

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana alur dari penelitian berlangsung. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan panduan standar pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

Metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode *Marshall*, dimana di pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil yang berupa komponen-komponen *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, VMA, VIM, VFA dan kemudian dapat dihitung *Marshall Quontient*. Pemeriksaan serbuk marmer sebagai pengganti *filler* pada campuran aspal, setelah itu memvariasikan pengganti *filler* serbuk marmer yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%, lalu semua bahan dicampurkan untuk tahap pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan bagian akhir akan disajikan pengolahan dan analisis data.

4.2 Persiapan Alat dan Bahan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Alat uji pengujian agregat, yang digunakan untuk pengujian agregat antara lain satu set saringan (*sieve*) yang berguna untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat, mesin *los angeles* untuk tes keausan agregat kasar, dan alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).
- b. Alat uji pengujian aspal, yang digunakan untuk pengujian aspal adalah alat uji penetrasi, titik nyala dan bakar, titik lembek, daktilitas, berat jenis, kehilangan berat dan viskositas.
- c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal, yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, meliputi:
 - 1) Alat uji tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 kN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji *flow* meter.

- 2) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inch (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inch (6,35 cm)
- 3) Alat penumbuk manual yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 75 kali tumbukan siap sisi (atas dan bawah)
- 4) Alat pendorong benda uji untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan dipakai dongkrak hidrolik
- 5) Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu
- 6) Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, bak untuk merendam benda uji, jangka sorong, dan spidol yang digunakan untuk menandai benda uji

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Aspal penetrasi 60/70
- b. Agregat kasar
- c. Agregat halus
- d. *Filler* abu batu
- e. *Filler* serbuk marmer

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 ataupun jurnal terdahulu yang membahas tentang lapis aspal beton. Adapun prosedur penelitian meliputi:

4.3.1 Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu meliputi studi pustaka dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal keras, agregat kasar, agregat halus, *filler* serbuk marmer dan *filler* abu batu) dilakukan dengan mendatangkan bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dan menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum digunakan dalam campuran.

4.3.2 Pemeriksaan Aspal

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal



Gambar 4.1 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui angka penetrasi/ nilai kekerasan aspal keras atau aspal lembek. Penetrasi aspal dinyatakan dengan masuknya jarum sebagai akibat beban (100 gram) pada suhu 25°C ke dalam permukaan aspal, yang besarnya diukur dengan angka yang terbaca pada arloji penetrometer.

b. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal



Gambar 4.2 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui besaran suhu dimana terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik (titik nyala) dan terlihat nyala lebih dari 5 detik (titik bakar) diatas permukaan aspal.

c. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal



Gambar 4.3 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui besaran suhu titik lembek aspal. Titik lembek dinyatakan dengan suhu pada saat bola baja mendesak turun pada lapisan aspal yang tertahan dalam cincin, sehingga menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin sebagai akibat kecepatan pemanasan.

d. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

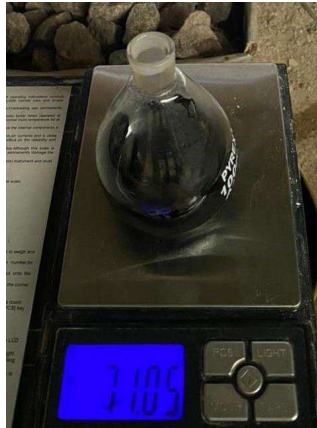


Gambar 4.4 Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik ditunjukkan oleh panjangnya benang aspal yang ditarik hingga putus. Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal yang diukur dari jarak terpanjang.

e. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal



Gambar 4.5 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat jenis aspal padat/keras dengan menggunakan piknometer dan dihitung dengan rumus berat jenis hasil pengujian.

f. Pemeriksaan Kehilangan Berat Aspal



Gambar 4.6 Pemeriksaan Kehilangan Berat Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui besaran kehilangan berat minyak dan aspal yang dinyatakan dalam persen berat semula. Kehilangan atau penurunan berat minyak dan aspal adalah selisih berat sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal dan suhu tertentu.

g. Pemeriksaan Viskositas Aspal



Gambar 4.7 Pemeriksaan Viskositas Aspal

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pada pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kekentalan aspal pada temperatur tinggi. Nilai viskositas yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan campuran beraspal panas di laboratorium.

Tabel 4.1 Standar Pengujian dan Ketentuan Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetrasi	SNI 2456-2011
2	Titik Nyala dan Bakar	SNI 2433-2011
3	Titik Lembek	SNI 2434-2011
4	Daktilitas	SNI 2432-2011
5	Berat Jenis	SNI 2441-2011
6	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991
7	Viskositas	SNI 7729-2011

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020

4.3.3 Pemeriksaan Agregat

a. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat



Gambar 4.8 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

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

b. Pemeriksaan Keausan Agregat



Gambar 4.9 Pemeriksaan Keausan Agregat

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap keausan menggunakan mesin *Los Angeles Abrasion* dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen.

c. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat



Gambar 4.10 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kandungan lumpur yang terdapat dalam agregat.

d. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat



Gambar 4.11 Analisa Saringan Agregat

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi butiran dari agregat, hasil pengujian dinyatakan dalam persentase material yang tertahan pada setiap saringan, persentase total dari material yang lolos setiap saringan dan persentase total dari material yang tertahan pada setiap saringan.

Tabel 4.2 Standar Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 1969:2016
3	Keausan Agregat	SNI 2417:2008
4	Kadar Lumpur	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020

Tabel 4.3 Standar Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan	SNI 1970:2016
3	Kadar Lumpur	SNI ASTM C117-2012

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020

4.3.4 Pemeriksaan Serbuk Marmer

Pemeriksaan yang dilakukan pada serbuk marmer yaitu dengan melakukan pengujian analisa saringan, dimana serbuk marmer yang digunakan sebagai pengganti *filler* harus lolos saringan No. 200 (75 mikron). Sebelum masuk ke proses pencampuran serbuk marmer di oven terlebih dahulu hingga serbuk marmer dalam keadaan kering. Pengganti *filler* serbuk marmer yang digunakan yaitu variasi 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap berat total agregat.



Gambar 4.12 Pemeriksaan Serbuk Marmer

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2023

Tabel 4.4 Standar Pengujian Serbuk Marmer

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020

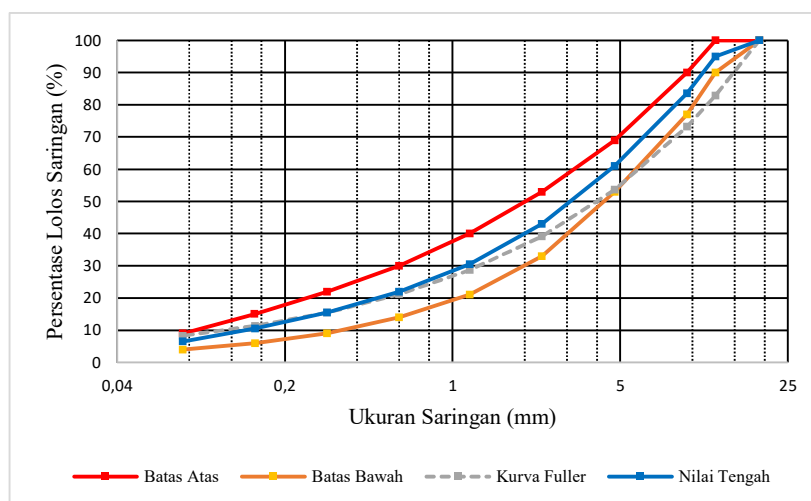
4.3.5 Perencanaan Gradasi Agregat

Pada penelitian ini menggunakan gradasi agregat untuk campuran beraspal lapis aus (AC-WC). Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam gambar sebagai berikut:

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lastoston (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	76 – 90
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	52 – 71
No. 4	4,75	30 – 50	20 – 35	20 – 28			53 – 69	46 – 64	35 – 54
No. 8	2,36	20 – 30	16 – 24	16 – 24	50 – 72	35 – 55	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	14 – 21					21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	12 – 18			35 – 60	15 – 35	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	10 – 15					9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150						6 – 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	8 – 12	8 – 11	8 – 11	6 – 10	2 – 9	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Gambar 4.13 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020



Gambar 4.14 Grafik Gradasi Agregat Campuran Untuk Campuran Aspal Beton

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, 2020

4.3.6 Kadar Aspal Perkiraan

Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi persentase pengganti *filler* serbuk marmar yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 5 variasi kadar aspal yaitu 1 kadar aspal rencana, 4 kadar aspal dibawah dan diatas kadar aspal rencana seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5 sehingga keseluruhan benda uji sebanyak 72 buah.

Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji Untuk KAO

Kadar Campuran Serbuk Marmar (%)	Kadar Aspal (%)					
	Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1	KAO
0	3	3	3	3	3	3
1	3	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3	3
Jumlah						72

Sumber: Analisis Penulis, 2023

4.3.7 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pencampuran yang digunakan adalah metode pada umumnya yaitu metode kering yakni mencampurkan aspal panas dan bahan-bahan lain seperti agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

a. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

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

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

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah (ideal), persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No. 8

FA : Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200

FF : Persen agregat minimal 75% lolos No. 200

K : Nilai konstanta dimana 0,5 sampai 1,0 untuk Laston

2) Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan halus

3) Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya menghitung berat sampel, berat aspal, dan berat agregat berdasarkan persentase tertahan.

- 4) Mencampur agregat dengan aspal pada suhu dibawah 150°C.
- 5) Melakukan pemadatan terhadap sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan menggunakan alat penumbuk.
- 6) Mendinginkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan.
- 7) Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam.
- 8) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD)

b. Proses Pencampuran Benda Uji

- 1) Menyiapkan bahan untuk setiap benda uji yang diperlukan yaitu campuran beraspal sebanyak + 1200 gram.
- 2) Memanaskan panci pencampur berserta agregat kasar, agregat halus dan *filler* berupa serbuk marmer dan diaduk sampai suhu 165°C. Sementara itu aspal juga dipanaskan secara terpisah pada suhu 150°C dalam panci aspal
- 3) Dalam memanaskan aspal hal yang perlu diperhatikan adalah adukan yang konsisten, hal ini dimaksudkan untuk menghindari penggumpalan dengan kata lain campuran tidak menjadi homogen.
- 4) Setelah pemanasan campuran mencapai suhu 165°C lalu meletakkannya pada timbangan dalam keadaan panas, setelah itu tuangkan aspal yang telah dipanasi pada suhu 150°C sebanyak kadar aspal yang dibutuhkan.
- 5) Kemudian campuran tersebut diaduk dengan cepat sampai seluruh permukaan agregat terselimuti aspal secara merata. Suhu selama pengadukan campuran diusahakan tetap dipertahankan 155°C, dimana hal ini dikontrol dengan termometer
- 6) Melakukan pemadatan terhadap sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan menggunakan alat penumbuk.
- 7) Mendinginkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan,
- 8) Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam.

- 9) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
- 10) Menimbang kembali benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam *waterbath* selama 30 menit.

c. Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat *Marshall*

Pengujian ini dilakukan dengan alat *Marshall* sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90 yaitu dengan meletakkan benda uji ke dalam segmen bawah, waktu yang diperlukan dari saat diangkat benda uji dari bak perendaman maksimum tidak boleh melebihi 30 detik. Kemudian benda uji dibebani dengan kecepatan sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh alat pencatat, lalu mencatat nilai stabilitas dan *flow* yang tertera pada alat pencatat.

Tabel 4.6 Ketentuan Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat – Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
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		
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (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 2018 Revisi 2, 2020

d. Analisa Data dan Penentuan KAO

Dari hasil penelitian di Laboratorium akan diperoleh nilai parameter *Marshall* (Stabilitas, *Flow*, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall Quotient*). Dari hasil yang telah diperoleh maka dapat ditentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan dipakai untuk *mix design* selanjutnya.

4.3.8 Pembahasan dan Analisis Hasil

Dari data hasil penelitian di Laboratorium akan membandingkan stabilitas dan karakteristik campuran (rongga antara agregat, rongga dalam campuran

dan rongga terisi aspal) dalam perendaman air tawar dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70. Kemudian menggambar grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar hubungan antara:

a. Rongga di antara mineral agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (4.2)$$

Keterangan:

VMA = Rongga di antara mineral agregat

Gsb = Kadar aspal terhadap campuran

Gmb = Berat jenis efektif

Ps = Persen agregat terhadap berat total campuran

b. Rongga di dalam campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \quad (4.3)$$

Keterangan:

VIM = Rongga di dalam campura

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

c. Rongga terisi aspal (VFA)

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \quad (4.4)$$

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

VMA = Rongga di antara mineral agregat

VIM = Rongga di dalam campuran

d. Stabilitas (*Stability*)

$$S = P \times r \quad (4.5)$$

Keterangan:

S = Stabilitas

P = Kalibrasi *proving ring*

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas

e. Pelelehan (*Flow*)

Pembacaan pada arloji pengukur pelelehan

f. *Marshall Quotient*

$$MQ = S x t \quad (4.6)$$

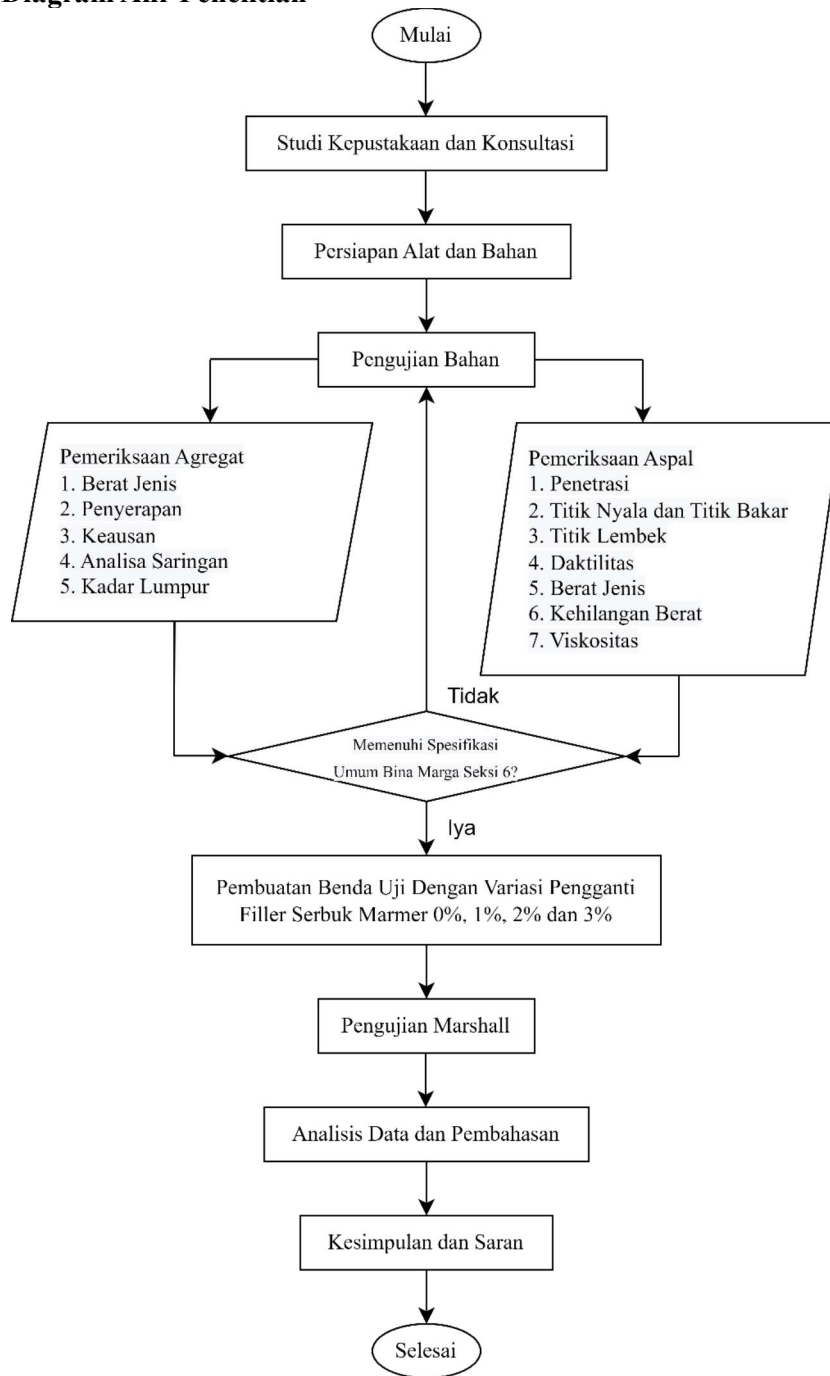
Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*

S = Nilai stabilitas

t = Nilai kelelehan

4.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.15 Diagram Alir Penelitian

Sumber: Analisis Penulis, 2023

