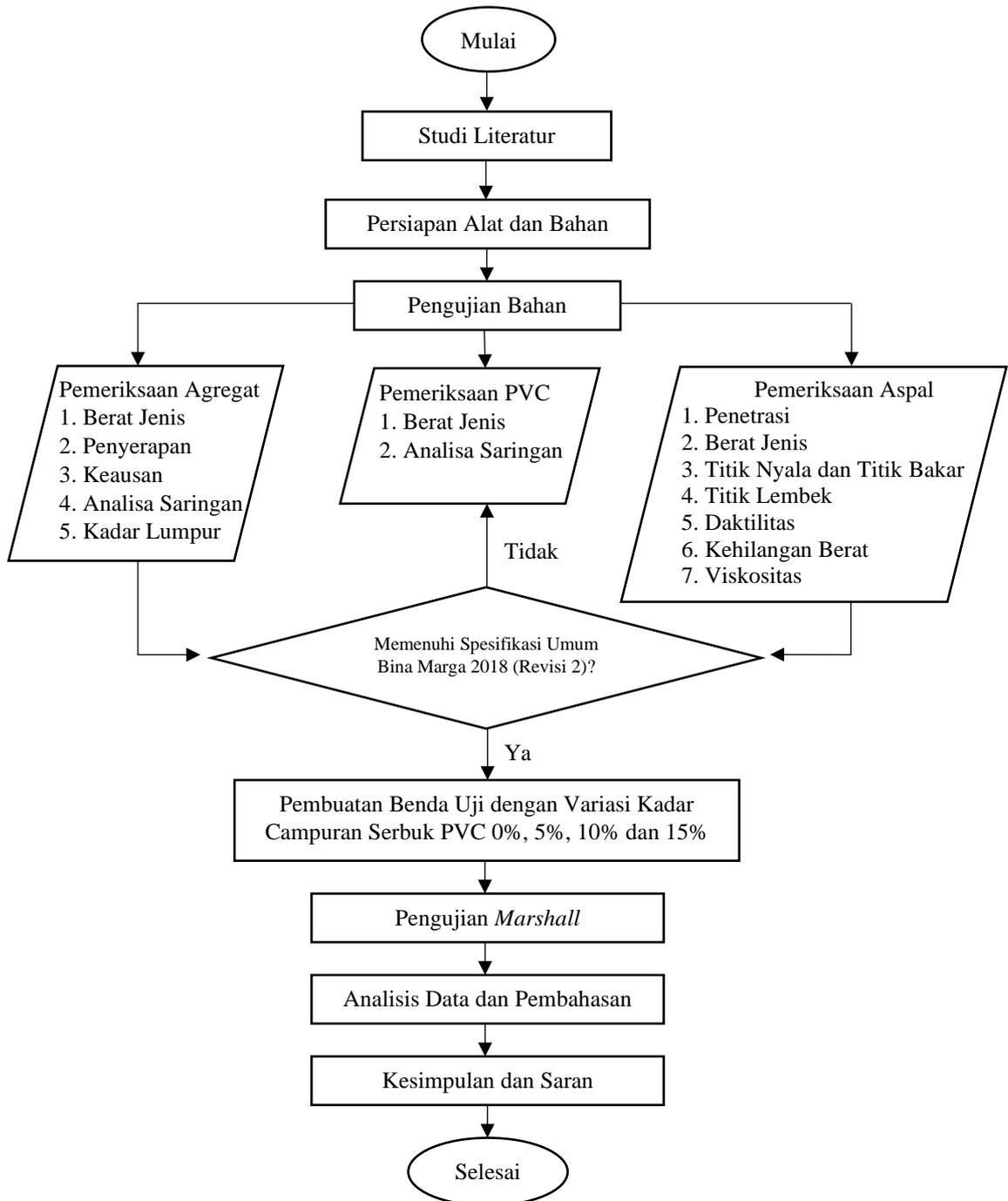


BAB 4 METODE PENELITIAN

4.4 Prosedur Penelitian

Berikut adalah prosedur penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4.4.1 Persiapan

Pada tahap ini meliputi studi literatur dan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada saat penelitian. Persiapan alat dilakukan dengan memeriksa kondisi alat di laboratorium serta melakukan kalibrasi alat sebelum digunakan untuk memastikan bahwa alat tersebut masih bisa digunakan dan sudah sesuai dengan ketentuan. Persiapan bahan dilakukan dengan membawa bahan-bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan menyiapkannya sebelum digunakan dalam campuran.

4.4.2 Pengujian Aspal

a. Penetrasi



Gambar 4.2 Alat Uji Penetrasi Aspal

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekasaran atau sifat fisik aspal. Nilai penetrasi aspal diperoleh dengan menusukkan jarum yang diberi beban 100 gram pada suhu 25°C, dengan durasi pengujian selama 5 detik.

b. Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis aspal yang diukur dengan piknometer yang kemudian dihitung menggunakan rumus berat jenis aspal.

c. Titik Nyala dan Titik Bakar



Gambar 4.3 Alat Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besaran suhu di mana api menyala di atas aspal kurang dari 5 detik, digunakan untuk menentukan nilai titik nyala, sedangkan api yang menyala di atas aspal lebih dari 5 detik digunakan untuk menentukan nilai titik bakar.

d. Titik Lembek



Gambar 4.4 Alat Uji Titik Lembek Aspal

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhu titik lembek aspal. Titik lembek aspal diukur pada saat suhu ketika bola baja menekan turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin, hingga menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin akibat pemanasan yang diberikan.

e. Daktilitas



Gambar 4.5 Alat Uji Daktilitas Aspal

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai daktilitas aspal. Daktilitas aspal adalah ukuran keelastisitasan aspal, yang diukur berdasarkan jarak terjauh yang dapat dicapai antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum aspal tersebut putus. Pengujian ini dilakukan pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

f. Kehilangan Berat Minyak



Gambar 4.6 Alat Uji Kehilangan Berat Minyak Aspal

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah kehilangan berat minyak dan aspal yang dinyatakan dalam persen berat semula. Kehilangan atau penurunan berat minyak dan aspal dihitung berdasarkan selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada suhu dan durasi tertentu.

Tabel 4.1 Standar Pengujian Aspal Modifikasi Polimer

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi
1	Penetrasi	SNI 2456:2011	≥ 40
2	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$
3	Titik Nyala dan Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2433:2011	≥ 230
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	$\leq 0,8$

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

4.4.3 Pengujian Agregat

a. Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh nilai berat jenis curah, berat jenis permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan air agregat.

b. Keausan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles Abrasion*, yang mengukur perbandingan antara berat bahan aus dengan berat semula yang dinyatakan dalam bentuk persen.



Gambar 4.7 Alat Uji Keausan Agregat (*Los Angeles Abration*)

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Tabel 4.2 Standar Pengujian Agregat Kasar

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis Agregat Kasar - <i>Bulk</i> - SSD - Semu	SNI 1969:2016	Min. 2,1
2	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1969:2008	Maks. 3%
3	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 30%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

Tabel 4.3 Standar Pengujian Agregat Halus

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi
1	Berat Jenis Agregat Halus	SNI 1970:2016	Min. 2,51
2	Penyerapan Air Agregat Kasar	SNI 1970:2008	Maks. 5%
3	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 30%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

4.4.4 Pengujian Serbuk PVC

Pengujian pada serbuk PVC dilakukan melalui pengujian analisa saringan, dimana serbuk PVC yang digunakan sebagai pengganti *filler* harus lolos saringan No. 200 (75 mikron). Sebelum digunakan dalam proses pencampuran, serbuk PVC dikeringkan terlebih dahulu di oven kemudian disaring dengan saringan No. 200. Variasi pengganti *filler* serbuk PVC yang digunakan adalah 0%, 3%, 6%, dan 9% dari berat total agregat.

Tabel 4.4 Standar Pengujian *Filler*

No.	Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi
1.	Berat Jenis	SNI 1970:2016	2,25 – 2,7 gram/ml
2.	<i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	Studi literatur	-

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

4.4.5 Perencanaan Gradasi Agregat

Pada penelitian ini, digunakan gradasi agregat untuk campuran aspal beton (AC-WC). Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal ditunjukkan dalam persentase terhadap berat agregat, dan *filler* harus memenuhi batas-batas yang telah ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel berikut:

Tabel 4.5 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Laston

Ukuran Saringan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1½"	37,5			100
1"	25		100	90 - 100
¾"	19	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No. 8	2,36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No. 50	0,3	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No. 100	0,15	6 - 15	5 - 13	4 - 10
No. 200	0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

4.4.6 Kadar Aspal Perkiraan

Pada penelitian ini, digunakan 4 variasi persentase pengganti *filler* serbuk PVC, yaitu 0%, 3%, 6%, 9%, dan 5 variasi kadar aspal, yaitu 1 kadar aspal rencana serta 4 kadar aspal di bawah dan di atas kadar aspal rencana, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.6. Dengan demikian, keseluruhan jumlah benda uji yang digunakan adalah sebanyak 72 buah.

Tabel 4.6 Total Jumlah Benda Uji

Kadar Campuran Serbuk PVC (%)	Kadar Aspal (%)					
	Pb - 1	Pb - 0,5	Pb	Pb + 0,5	Pb + 1	KAO
0	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3
Jumlah						72

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

4.4.7 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pencampuran yang digunakan adalah metode kering, yaitu dengan mencampurkan aspal panas bersama bahan-bahan lainnya, seperti agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.

a. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

- 1) Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb) sebagai berikut:

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

Dimana:

Pb = Kadar aspal rencana (%)

%CA = *Coarse Aggregate*, agregat kasar yang lolos saringan no. 3/4 dan tertahan saringan No. 4 (%)

%FA = *Fine Aggregate*, agregat halus yang lolos saringan No. 4 dan tertahan saringan No. 200 (%)

%FF = *Filler Fraction*, fraksi *filler* yang lolos saringan No. 200 (%)

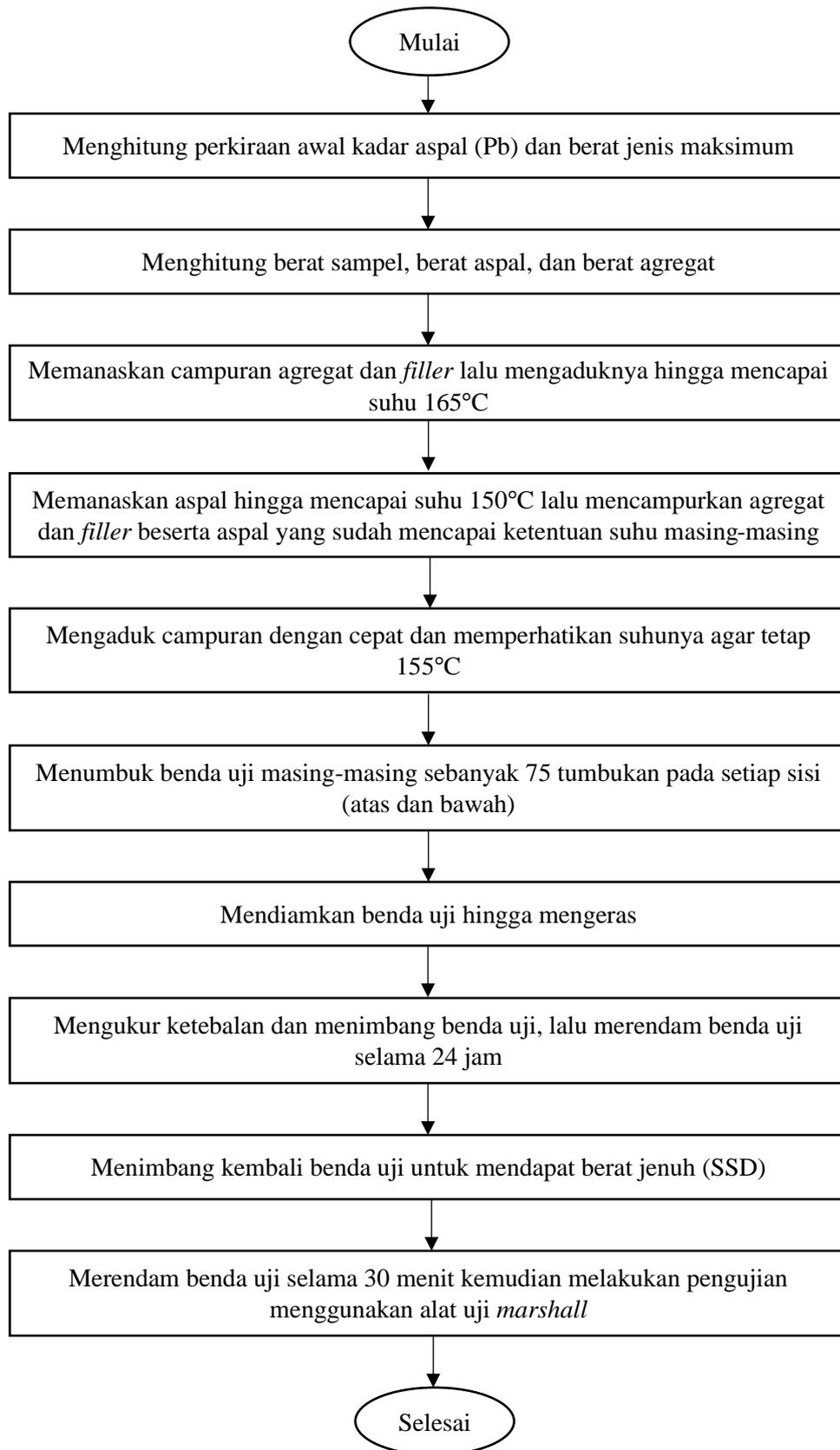
K = Konstanta, berkisar antara 0,5 - 1 untuk laston

- 2) Setelah diperoleh nilai kadar aspal, langkah selanjutnya adalah menghitung berat jenis maksimum dengan menggunakan data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan halus.
- 3) Setelah semua data diperoleh, langkah berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, dan berat agregat berdasarkan persentase yang tertahan.

b. Proses Pencampuran Benda Uji

- 1) Menyiapkan bahan untuk setiap benda uji yang diperlukan, yaitu agregat sebanyak ± 1200 gram.
- 2) Memanaskan panci pencampur beserta agregat kasar, agregat halus, dan *filler* berupa serbuk PVC, lalu mengaduknya hingga mencapai suhu 165°C. Sementara itu, aspal dipanaskan terpisah pada suhu 150°C dalam panci aspal.
- 3) Dalam memanaskan aspal, perlu diperhatikan agar adukan tetap konsisten, untuk mencegah penggumpalan dan memastikan campuran tetap homogen.
- 4) Setelah pemanasan campuran mencapai suhu 165°C, letakkan campuran pada timbangan dalam keadaan panas, kemudian tuangkan aspal yang telah dipanaskan pada suhu 150°C sesuai kadar aspal yang dibutuhkan.

- 5) Campuran tersebut kemudian diaduk dengan cepat hingga seluruh permukaan agregat terlapisi aspal secara merata. Suhu pengadukan campuran dijaga agar tetap sekitar 155°C, yang dipantau menggunakan termometer.
- 6) Lakukan pemadatan sampel sebanyak 75 kali tumbukan pada setiap sisi (atas dan bawah) menggunakan alat penumbuk.
- 7) Diamkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum dikeluarkan dari cetakan.
- 8) Ukur ketebalan, timbang, dan kemudian rendam benda uji dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam.
- 9) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
- 10) Merendam benda uji di dalam *waterbath* selama 30 – 40 menit kemudian melakukan pengujian dengan menggunakan alat uji *marshall*.



Gambar 4.8 Diagram Alir Pembuatan Benda Uji

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)

c. *Marshall Test*

Pengujian *Marshall* merupakan metode standar yang digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanis campuran aspal, khususnya stabilitas dan kelelehannya, sesuai dengan ketentuan dalam SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Prosedur pengujian diawali dengan merendam benda uji dalam bak air bersuhu $60 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 30 hingga 40 menit untuk mencapai kondisi termal yang seragam. Setelah perendaman, benda uji segera diangkat dan dalam waktu kurang dari 30 detik harus ditempatkan pada posisi uji dalam segmen bawah alat *Marshall* untuk mencegah penurunan suhu yang signifikan.

Proses pembebanan dilakukan secara aksial dengan menggunakan kecepatan penetrasi konstan sebesar 50 mm/menit hingga tercapai beban maksimum, yang ditandai dengan menurunnya angka pembacaan pada alat pencatat beban. Selama proses ini, dua parameter utama diukur, yaitu nilai stabilitas sebagai beban maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji sebelum mengalami deformasi, dan nilai *flow* sebagai besar deformasi plastis horizontal yang terjadi hingga titik maksimum tersebut.

Tabel 4.7 Standar Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod)

Sifat – Sifat Campuran		Laston (AC)		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran, VIM (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat, VMA (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal, VFA (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>marshall</i> (kg)	Min.	1000		2250
<i>Flow</i> (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2024)

4.5 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Aspal dengan nilai penetrasi 60/70.
- b. Agregat kasar.
- c. Agregat halus.
- d. Bahan pengganti *filler* yaitu serbuk PVC.

4.6 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat uji untuk pengujian agregat meliputi beberapa peralatan, seperti set saringan (*sieve shaker*) yang digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasinya, mesin LAA (*Los Angeles Abrasion*) untuk menguji keausan agregat kasar, serta alat untuk mengukur berat jenis yang meliputi piknometer, timbangan, dan pemanas.
- b. Alat uji untuk pengujian aspal meliputi alat uji penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat, dan viskositas.
- c. Alat uji untuk karakteristik campuran agregat aspal yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode pengujian *marshall*, yang mencakup:
 - 1) Alat uji tekan *Marshall* terdiri dari kepala penekan berbentuk melengkung, cincin penguji dengan kapasitas 22,2 kN (5000 lbs), yang dilengkapi dengan arloji *flow* meter.
 - 2) Alat cetak 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 kali tumbukan pada setiap sisi (atas dan bawah).
 - 4) Alat pendorong benda uji untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari dalam cetakan menggunakan dongkrak hidrolik.
 - 5) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
 - 6) Alat-alat penunjang lain yang meliputi wadah pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, bak perendam benda uji, jangka sorong, dan spidol untuk menandai benda uji.

4.7 Analisa Data

Tahapan analisis data dilakukan berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh. Dengan melakukan pengujian seperti analisa saringan, berat jenis, penyerapan air, dan keausan penulis dapat mengidentifikasi karakteristik material dalam campuran aspal beton (AC-WC) yang berupa aspal, agregat, dan *filler* serbuk PVC. Selain itu, melalui pengujian *marshall*, penulis dapat menghitung dan mengevaluasi pengaruh penambahan serbuk PVC pada campuran aspal beton lapis permukaan (AC-WC) terhadap karakteristik *marshall*.

4.8 Jadwal Penelitian

Berikut adalah jadwal penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 4.8 Estimasi Jadwal Penelitian

No	Tahapan	2024												2025																											
		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				
1	Pengajuan Judul																																								
2	Penyusunan Proposal																																								
3	Seminar Proposal																																								
4	Revisi Seminar Proposal																																								
5	Pelaksanaan Penelitian																																								
6	Penyusunan Hasil Penelitian dan Pembahas																																								
7	Penyusunan Kesimpulan dan Saran																																								
8	Seminar Hasil																																								
9	Sidang Akhir																																								
10	Revisi/Finalisasi Naskah Skripsi																																								
Keterangan		Rencana				Aktual				Jadwal Penelitian Tugas Akhir Dea Desvita Aulia (3336210056)																															
Bimbingan Skripsi Dea Desvita Aulia																																									
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																																								

(Sumber: Analisa Penulis, 2025)