4	Bimbingan 4												✓																												
5	Bimbingan 5												✓																												
6	Bimbingan 6																								✓																
7	Bimbingan 7																												✓												
8	Bimbingan 8																																✓								
9	Bimbingan 9																																			✓					
10	Bimbingan 10																																								

Gambar 4.10 Jadwal penelitian skripsi

(Sumber : Analisis penulis, 2025)