

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Pelaksanaan penelitian dilakukan dilakukandi laboratorium Transportasi Fakultas Teknik sipil dan perencanaan, ITN malang kampus 1, Jl. Bendungan sigura – gura No. 2 Malang.

#### **3.2 Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis variabel utama, yaitu variabel bebas (independen) dan variabel terikat (dependen), serta variabel kontrol (jika ada) yang turut diperhatikan agar hasil penelitian lebih valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

##### **3.2.1 Variabel Bebas**

- Kadar aspal: 3%, 3,5%, 4%, 4,5%, dan 5%
- Kadar serat tali berbahan synthetic fiber: 0%, 0,10%, 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35% dan 0,40%

##### **3.2.2 Variabel Terikat**

- Stabilitias (kg)
- Flow (mm)
- Void in Mix (VIM) (%)
- Void in Mineral Aggregate (VMA) (%)
- Void Filled with Bitumen (VFB) (%)
- Marshall Quotient (MQ)
- Kepadatan ( $\text{g/cm}^3$ )
- Permeabilitas (cm/detik)

### 3.3 Rancangan Benda Uji

Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran aspal porous yang ditambahkan dengan variasi kadar tali berbahan synthetic fiber. Pembuatan benda uji dilakukan dengan memperhatikan spesifikasi teknis berdasarkan metode Marshall sesuai SNI 06-2489-1991 dan spesifikasi campuran aspal porous.

Penelitian ini menggunakan kombinasi 5 variasi kadar aspal untuk mencari nilai KAO dan 7 variasi kadar serat tali, sehingga terdapat 35 kombinasi perlakuan.

**Tabel 3. 1** jumlah Benda Uji

<b>Kadar Serat Tali (%)</b>	<b>kadar aspal</b>				
	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>	<b>4%</b>
0%	1	1	1	1	1
0,10%	1	1	1	1	1
0,20%	1	1	1	1	1
0,25%	1	1	1	1	1
0,30%	1	1	1	1	1
0,35%	1	1	1	1	1
0,40%	1	1	1	1	1
<b>Total</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Total benda uji</b>	<b>35</b>				

Sumber : Hasil penelitian Terdahulu

Rancangan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kadar aspal dan serat tali terhadap parameter Marshall dan permeabilitas pada campuran aspal porous.

### **3.4 Material dan Peralatan**

#### **3.4.1 Material**

Material yang digunakan pada penelitian ini antara lain

1. Aspal  
Aspal yang digunakan adalah aspal yang mempunyai nilai penetrasi sebesar 60/70.
2. Agregat  
Material agregat yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari wilayah Malang dan daerah sekitarnya dan sesuai Gradasi AAPA 2004
3. Tali berbahan synthetic fiber

#### **3.4.2 Peralatan**

Spesifikasi gradasi agregat aspal porous yang mengacu pada standar Australia memerlukan sejumlah peralatan dalam proses pembuatan benda uji, antara lain :

1. Tiga buah cetakan untuk benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm dilengkapi dengan pelat atas serta sambungan leher
2. Alat untuk mengeluarkan benda uji. Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dalam cetakan benda uji digunakan alat ekstruder.
3. Mesin pemadat manual atau otomatis yang dilengkapi dengan penumbuk berbentuk silinder dengan permukaan rata, memiliki 4,537 kg dan dapat jatuh bebas sejauh 45,8 cm.
4. Alat uji marshall disertai dengan dial,
5. oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang dapat memanaskan hingga  $200^{\circ}\text{C} (\pm 3^{\circ}\text{C})$ .
6. Bak peredam (waterbath )
7. Alat pengukur suhu (thermometer)
8. Jangka sorong (vernier caliper)
9. Perlengkapan lainnya :

- Panci-panci untuk memanaskan agregat
- Sendok pengaduk dan kelengkapan lainnya.
- Kompor dan alat pemanas.
- Sarung tangan dari asbes dan sarung tangan dari karet dan pelindung pernafasan atau masker.
- Kompor gas elpiji atau listrik.

### 3.4.3 Pengujian Material

Jenis-jenis pengujian terhadap bahan dasar yang diproyeksikan untuk dilakukan meliputi :

#### 1. Aspal

- Pengujian penetrasi aspal
- Pengujian pemeriksaan titik lembek aspal
- Pengujian peninjauan titik nyala dan titik bakar aspal
- Pengecekan daktilitas aspal
- Pemeriksaan berat jenis aspal

Peralatan yang digunakan saat pengujian aspal :

- Serangkaian alat uji penetrasi
- Serangkaian alat uji titik nyala dan titik bakar
- Serangkaian alat uji titik lembek
- Serangkaian alat uji berat jenis aspal ( piknometer dan timbangan )
- Stopwatch

#### 2. Agregat

Pengujian dilakukan terhadap material agregat sebagai bahan dasar campuran :

- Pengujian Analisa saringan agregat
- Pengujian keausan agregat menerapkan alat abrasi Los Angeles (*Los Angeles Abrasion Test*)

- pengujian kekuatan material terhadap beban tumbukan dilakukan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap gaya luar
- pengujian terhadap berat jenis dan gaya serap agregat dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik agregat
- pengujian indeks kepipihan kelonjongan

Peralatan yang dipakai saat pengujian agregat :

- Saringan standar dengan ukuran 3/4", 1/2", 3/8", no. 4, no. 8, no. 16, no. 30, no. 50, no. 100, no. 200 dan PAN.
- Mesin Los Angeles (tes abrasi)
- *Aggregate Impact Machine*
- Serangkaian alat uji berat jenis aspal ( piknometer dan timbangan )
- Bak Peredam
- Tabung sand equivalent
- Kuas, wadah dan alat pengering (oven )

Tujuan pengujian material adalah untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan memenuhi spesifikasi teknis campuran aspal porous.

### **3.5 Metode Pembuatan Campuran (Mix Desain)**

#### **3.5.1 Gradasi Agregat**

Gradasi agregat disesuaikan dengan spesifikasi aspal porous standar AAPA dengan karakteristik open graded. Gradasi target dapat dilihat pada Tabel berikut:

**Tabel 3. 2** Gradasi Agregat Campuran Aspal Porous standar AAPA 2004

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Ag. Maks. 10 mm
19,00	100
12,700	100
9,530	85 - 100
4,760	20 - 45
2,380	10 - 20
1,190	6 - 14
0,595	5 - 10
0,279	4 - 8
0,149	3 - 7
0,074	2 - 5
Total	100
Kadar Aspal	5,0 - 6,5

Sumber : Australian Asphalt Pavement Association, 2004

### 3.5.2 Penambahan Serat Tali synthetic Fiber

Serat tali ditambahkan dengan variasi 0%, 0,10%, 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35%, 0,40%. terhadap berat total agregat. Serat dipotong sepanjang  $\pm 2$  cm agar menyebar merata dalam campuran.



**Gambar 3. 1** serat tali synthetic fiber

### 3.5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan KAO dilakukan menggunakan metode Marshall, dengan variasi kadar aspal 3,0% hingga 5,0%. KAO ditentukan dari hasil pengujian parameter Marshall (stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFA) dan karakteristik porositas campuran. Nilai KAO yang dipilih adalah yang memenuhi semua persyaratan standar dan menghasilkan performa terbaik.

### 3.5.4 Prosedur Pembuatan Benda Uji

1. Agregat dipanaskan pada suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$
2. Aspal dipanaskan hingga suhu  $\pm 160^{\circ}\text{C}$
3. Serat tali ditambahkan setelah pencampuran agregat dan aspal
4. Campuran diaduk hingga merata, kemudian dicetak dalam cetakan Marshall
5. Benda uji dipadatkan sebanyak 50 kali tumbukan tiap sisi
6. Setelah pemadatan, benda uji didinginkan dan direndam dalam waterbath

Tahapan dalam proses pembuatan benda uji mencakup :

#### a. Tahap 1

1. Menyiapkan agregat sesuai dengan takaran campuran yang telah direncanakan. Ukuran saringan yang digunakan adalah Sebagai berikut :

3/4" ( 19,00 mm )

1/2" ( 12,70 mm )

3/8" ( 9,530 mm )

1/4" ( 6,350 mm )

No. 4 ( 4,760 mm )

No. 8 ( 2,380 mm )

No. 16	( 1,190 mm )
N0. 30	( 0,595 mm )
No. 50	( 0,297 mm )
No. 100	( 0,149 mm )
No. 200	( 0,074 mm )

#### PAN

2. Agregat dan aspal dipanaskan hingga menyentuh suhu tertentu, yaitu antara 140°C hingga 160°C untuk aspal. Sementara itu, suhu pemanasan agregat maksimal 15°C lebih tinggi dari suhu aspal. Oleh karena itu, dalam proses ini dipilih suhu pemanasan aspal sebesar 160°C dan suhu pemanasan agregat juga sebesar 160°C.
3. Pada kisaran suhu pemanasan aspal antara 140°C hingga 160°C, dilakukan proses pencampuran dengan kadar aspal sebesar 4%, 5%, dan 6%, serta diberikan variasi dengan penambahan serat yang berasal dari tali berbahan synthetic fiber sebanyak 0%, 0,10%, 0,15%, 0,20%, 0,25%, 0,30, 0,35%, 0,40%.
4. Pada suhu yang telah ditetapkan, agregat yang sudah dipanaskan dicampur dengan aspal dengan komposisi yang ditentukan hingga merata.
5. Campuran dipadatkan menggunakan Marshall Compaction pada suhu 150°C, dengan jumlah pukulan sebanyak 2 x 50 pukulan.
6. Setelah didinginkan, benda uji dibiarkan selama 24 jam di dalam mold.
7. Kemudian dilaksanakan pengujian permeabilitas dan pengujian *Marshall*.

### **3.6 Prosedur Pengujian**

#### **3.6.1 Pengujian Marshall Standar**

1. Melakukan penimbangan terhadap masing-masing benda uji dan mengukur tinggi dari setiap benda uji tersebut.
2. Merendam benda uji di dalam air pada suhu 60°C selama 30 hingga 40 menit.
3. Mengangkat benda uji dari bak perendam dan segera menempatkannya pada bagian bawah alat penekan. Waktu yang dibutuhkan sejak pengangkatan hingga mencapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
4. Memasang bagian atas alat penekan dan menempatkan seluruh bagian uji ke dalam mesin pengujian.
5. Menempatkan arloji pengukur flow pada posisinya di atas salah satu batang pemandu, menyetel jarum penunjuk pada angka nol, serta menahan bagian selubung arloji agar tetap stabil terhadap segmen atas alat penekan.
6. Menyesuaikan jarum pada arloji tekan ke posisi nol.
7. Memberikan beban pada benda uji dengan kecepatan konstan sekitar 50 mm per menit hingga tercapai beban maksimum, atau hingga beban mulai menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan. Catat nilai beban maksimum (stabilitas) yang tercapai, dan lakukan koreksi terhadap beban tersebut menggunakan faktor pengali yang sesuai. Selain itu, catat juga nilai flow yang terbaca pada arloji pengukur saat beban maksimum tercapai. Data hasil pengujian digunakan untuk menghitung parameter Marshall lainnya seperti Marshall Quotient (MQ), VIM, VMA, dan VF.

### 3.6.2 Pengujian Permeabilitas ( Constant head )

Pengujian permeabilitas dilakukan untuk menentukan kemampuan campuran aspal porous dalam mengalirkan air. Pada penelitian ini digunakan metode head tetap (constant head permeability test) sesuai dengan prinsip pengujian dalam ASTM D2434-68 serta disesuaikan untuk material berpori sebagaimana diterapkan dalam beberapa penelitian terdahulu (Kandhal & Mallick, 2001).

#### 1. Tujuan

Mengetahui nilai koefisien permeabilitas (k) dari campuran aspal porous yang telah ditambahkan serat berbahan synthetic fiber.

#### 2. Alat dan Bahan

- Tabung permeabilitas (permeameter) akrilik
- Sumber air dan penampung
- Stopwatch
- Penggaris atau alat ukur tinggi air
- Timbangan digital
- Selang air
- Benda uji Marshall yang telah dibuat

#### 3. Prosedur Pengujian

- Persiapan Benda uji  
Gunakan benda uji berbentuk silinder (hasil cetakan Marshall) dengan diameter  $\pm 101,6$  mm dan tinggi  $\pm 63,5$  mm. Pastikan benda uji dalam kondisi kering permukaan.
- Pemasangan Benda Uji  
Letakkan benda uji di dalam tabung permeabilitas secara vertikal. Kedap-kannya sisi luar benda uji agar air tidak mengalir melalui celah antara benda uji dan dinding alat.

- Pengaturan Head Air  
Pasang tabung air hingga tinggi air di atas benda uji dapat dijaga tetap (konstan). Ketinggian air ( $h$ ) dari permukaan atas ke bawah dijaga konstan sepanjang pengujian.
- Alirkan air dari atas benda uji dan ukur volume air yang keluar di bagian bawah selama selang waktu tertentu. Waktu dicatat menggunakan stopwatch.
- Perhitungan Permeabilitas  
Koefisien permeabilitas dihitung menggunakan rumus:

$$K = \frac{Q \cdot L}{A \cdot t \cdot h} \dots\dots\dots 3.1$$

Dengan:

$k$  = koefisien permeabilitas (cm/s)

$Q$  = volume air yang keluar (cm<sup>3</sup>)

$L$  = tinggi benda uji (cm)

$A$  = luas penampang lintang benda uji (cm<sup>2</sup>)

$t$  = waktu aliran (detik)

$h$  = tinggi head air (cm)

- Kriteria Benda Uji  
Berdasarkan panduan dari AAPA (2004), campuran aspal porous dinyatakan layak jika memenuhi syarat:

$$K > 0,1 \text{ cm/s}$$

Nilai di bawah ambang tersebut menunjukkan campuran terlalu padat atau pori-porinya tertutup, sehingga tidak efektif sebagai lapisan drainase.

### 3.7 Analisis Data dengan Regresi Polinomial

1. **Kumpulkan data** variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y).
2. **Visualisasikan** data dalam bentuk scatter plot untuk melihat pola hubungan.
3. Tentukan **orde polinomial** yang akan digunakan (orde 2, 3, atau lebih).
4. lakukan **fitting polinomial** menggunakan software statistik Excel

### 3.8 Uji Statistik Menggunakan Minitab

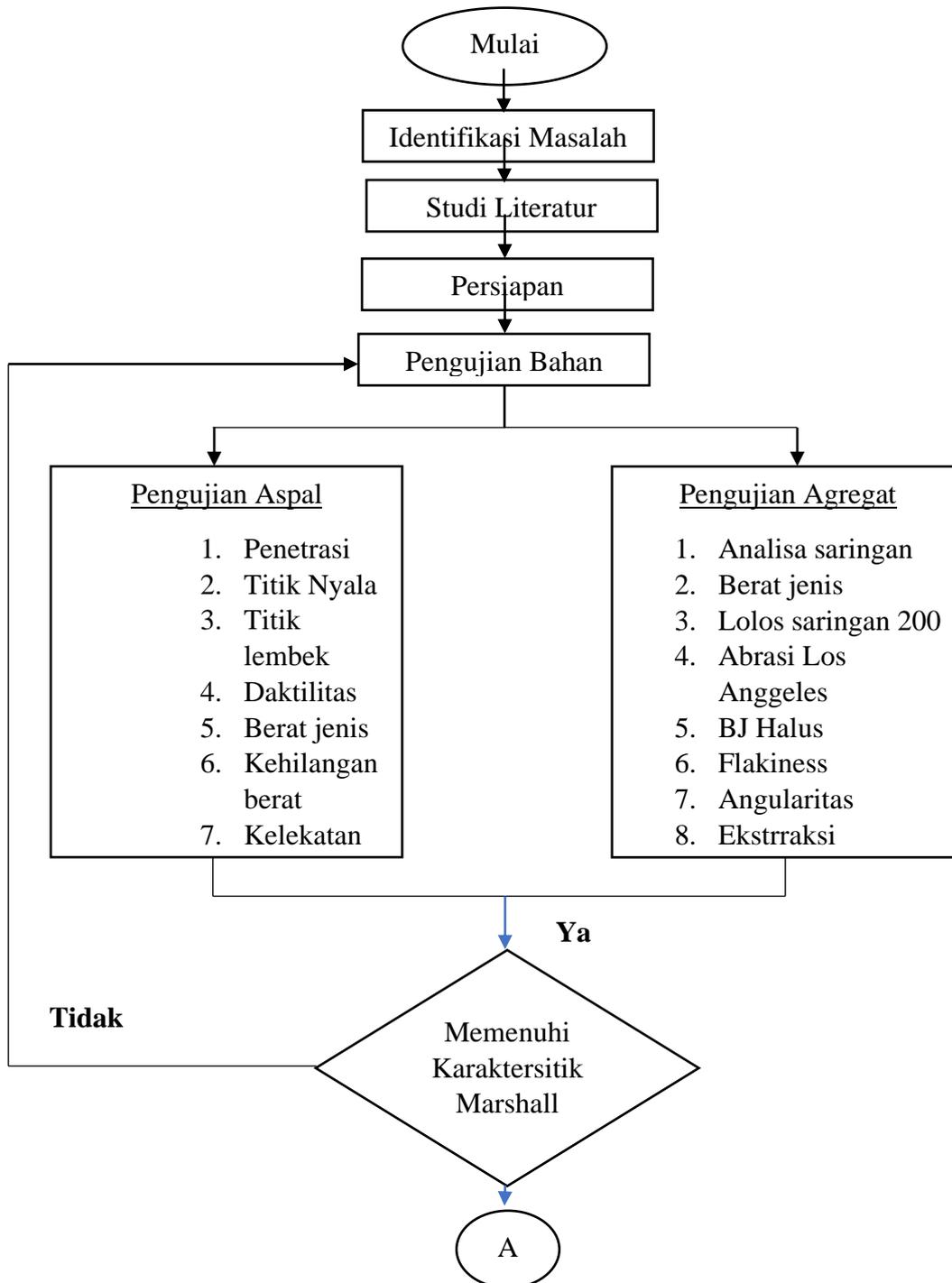
Uji F digunakan untuk mengetahui apakah variabel bebas (X), yaitu variasi kadar serat tali tampar, secara simultan berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y), yaitu parameter Marshall.

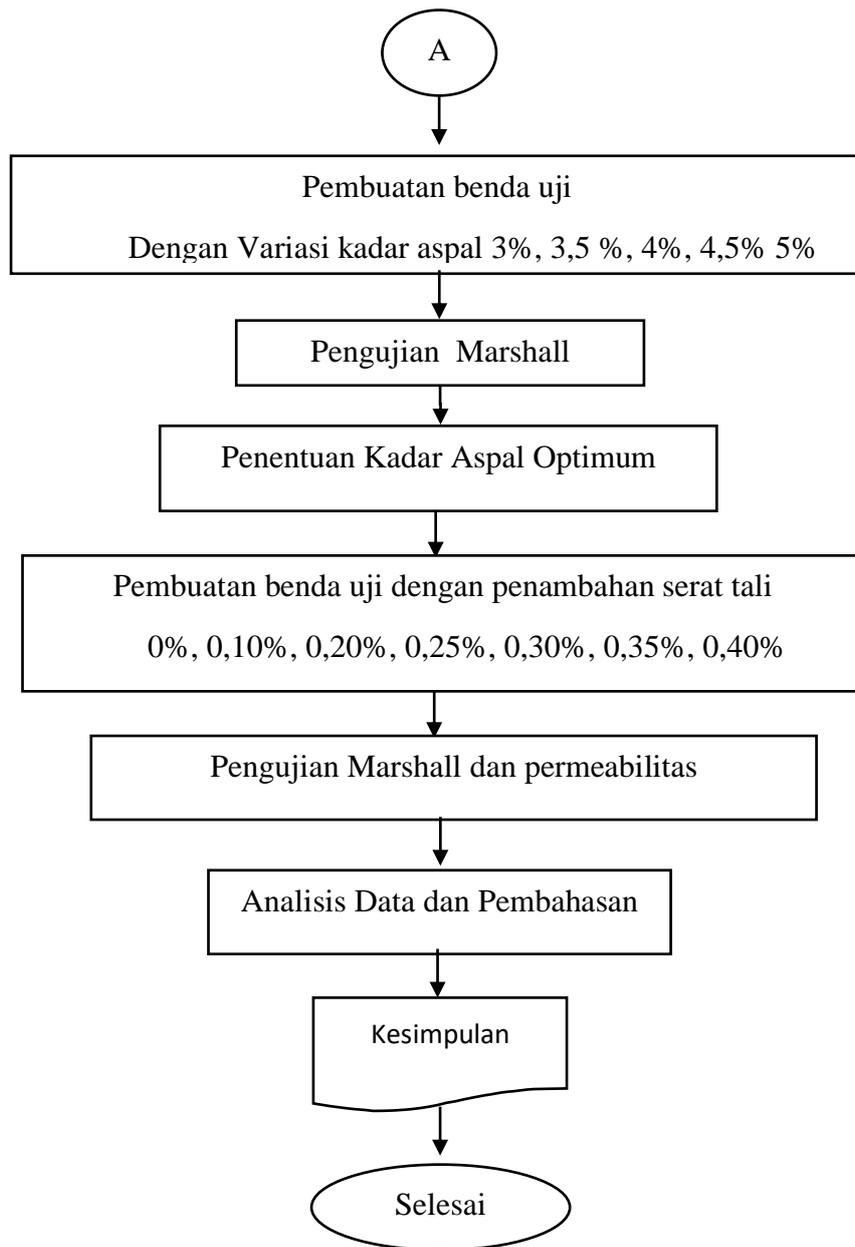
Langkah uji di Minitab :

1. Buka data penelitian di Minitab (format kolom: variabel bebas dan variabel terikat).
2. ilih menu Stat → Regression → Regression → Fit Regression Model.
3. Masukkan Response (variabel terikat, misalnya Stabilitas) dan Predictors (variabel bebas, misalnya Kadar Serat).
4. Klik OK untuk menjalankan analisis.
5. ada hasil output, perhatikan bagian Analysis of Variance (ANOVA). Nilai F dapat dilihat pada kolom **F-value**, sedangkan tingkat signifikansi pada kolom **P-value**.
6. Jika **P-value** ≤  $\alpha$  (0,05) → model regresi signifikan (variabel X berpengaruh terhadap Y).  
Jika **P-value** >  $\alpha$  (0,05) → model regresi tidak signifikan.

### 3.9 Diagram Alir Penelitian

Urutan Langkah – Langkah penelitian yang akan dilaksanakan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :





**Gambar 3. 2** Diagram Alir Penelitian