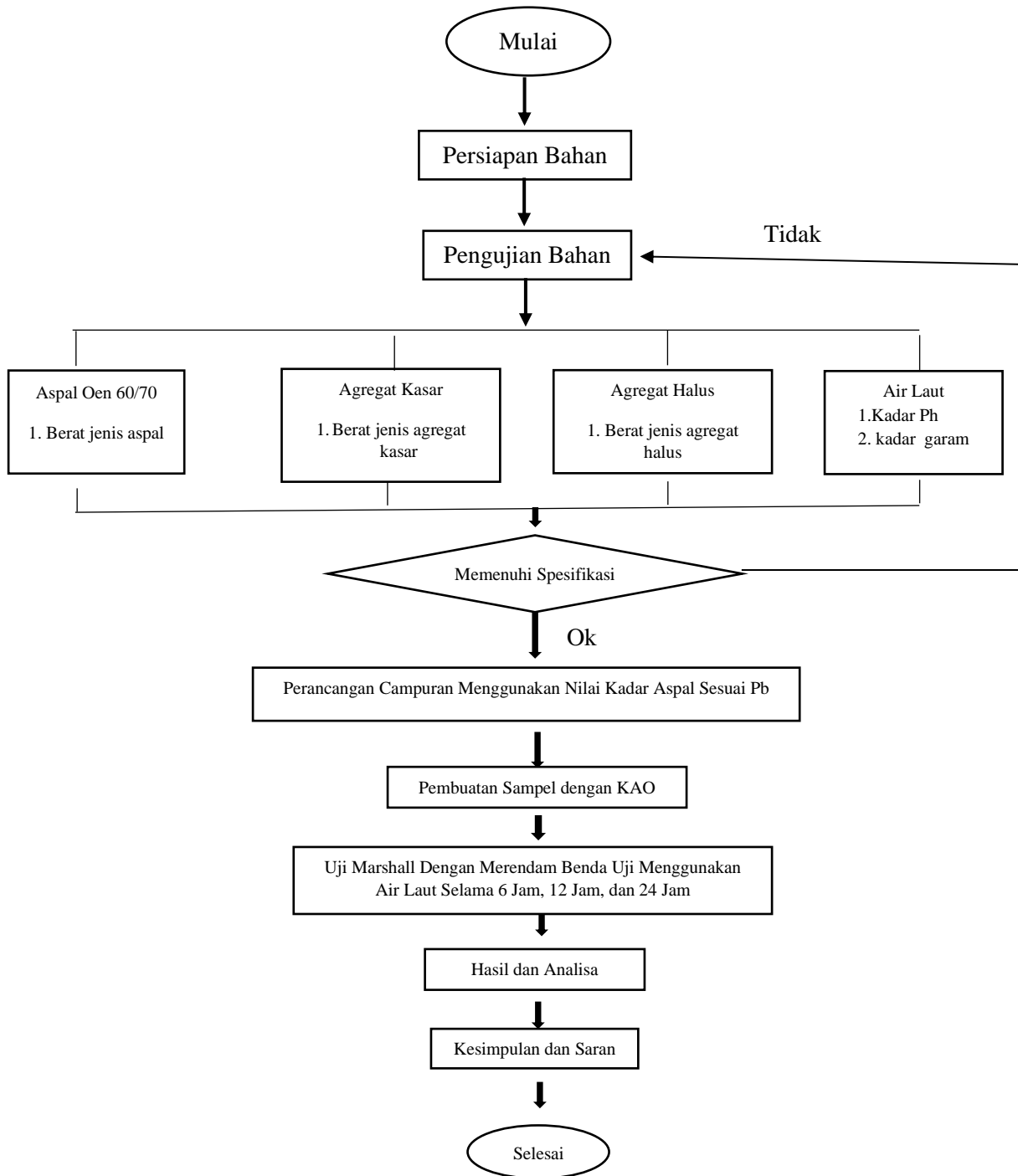


BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Bagan Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah representasi grafis yang mengilustrasikan tahapan, urutan, serta keputusan yang terkait dengan suatu proses atau tata cara tertentu. Bagian visual ini dapat ditemukan dalam **Gambar 2.1**, yang menampilkan diagram alir penelitian yang sesuai.



Gambar 2.1 Bagan Alir Penelitian

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian menyatakan pada serangkaian tindakan yang dilakukan selama proses penelitian. Beberapa dari langkah-langkah dalam penelitian ini meliputi:

2.1.1 Alat dan Bahan

Tempat pelaksanaan penelitian, Penelitian ini menggunakan peralatan dan bahan yang tersedia di Laboratorium Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Timbangan
2. Wajan
3. Kompor LPG
4. Gas LPG
5. Spatula
6. Oven
7. Thermometer
8. Timbangan
9. Ceret aluminium
10. Alat penumbuk dan alas
11. Nampan
12. Waterbath
13. Kertas minyak
14. Cetakan benda uji (mould)
15. Alat test marshall
16. Timbangan air
17. Stopwatch
18. Saringan/ayakan
19. Sarung tangan
20. Dongkrak
21. Besi rojokan
22. Kantong plastik
23. Kuas
24. Spidol
25. Gunting
26. Mistar
27. Jangka sorong
28. Kain lap
29. Aspal pen 60/70
30. Agregat kasar batu palu
31. Agregat halus batu palu
32. Air laut

2.1.2 Pembuatan Benda Uji

Berikut adalah daftar alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini: Berikut ini adalah tahapan dalam proses pembuatan sampel dalam penelitian ini:

1. Menyediakan semua komponen yang dibutuhkan untuk membuat sampel, termasuk aspal, agregat kasar (batu pecah), dan agregat halus (pasir).
2. Menyediakan semua alat untuk pembuatan sampel uji yang dibutuhkan di laboratorium.
3. Panaskan terlebih dahulu aspal menggunakan kompor gas LPG.
4. Periksa suhu dan memastikan bahwa suhu aspal telah mencapai 1100 C sebelum dicampur dengan Agregat (batu palu).
5. Panaskan agregat (batu palu) sambil dicampur adukkan sampai suhu mencapai 1200 C.

6. Setelah semua komponen mencapai suhu yang telah ditentukan, langkah selanjutnya adalah mencampurkan aspal dengan agregat yang telah dipanaskan pada suhu tertentu (1200 c). Proses pencampuran dilanjutkan hingga semua komponen tercampur dengan merata. Suhu maksimum yang diizinkan selama proses pencampuran bahan ini adalah sekitar 1600 C
7. Siapkan cetakan benda uji (mould) lengkap dengan alas cetakan yang telah diolesi minyak oli sebagai pelumas agar aspal tidak lengket saat dibuka dari cetakan. Jangan lupa untuk siapkan kertas minyak baik di atas sampel dan dibawah sampel sebagai alas sampel agar tidak lengket saat penumbukan benda uji.
8. Kemudian, masukkan campuran bahan yang telah merata pada suhu maksimum yang telah diatur (1600 c) ke dalam cetakan sambil menggunakan spatula yang sebelumnya telah dipanaskan. Proses tusuk-tusuk dengan spatula ini dilakukan sebanyak 10 kali, baik di bagian pinggir maupun tengah sampel, untuk memastikan distribusi yang merata di dalam cetakan
9. Selanjutnya dilakukan pemadatan dengan melakukan pemadatan sampel uji sebanyak 75 kali bolak-balik.
10. Setelah dilakukan pemadatan bedna uji, selanjutnya lepaskan benda uji tersebut dari cetakan dengan menggunakan dongkrak dan buka semua kertas minyak yang melekat pada benda uji.
11. Memberikan tanda agar dapat membedakan antara sampel satu dengan yang lainnya menggunakan spidol.
12. Sampel kemudian didinginkan sampai agak mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat sampel kering.
13. Selanjutnya benda uji direndam menggunakan air laut dengan variasi waktu 6, 12, dan 24 jam.
14. Setelah objek uji direndam selama periode 6, 12, dan 24 jam, langkah berikutnya adalah mengeluarkan sampel dari wadah perendaman, kemudian membersihkannya dengan menggunakan kain lap hingga objek uji mencapai kondisi SSD (Saturated Surface Dry) atau dalam keadaan permukaan kering yang jenuh.
15. Selanjutnya, objek uji akan diukur beratnya untuk mendapatkan nilai berat dalam kondisi SSD (Saturated Surface Dry)
16. Kemudian, objek uji akan diukur beratnya di dalam air untuk mendapatkan nilai berat objek uji dalam air
17. Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian menggunakan alat Marshall pada setiap sampel objek uji yang telah dipersiapkan

2.1.3 Pengujian Menggunakan Alat Marshall

Dalam proses pengujian menggunakan alat uji *marshall*, langkah-langkah berikut akan dilaksanakan:

1. Ukur diameter benda uji dan tebalnya sebelum pengujian *marshall*.
2. Objek uji akan direndam dalam bak air yang terisi dengan air laut dan dipanaskan selama sekitar 30 menit, dan setiap sampel akan diberi waktu jedah selama 5 menit per objek uji sebelum pengujian Marshall dapat dilakukan
3. Setelah 30 menit perendaman keluarkan sampel dari waterbath lalu letakkan pada alat marshall.
4. Setelah diposisikan dalam alat uji Marshall, sampel uji akan ditempatkan ke dalamnya. Kemudian, pasang bagian atas dari kepala penekan dan pastikan pemasangannya ada di tengah alat pembebanan dengan akurat.
5. Setelah itu, tinggikan kepala penekan hingga mencapai cincin pengujian. Kemudian, sesuaikan posisi jarum arloji penekan.
6. Berikan pembebanan pada sampel aspal
7. Proses pembebanan kemudian dibaca ketika arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar turun.
8. Catat nilai kelelahan (flow) dan stabilitas jarum arloji pengukur pada alat marshall.

9. Setelah pengujian benda uji selesai, Selanjutnya benda uji dikeluarkan dari alat marshall.
10. Kemudian olah data yang telah didapatkan pada pengujian marshall.

2.1.4 Prosedur Analisa

Prosedur analisis ialah langkah-langkah di mana informasi dan data yang dikumpulkan selama penelitian dinilai dan diolah agar mendapatkan nilai dalam uji *Marshall* ini. Untuk nilai yang dicari pada pengujian *marshall* ini adalah sebagai berikut (Sukirman, 2003).

1. Stabilitas (Ketahanan)

Stabilitas mengacu pada kemampuan campuran beton aspal untuk menahan beban hingga mencapai titik lelehan plastis atau dengan kata lain, kemampuan lapisan keras untuk menghadapi perubahan akibat beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang atau alur. Nilai stabilitas diukur dengan menggunakan jarum dial dan mencerminkan kemampuan perkerasan untuk menahan beban sebelum mengalami kerusakan, diukur dalam satuan kilogram. Jika nilai stabilitas terlalu tinggi, perkerasan akan menjadi terlalu keras, yang pada gilirannya dapat mengurangi daya tahan jalan. Nilai stabilitas yang diisyaratkan minimal 800 kg.

Rumus :

$$S = O \times E \times Q \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan =

- S = Stabilitas benda uji (kg)
- O = Pembacaan arloji stabilitas
- Q = Kalibrasi alat
- E = Angka koreksi benda uji

2. Flow (Kelelahan)

Flow adalah istilah yang menggambarkan perubahan atau deformasi pada campuran perkerasan beton aspal sebagai akibat dari beban hingga mencapai titik kegagalan, yang dinyatakan dalam satuan panjang (milimeter). Untuk nilai *flow* dapat dilihat pada arloji saat pengujian *marshall test*. Nilai *flow* yang diisyaratkan minimal 3 mm.

3. Density (Kepadatan)

Density adalah kepadatan atau kepadatan campuran yang diukur tiap satuan volume. Perbandingan dengan campuran yang memiliki tingkat densitas yang lebih rendah, campuran aspal beton dengan densitas tinggi akan memiliki kinerja yang lebih baik.

Rumus :

$$Density = \frac{Berat\ kering}{Berat\ SSD - Berat\ dalam\ air} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- Berat kering = Berat sampel kering (gr)
- Berat SSD = Berat sampel kering permukaan (gr)
- Berat dalam air = Berat sampel dalam air (gr)

4. Void In The Mix (VITM)

Void in the mix (VITM) ialah persentas rongga terhadap total volume campuran agregat dan aspal yang sudah dipadatkan. Nilai VITM dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, dan *density*. Semakin besar kadar aspal, semakin rendah nilai VITM, yang berarti semakin tinggi kekakuan campuran. Di sisi lain, peningkatan VITM akan mengakibatkan peningkatan kelelahan yang lebih cepat. Nilai VITM yang diisyaratkan minimal 3.5% - 5.5%.

Rumus :

$$VITM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- VITM = *Void In The Mix* (%)
- Gmm = Berat jenis maksimal campuran (gr/cm³)
- Gmb = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)

5. *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

Void filled with asphalt adalah persentasi ruang kosong yang berisi oleh aspal dalam campuran agregat dan aspal yang telah dipadatkan diantara rongga-rongga antara agregat. Nilai VFWA yang diisyaratkan minimal 65%.

Rumus :

$$VFWA = 100 \times \frac{VMA - VITM}{VMA} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan =

- VFWA = Rongga udara berisi aspal % (*Void Filled With Asphalt*)
- VMA = Rongga udara pada mineral agregat % (*Void Mineral Aggregate*)
- VITM = Rongga udara dalam campuran % (*Void In The Mix*)

6. *Void Mineral Aggregate* (VMA)

Void Mineral Aggregate (VMA). Nilai VMA yang diisyaratkan adalah minimal 16 %.

Rumus :

$$VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan =

- VMA = *Void Mineral Aggregate* (%)
- Gmb = Berat jenis bulk campuran padat (gr/cm³)
- Gsb = Berat jenis bulk agregat (gr/cm³)
- Pb = Kadar aspal (%)

7. *Marshall Quotient* (QM)

Marshall quotient (QM) ialah Perbandingan antara stabilitas dan aliran (*flow*) dari nilai-nilai tersebut. *Marshall quotient* diisyaratkan minimal 250 kg/mm (Bina Marga, 2010). Dalam merencanakan perkerasan jalan, metode MQ dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur nilai kelenturan perkerasan.

Rumus :

$$MQ = \frac{SM}{F} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan =

- MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)
- SM = *Stabilitas Marshall* (kg)
- F = *Flow* (mm)

2.1.5 Time Schedule Penelitian

Pembuatan jadwal (*Time Schedule*) dalam penelitian skripsi bertujuan untuk mengawasi jalannya penelitian secara keseluruhan sehingga memastikan bahwa penelitian berjalan sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan. Detail jadwal penelitian dapat ditemukan dalam **Tabel 2.1** di bawah ini.

Tabel 2.1 Jadwal Penelitian

2023															
No	Kegiatan	September		Oktober				November				Desember			
		3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengujian Berat jenis dan penyerapan agregat kasar														
2	Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus														
3	Pengujian berat jenis aspal pen 60/70														
4	Pengujian air laut														
5	<i>Mix design</i> campuran														
6	Pembuatan benda uji														
a	Penimbangan agregat														
b	Pembuatan sampel uji														
c	Perendaman sampel uji														
d	Pengujian sampel uji														
7	Analisa														

2.1.6 Mix Design Campuran Aspal

Mix design aspal adalah komposisi perkerasan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal, dengan proporsi yang telah disusun sebelumnya.

1. Analisa Saringan Bina Marga 2018 Revisi 2 Perkerasan Jalan

Untuk memastikan bahwa pelaksanaan konstruksi jalan dan jembatan dilaksanakan dengan mutu yang tinggi dan mempertimbangkan perkembangan teknologi konstruksi serta berbagai norma, standar, prosedur, dan kriteria terkait di bidang jalan dan jembatan, dibutuhkan penyesuaian pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yang telah direvisi, khususnya dalam konteks perkerasan jalan. Dapat dilihat pada **Tabel 2.2** tentang Spesifikasi saringan Umum Bina Marga 2018 revisi 2 Tentang Perkerasan Jalan di bawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Umum Saringan Bina Marga 2018 Revisi 2 Perkerasan Jalan

Saringan No (inch)	Bukaan (mm)	Spesifikasi agregat lolos saringan (%)	
		Min	Max
3/4"	19	100	100
1/2"	12.5	90	100
3/8"	9.5	77	90
No.4"	4.75	53	69
No.8"	2.36	33	53
No.16"	1.18	21	40
No.30"	0.600	14	30
No.50"	0.300	9	22
No.100"	0.150	6	15
No.200"	0.075	4	9
PAN	0.000	0	0

2. Perencanaan Campuran Mix Design Aspal

Untuk nilai konstanta pada perencanaan *mix design* campuran antara 0.5 – 1. Pada penelitian ini menggunakan 0.5 untuk nilai konstantanya dengan kadar aspal 5%.

a. Nilai konstanta 0.5

CA = 57 (agregat tertahan di saringan No. 8)
 FA = 36.5 (agregat tertahan saringan No. 8 – saringan No.200)
 Filler = 6.5 (agregat lolos saringan No. 200)
 Konstanta (K) = 0.5
 $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18 (\%Filler) + 0.5$
 $= 0.035 (57) + 0.045 (36.5) + 0.18 (6.5) + 0.5$
 $= 5.3075$
 % = 5.31 %
 Pb dibulatkan = 5 %
 Keterangan =
 CA = *Coarse Aggregate*
 FA = *Fine Aggregate*
 Filler = *Filler*
 Konstanta (K) = 0.5 – 1
 Pb = Kadar aspal rencana

b. Perhitungan berat kadar Aspal

Berat benda uji = 1200 gr
 Berat Aspal = kadar aspal (%) x Berat benda uji
 $= 5 \% \times 1200$
 $= 60 \text{ gr}$

c. Perhitungan berat total agregat

Kadar Aspal = 5 %
 Berat benda uji = 1200 gr
 Berat Aspal = 60 gr
 Berat total agregat = 1140 gr

Tabel 2.3 *Mix Design* Dengan Kadar Aspal 5%

Saringan No. (inch)	Bukaan (mm)	Spesifikasi agregat lolos saringan (%)		% lolos dan tertahan			Berat agregat tertahan (gram)	
		Min	Max	Lolos	Tertahan total	Tertahan tiap saringan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	100	100	0	0	0	0
1/2"	12.5	90	100	95	5	5	57	57
3/8"	9.5	77	90	83.5	16.5	11.5	131.1	188.1
No. 4"	4.75	53	69	61	39	22.5	256.5	44.6
No. 8"	2.36	33	53	43	57	18	205.2	649.8
No. 16"	1.18	21	40	30.5	69.5	12.5	142.5	792.3
No. 30"	0.600	14	30	22	78	8.5	96.9	889.2
No. 50"	0.300	9	22	15.5	84.5	6.5	74.1	963.3
No. 100"	0.150	6	15	10.5	89.5	5	57	1020.3
No. 200"	0.075	4	9	6.5	93.5	4	45.6	1065.9
PAN	0	0	0	0	100	6.5	74.1	1140
Jumlah							1140	