

Bab 4

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana alur dari penelitian berlangsung. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan panduan standar pada Spesifikasi Umum Divisi 6 Bina Marga 2018 revisi 2.

Metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode Marshall, dimana di pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen *Marshall* yaitu flow, VIM, VFA, VMA, dan kemudian dapat dihitung *Marshall* Quotient-nya. Pemeriksaan material daur ulang pada campuran aspal, setelah itu memvariasikan persentase RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) yaitu 0%, 25%, dan 50% lalu semua bahan di campurkan untuk tahap pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan bagian akhir 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, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji kehilangan berat, alat uji daktilitas dan alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan).
- c. Alat uji ekstraksi aspal yang digunakan *centrifuge extractor*
- d. 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 flowmeter.
2. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).
3. Alat penumbuk manual yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 50 kali tumbukan tiap 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 pengatur suhu.
6. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan pencampur, kompor panas, thermometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, bak untuk merendam benda uji, jangka sorong, dan spidol yang digunakan untuk menandai benda uji.

Metode pengujian ini menggunakan SNI 03-6894-2002 dengan ketentuan cara uji pemisahan aspal dan penentuan kadar aspal dari campuran beraspal dengan cara *centrifuge* agregat yang di peroleh dapat digunakan untuk pengujian analisa saringan.

➤ Kadar aspal

$$B = \frac{(w1-w2)-(w3+w4)}{w1-w2} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dengan pengertian:

B adalah Kadar aspal (%)

W1 adalah Berat contoh (gram)

W2 adalah Berat air dalam contoh (gram)

W3 adalah berat agregat dalam contoh (gram)

W4 adalah berat mineral dalam larutan beraspal (dihitung dari berat mineral cara pengabuan dan *centrifuge*)

➤ Cara *centrifuge*

$$W4 = M2 - M1 \quad (4.2)$$

Dengan pengertian :

W4 adalah Berat mineral dalam larutan beraspal (gram)

M1 adalah Berat tabung sentrifus (gram)

M2 adalah Berat tabung *centrifuge* + mineral dalam larutan beraspal (gram)

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Aspal Penetrasi 60/70.
- b. Agregat kasar, berupa split 1-2 dengan ukuran maks, $\frac{3}{4}$ " dan screening.
- c. Agregat halus.
- d. RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*)

4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

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

4.3.1 Persiapan

Pemeriksaan yang dilakukan yaitu meliputi studi pustaka dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal keras, agregat halus dan *filler*) dilakukan dengan mendatangkan bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik Sipil Untirta dan menyediakan bahan-bahan tersebut sebelum digunakan dalam campuran beraspal.

4.3.2 Pemeriksaan Aspal

- a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memasukan jarum standar dengan berat standar pada material aspal pada rentang waktu dan suhu yang standar.

- b. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan berat jenis aspal keras dengan piknometer. Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat jenis dan berat air suling pada isi yang sama pada suhu tertentu.

c. Pemeriksaan Kehilangan Berat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menetap penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat semula.

d. Pemeriksaan titik lembek

dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal dimana bola baja jatuh dari cincin aspal menyentuh dasar pelat atau dasar bejana gelas dengan ketinggian tertentu. Titik lembek aspal berkisar antara 30 °C-200°C. Hasil yang didapat pada pemeriksaan titik lembek aspal adalah bola baja.

e. Pemeriksaan viskositas

suatu cara untuk dapat menyatakan berapa daya tahan dari aliran yang diberikan terhadap suatu cairan. Kebanyakan dari viscometer digunakan untuk dapat mengukur kecepatan suatu cairan yang mengalir melalui pipa gelas (gelas kapiler).

f. Pemeriksaan daktilitas

untuk mengetahui salah satu sifat mekanik bahan bitumen yaitu kekenyalan yang diwujudkan dalam bentuk kemampuannya untuk ditarik yang memenuhi syarat jarak tertentu (dalam pemeriksaan ini adalah 100 cm), maka dianggap bahan ini mempunyai sifat daktilitas yang tinggi.

g. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

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.

Table 4.1 Standar Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetrasi Aspal	SNI 06-2456-2011
2	Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991
3	Berat Jenis	SNI 2441:2011
4	Titik lembek	SNI 24334:2011
5	Viskositas	SNI 03-6721-2002
6	daktilitas	SNI 2434:2011
7	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433-2011

Sumber : (Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6)

4.3.3 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dimaksudkan untuk mengetahui apakah agregat tersebut telah memenuhi standar dan dapat digunakan atau tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Untirta dengan menggunakan metode SNI.

Table 4.2 Standar Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1969 : 20016
3	Keausan Agregat	SNI 2417 : 2008
4	Abrasi	SNI 2417:2008
5	kelekatan	SNI 2439:2011

Sumber : (Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6)

Table 4.3 Standar Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1970 : 20016

Sumber : (Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi (Umum 2018 Divisi 6)

4.3.4 Pemeriksaan RAP

Pemeriksaan RAP dimaksudkan untuk mengekstrasi aspal daur ulang yaitu proses pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang bias melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut dapat dipisahkan. Tujuan dilakukan ekstraksi yaitu untuk mengetahui kadar aspal dan gradasi agregat RAP yang terdapat dalam campuran aspal yang di buat menggunakan alat Centrifuge Extractor dengan pelarut yang biasa di gunakan.

4.3.5 Perencanaan Gradasi Agregat

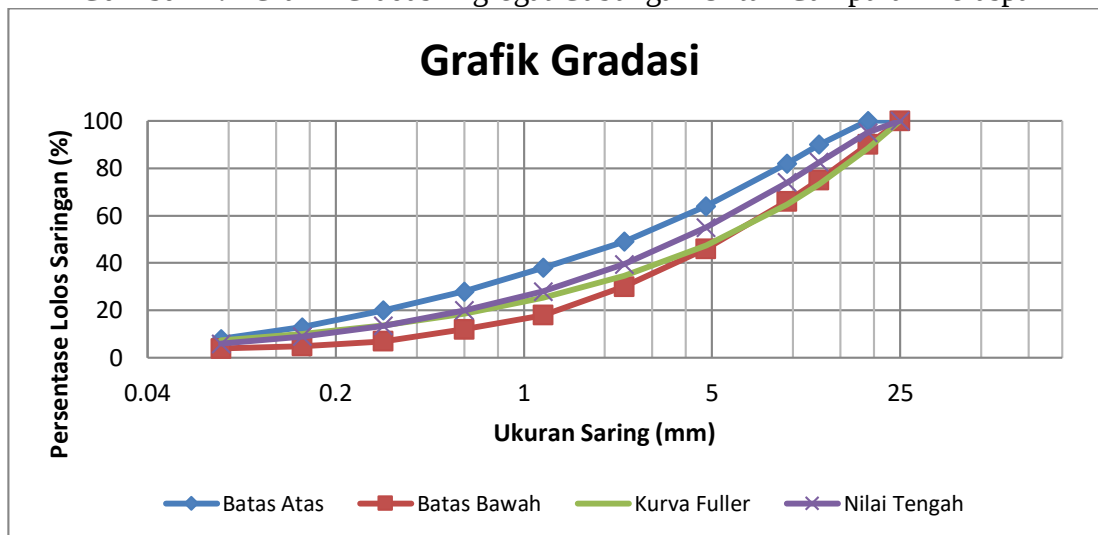
Pada penelitian ini menggunakan gradasi agregat lapis antara AC-BC. Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam **Tabel 4.4**. Rancangan dan perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus memenuhi jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam **Tabel 4.4**.

Table 4.4 Persyaratan Gradasi Gabungan Untuk Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	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

Sumber : (Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6)

Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal



Sumber : Analisa Penulis, 2024

4.3.6 Kadar Aspal Perkiraan

Pada penilitan ini menggunakan 3 variasi persentase RAP yaitu 0%, 25%, dan 50%. Dan 5 variasi kadar aspal yaitu 1 kadar aspal rencana, 4 kadar aspal dibawah dan diatas kadar aspal rencana seperti yang ditunjukkan pada table 4.5 sehingga keseluruhan benda uji sebanyak 45 benda uji.

Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji untuk KAO

Kadar Aspal	1+Pb	0,5 + Pb	Pb	1+Pb	0,5 + Pb	Total
0% RAP						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
25% RAP						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
50% RAP						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
Total Benda Uji						54

Sumber : Analisis Penulis, 2024

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/split screen, RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dan *filler*.

a. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

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

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

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (4.3)$$

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 : Konstanta Nilai konstanta kira-kira 0,5 sampai 1,0 untuk laston dan 2,0 sampai 3,0 untuk lataston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 sampai 2,5.

- 2) Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
- 3) Kemudian melanjutkan mengesktrasi aspal daur ulang RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dimkasudkan untuk pemisahan aspal dan agregat bekas, yang nanti nya akan menjadi campuran untuk benda uji, yang tentu nya dilakukan pengujian terhadap aspal dan agregat bekas tersebut.adapun langkah langkah pelaksanaan untuk ekstrasi aspal daur ulang , sebagai berikut:
 - a) Menimbang sampel dan saringan ekstrasi sebelum melakukan ekstrasi aspal.
 - b) Meletakkan mesin *Centrifuge Extractor* pada lantai dasar yang keras.

- c) Melepaskan pengunci *Centrifuge Extractor* lalu memasukan sampel dan bahan pelarut kemudian memasang saringan ekstrasi dan memasang penutup alat tersebut. Serta menguncinya.
 - d) Menyalakan mesin *Centrifuge Extractor* dan mengulanginya 3-4 kali hingga bersih atau jenuh.
 - e) Pada proses ke 4, Pelarut yang terakhir keluarkan yang sudah bersih atau jenuh ditadah di gelas ukur untuk digunakan pada sampel berikutnya.
 - f) Setelah selesai lalu, mengeluarkan sampe hingga pelarutnya habis.
 - g) Setelah itu diamkan sampai dingin, lalu ditimbang beserta wadahnya.
 - h) Mengulangi prosedur tersebut untuk sampel atau RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) berikutnya.
- 4) Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah megnhitung berat sampel, berat aspal dan berat agregat berdasarkan persentase tertahan.
 - 5) Mencampurkan agregat dengan aspal pada suhu dibawah 150 C
 - 6) Melakukan pemadatan terhadap sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan alat penumbuk.
 - 7) Mendingkan benda uji terlebih dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, dan kemudian mendingkannya kurang lebih 24 jam.
 - 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) Sebelum menguj benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam waterbath selama 30 menit.
- b. Proses Pencampuran Benda Uji
- 1) Menyiapkan bahan untuk setiap benda uji diperlukan yaitu campuran beraspal sebanyak ± 1200 gr.
 - 2) Memanaskan panci pencampur beserta agregat kasar/split, screening, RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), dan *filler* diaduk sampe 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 pengumpulan dengan kana 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, dan kemudian mendinginkannya kurang lebih 24 jam.
- 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) Sebelum menguji benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam waterbath selama 30 menit.

c. Uji *Marshall*

Pengujian ini dilakukan dengan alat marshall sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90 yaitu dengan meletakkan benda uji kedalam 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. Kemudian mencatat nilai stabilitas dan *flow* yang tertera pada alat pencatat.

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

a. Rongga di dalam campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \quad (4.4)$$

Keterangan:

VIM = Rongga di dalam campuran

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

Gmm = Berat jenis maksimum campuran

b. Rongga di antara mineral agregat (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (4.5)$$

Keterangan:

VMA = Rongga di antara mineral agregat

Gsb = Kadar aspal terhadap campuran

Gmb = Berat jenis efektif

Ps = Persen agregat terhadap berat total campuran

- c. Rongga terisi aspal (VFA)

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \quad (4.6)$$

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA

VMA = Rongga di antara mineral agregat

VIM = Rongga di dalam campuran

- d. Stabilitas (*stability*)

$$S = P \times r \quad (4.7)$$

Keterangan:

S = Stabilitas

P = Kalibrasi *proving ring*

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas

- e. Pelelehan (flow)

Pembacaan pada arloji pengukur pelelehan

- f. Marshall Quotient (MQ)

$$MQ = S \times t \quad (4.8)$$

Keterangan:

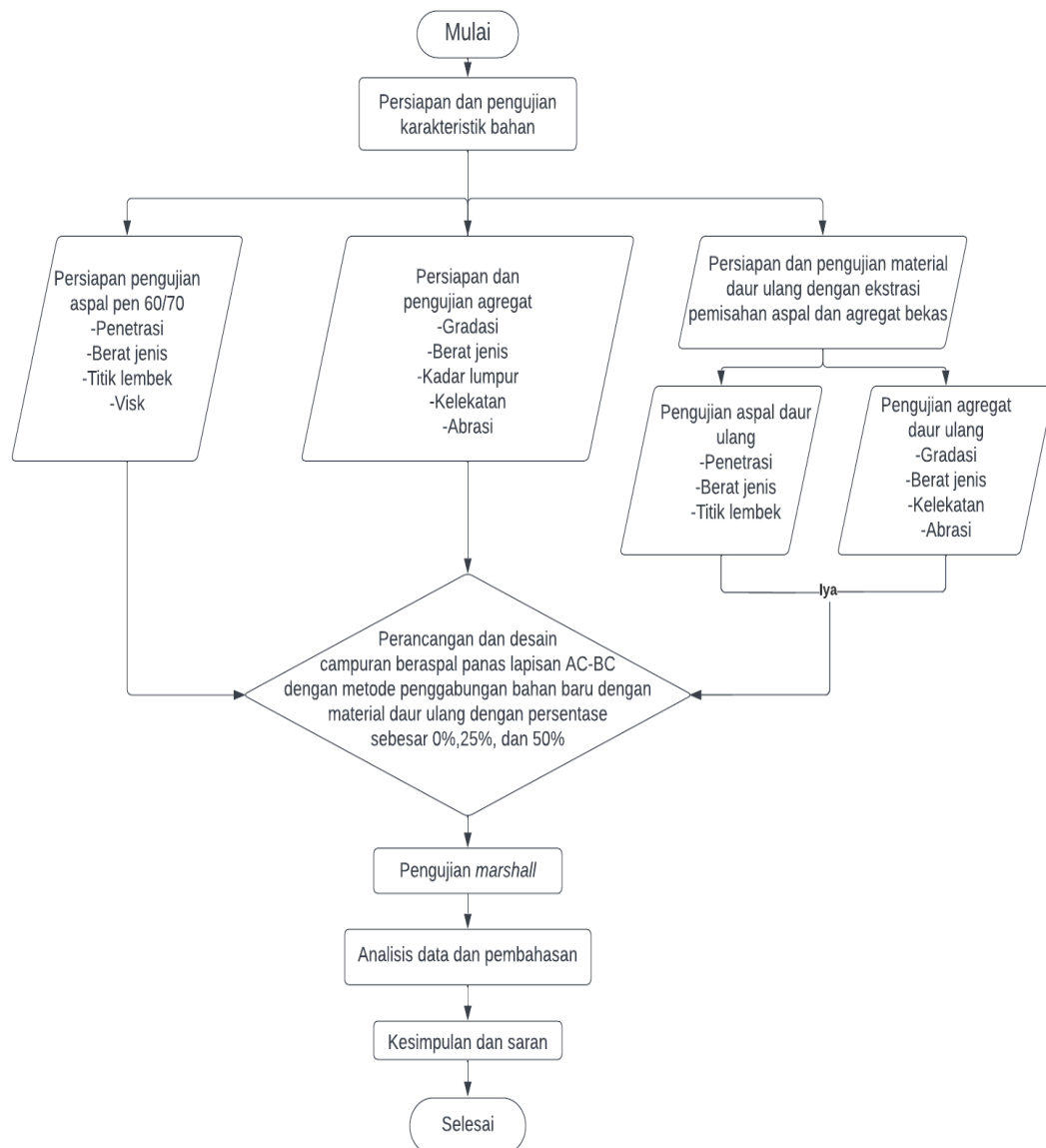
MQ = Marshall Quotient

S = nilai stabilitas

t = nilai kelelehan

4.4 Diagram Alir

Gambar 4.2 diagram alir



4.5 Jadwal Rencana Penelitian

Tabel 4.6 Jadwal Rencana Penelitian

No	Tahapan	2022																2024																			
		Agustus				September				Oktober				November				Desember				September				Oktober				November				Desember			
		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				
Penyusunan Skripsi																																					
1	Pengajuan Judul																																				
2	Penyusunan Proposal																																				
3	Seminar Proposal																																				
4	Revisi Seminar Proposal																																				
5	Pelaksanaan Penelitian																																				
6	Penyusunan Hasil Penelitian dan																																				
7	Penyusunan Kesimpulan dan Saran																																				
8	Seminar Hasil Skripsi																																				
9	Sidang Akhir																																				
10	Revisi/ Finalisasi Naskah Skripsi																																				

Sumber : Analisis Penulis, 2024

Keterangan :

Rencana 

Realisasi 