

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia dan Laboratorium Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta.

5.2 Bahan

5.2.1 Asal Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat berasal dari daerah Clereng, Kulon Progo hasil pemecah batu (*stone crusher*) yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia dan aspal yang dipakai adalah jenis AC 60/70 produksi Pertamina dan aspal Prima55 produksi PT. Mitra Olah Bumi.

5.2.2 Pemeriksaan dan Pengujian Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya harus melalui serangkaian pengujian dan memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan.

1. Pemeriksaan agregat

Agregat yang digunakan harus melalui serangkaian pengujian dan memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan. Serangkaian pengujian di laboratorium tersebut sebagai berikut :

- a). Pemeriksaan analisa saringan agregat halus dan kasar (PB-0201-76)
- b). Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar (PB-0202-76)
- c). Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus (PB-0203-76)
- d). Pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal (PB-0205-76)
- e). Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angles (PB-0206-76)
- f). Pemeriksaan *Sand Equivalent* (AASHTO-T176-73)

2. Pemeriksaan *filler*

Filler merupakan bagian dari agregat yang sangat halus. *Filler* harus bebas dari kotoran dan dalam keadaan kering (kadar air maksimal 1%)

3. Pemeriksaan aspal

Aspal merupakan hasil dari produksi bahan-bahan alam sehingga sifat-sifat aspal harus diperiksa di laboratorium. Pemeriksaan bahan ikat aspal meliputi:

- a). Pemeriksaan penetrasi bahan-bahan bitumen (PA-0301-76)
- b). Pemeriksaan titik lembek aspal dan ter. (PA-0203-76)
- c). Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dengan Cleveland Open Cup.
(PA-0303-76)
- d). Pemeriksaan kelarutan bitumen dalam CCl₄. (PA-0305-76)
- e). Pemeriksaan daktilitas bahan-bahan bitumen. (PA-0306-76)
- f). Pemeriksaan berat jenis bitumen keras dan ter. (PA-0307-76)

g). Pemeriksaan *Loss On Heating*. (PA 0304-76 / AASHTO T-96-74)

5.3 Peralatan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia dan Universitas Gadjah Mada. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperti dibawah ini :

1. Mesin *Marshall Test* lengkap, yaitu :
 - a. Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
 - b. Cincin penguji (*proving ring*).
 - c. Arloji pengukur air (*flow*).
 - d. Oven.
2. Mesin Hveem Stabilometer.
3. Cetakan benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
4. *Ejector Hydraulic Pump* untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan.
5. Mesin penumbuk elektrik.
6. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu, mulai 20°C-60°C.
7. Timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji yang berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan yang berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.

8. Kaliper sket mat.
9. Termometer skala 200°C sebanyak 2 buah.
10. Perlengkapan lain-lain, yaitu :
 - a. Kompor listrik dan kompor gas beserta perlengkapannya.
 - b. Loyang seng dan loyang plastik.
 - c. Sendok pengaduk.
 - d. Kantong plastik.
 - e. Sarung tangan asbes dan karet.

5.4 Prosedur Penelitian

5.41 Campuran Benda Uji

Benda uji pada penelitian ini terdiri dari :

1. Untuk mencari Kadar Aspal Optimum pada gradasi agregat HRS-B dengan menggunakan bahan pengikat berupa aspal AC 60/70 dan aspal Prima55, dengan temperatur pemadatan 135°C dan lama perendaman 24 jam dengan dan tanpa proses penuaan. masing-masing dibuat benda uji sebanyak 3 sampel terdiri dari variasi kadar aspal (4,5%, 5,5%, 6,5%, 7,5%, 8,5%), jumlah benda uji = $5 \times 3 \times 2 \times 2 = 60$.
2. Pada *Immersion Test* dengan temperatur pemadatan pada suhu 135°C dan lama perendaman 24 jam, 48 jam, 72 jam dengan dan tanpa proses penuaan. Jumlah benda uji yang dibuat $3 \times 3 \times 2 \times 2 = 36$ benda uji.

3. Pada pengujian *Hveem Stabilometer* dengan temperatur pemadatan pada suhu 135°C dan lama perendaman 30 menit. Jumlah benda uji yang dibuat $3 \times 2 \times 2 = 12$ benda uji

Total keseluruhan benda uji $\Rightarrow 60+36+12 = 108$ benda uji

5.42 Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji tanpa proses penuaan adalah sebagai berikut :

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Agregat tersebut kemudian disaring kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.
3. Proses pencampuran (mixing) dilakukan sebagai berikut :
 - a. Panci pencampuran dipanaskan bersama dengan agregat sampai pada suhu 160°C sambil diaduk.
 - b. Agregat kering diaduk pada suhu 150°C ditambahkan aspal yang telah dipanaskan kedalam campuran agregat dengan takaran sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
 - c. Campuran diaduk selama ± 60 detik.
4. Proses pemadatan dilakukan sebagai berikut :
 - a. Cetakan benda uji ditimbang, diukur tinggi dan diameternya.

- b. Letakkan selembar kertas saring/kertas penghisap menurut cetakan kedalam dasar cetakan.
- c. Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan pada suhu $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, kemudian tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan 15 kali keliling pinggiran dan 10 kali ditengahnya.
- d. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (direncanakan untuk lalu lintas padat dan beban berat) dengan tinggi jatuh $45,7\text{ cm}$ dan palu pemadat selalu tegak lurus cetakan selama pemadatan dilakukan.
- e. Permukaan benda uji yang telah dibalik ditumbuk sebanyak 75 kali kemudian dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat atas dan leher sambung dilepas).
- f. Benda uji dikeluarkan dengan hati-hati dari cetakan dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama $\pm 24\text{ jam}$ pada suhu ruang.

Adapun langkah-langkah pembuatan benda uji campuran beraspal akan mendapat perlakuan penuaan diberlakukan sebagai berikut :

1. Agregat dibersihkan dari kotoran yang menempel dan dikeringkan sampai diperoleh berat tetap pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Agregat tersebut kemudian disaring kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Penimbangan untuk setiap fraksi dilakukan agar mendapat gradasi agregat ideal pada suatu takaran campuran.

3. Proses pencampuran (mixing) dilakukan sebagai berikut :
 - a. Panci pencampuran dipanaskan bersama dengan agregat sampai pada suhu 160 °C sambil diaduk.
 - b. Agregat kering diaduk pada suhu 150 °C ditambahkan aspal yang telah dipanaskan kedalam campuran agregat dengan takaran sesuai dengan desain yang telah direncanakan.
 - c. Campuran diaduk selama \pm 60 detik.
4. Proses perlakuan penuaan adalah sebagai berikut :
 - a. Sebelum dipadatkan dengan mesin penumbuk elektrik, terlebih dulu disimpan dalam *oven* bersuhu 135 °C selama 2 jam.
5. Proses pemadatan dilakukan sebagai berikut :
 - a. Cetakan benda uji ditimbang, diukur tinggi dan diameternya.
 - b. Letakkan selebar kertas saring/kertas penghisap menurut cetakan kedalam dasar cetakan.
 - c. Setelah peng-*oven*-an pertama selesai, masukkan seluruh campuran kedalam cetakan pada suhu 135 °C-140 °C, kemudian tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan 15 kali keliling pinggiran dan 10 kali ditengahnya.
 - d. Pemadatan dilakukan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali (direncanakan untuk lalu lintas padat dan beban berat) dengan tinggi jatuh 45,7 cm dan palu pemadat selalu tegak lurus cetakan selama pemadatan dilakukan.

- e. Permukaan benda uji yang telah dibalik ditumbuk sebanyak 75 kali kemudian dilakukan penimbangan dan pengukuran kembali (setelah plat atas dan leher sambung dilepas).
- f. Benda uji dikeluarkan dengan hati-hati dari cetakan dan dilakukan penyimpanan dalam *oven* bersuhu 85 °C selama 120 jam.
- g. Benda uji dikeluarkan dari oven dan diletakkan diatas permukaan yang rata selama \pm 24 jam pada suhu ruang.

5.5 Pengujian Benda Uji

5.5.1 Cara pengujian benda uji

5.5.1.1 Pengujian *Marshall Standar*

Cara pengujian dilakukan sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Benda uji diukur ketinggiannya pada tiga tempat berbeda lalu dirata-rata, dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
3. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
4. Benda uji diberi tanda pengenal.
5. Benda uji direndam dalam air selama 20-24 jam agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji jenuh air kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).

8. Benda uji direndam dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 30 menit.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepaskan benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi salah satu batang penuntun.
11. Kepala penekan benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diukur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelahan.
13. Setelah pembebanan selesai benda uji dikeluarkan dari alat uji.
14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

5.5.1.2 Pengujian *Marshall* Rendaman (*Immersion Test*)

Uji yang dilakukan hampir sama dengan uji *Marshall* Standard, yang membedakan hanya terletak pada lama perendaman yang dilakukan dalam *water bath*. Pada uji *Marshall* rendaman lama perendaman 24 jam, 48 jam, dan 72 jam dengan suhu 60°C.

Adapun cara pengujian dilakukan sebagai berikut :

1. Benda uji dibersihkan dari bahan-bahan lain.
2. Benda uji diukur ketinggiannya pada tiga tempat berbeda lalu dirata-rata, dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm.
3. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya.
4. Benda uji diberi tanda pengenal.
5. Benda uji direndam dalam air selama 20-24 jam agar benda uji menjadi jenuh air.
6. Setelah benda uji jenuh air kemudian ditimbang dalam air.
7. Benda uji dilap permukaannya kemudian ditimbang pada kondisi kering permukaan jenuh (SSD).
8. Benda uji direndam dalam *water bath* dengan suhu 60°C selama 24 jam, 48 jam, dan 72 jam.
9. Kepala penekan benda uji dibersihkan dan permukaan diberi vaselin untuk memudahkan melepaskan benda uji.
10. Arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada posisi salah satu batang penuntun.
11. Kepala penekan benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diukur pada kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
12. Pembebanan dimulai dengan kecepatan tetap 50 mm/menit, sehingga pembebanan maksimum tercapai. Pada saat arloji pembebanan

berhenti dimulai kembali berputar menurun, maka dibaca arloji kelelehan.

13. Setelah pembebanan selesai benda uji dikeluarkan dari alat uji.

14. Hasil dapat diketahui dari proses perhitungan selanjutnya.

5.5.1.3 Pengujian *Hveem Stabilometer*

Pengujian *Hveem Stabilometer* dilakukan untuk mengetahui indikasi besaran deformasi plastis yang terjadi pada campuran perkerasan.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Jumlah udara dalam sel diatur dengan menggunakan benda uji metal standar yang telah dipanaskan,
2. Dengan *Hveem Stabilometer* dan *Stage Base* pada posisi silinder, mesin penguji diatur sehingga bebannya akan diaplikasikan pada tingkat 1,3 mm (0,05 inch) per menit,
3. Benda uji dapat dipindahkan dari cetakan ke *stabilometer* dengan menggunakan alat yang sesuai. Pastikan bahwa benda uji masuk ke *Stabilometer* dengan lurus, dengan *Stamped End* di atas dan diletakkan dengan tepat pada dasarnya.
4. *Follower* diletakkan diatas benda uji dan ditetapkan tekanan horizontal sampai tepat 5 psi (34 kPa) terekam dalam alat ukur *Stabilometer*. Jika alat uji memiliki *Upperhead* dengan dudukan berbentuk bola, *Looking Shims* yang digunakan selama pembuatan benda uji harus dibuka terlebih dahulu untuk melakukan pengujian *Stabilometer* ,

5. Mulai gerakan vertical penekanan dengan kecepatan 1,3 mm(0,05 inch) per menit dan catat pembacaan alat ukur *Stabilometer* ketika beban vertical sebesar 13.4, 22.3, dan 26.7 kN (3000, 5000 dan 6000 lbf),
6. Gerakan vertical penekanan dihentikan ketika beban total mencapai 26,7 kN (6000 lbf). Kemudian cepat-cepat kurangi beban vertical sampai $4,445 \pm 0,45$ kN (1000 ± 100 lbf). Dengan pompa penurunan, tekanan horizontal akan menghasilkan pengurangan lebih lanjut pada beban vertical sampai kurang dari 1000 lbf (4,45 kPa). Pengurangan ini normal dan tidak perlu ada kompensasi yang dilakukan,
7. *Handle* pompa *Stabilometer* diputar mendekati dua gerakan per detik dan ukur jumlah perubahan dari *Handle* pompa (menggunakan perubahan penurunan indicator pada *Stabilometer*) untuk menaikkan tekanan horizontal dari 5 ke 1000 psi (34,5 ke 690 kPa),
8. Kemudian jumlah perubahan dicatat dan ini adalah pembacaan penurunan D. Dalam pengukuran penurunan, beban vertical akan meningkat melebihi 1000 lbf (4,45 kN). Seperti sebelumnya, perubahan ini bersifat khusus dan tidak ada kompensasi yang perlu dilakukan,
9. Hitung nilai *Stabilometer* S dengan persamaan (2)

5.6 Cara analisis

Data yang diperoleh dari hasil di laboratorium antara lain :

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram),
2. Berat benda uji di dalam air (gram),
3. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram),
4. Tebal benda uji (mm),
5. Pembacaan arloji stabilitas (kg), dan
6. Pembacaan arloji kelelahan atau flow (mm).

Untuk mendapatkan nilai-nilai stabilitas, *density*, *flow*, *Void In Mixture* (VITM), *Void Filled With Asphalt* (VFWA), *Void in Mineral Aggregate* (VMA) dan *Marshall Quotient* (MQ), diperlukan data-data sebagai berikut :

- a. Berat jenis maksimum teoritis.

$$h = \frac{100}{\frac{\%agregat}{BJagregat} + \frac{\%aspal}{BJaspal}} \text{ (gram / cc) } \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

$$BJ \text{ agregat eff.} = \frac{100}{\frac{\%agregatkasar}{BJagregatkasar.eff.} + \frac{\%agregathalus}{BJagregathalus.eff.}}$$

b. Volume aspal terhadap benda uji.

$$i = \frac{b \times g}{BJ_{aspal}}, \% \dots\dots\dots(4)$$

keterangan: g = berat volume benda uji (gram/cc)

b = kadar aspal terhadap total campuran (%)

c. Volume agregat terhadap benda uji.

$$j_{ef} = \frac{(100 - b) \times g}{BJ_{agr. eff}}, \%$$

$$\text{atau } j_{cur} = \frac{(100 - b) \times g}{BJ_{agr. cur}}, \% \dots\dots\dots(5)$$

d. Kadar rongga dalam campuran.

$$k = (100 - i - j_{ef}), \% \dots\dots\dots(6)$$

e. Kadar rongga dalam agregat (VMA).

$$VMA = (100 - j_{cur}), \% \dots\dots\dots(7)$$

f. Rongga yang terisi aspal (VFMA).

$$VFMA = 100 \times \frac{VMA - VITM}{VMA}, \% \dots\dots\dots(8)$$

g. Rongga terhadap aspal (VITM).

$$\text{VITM} = 100 \times \frac{h-g}{h}, \% \dots\dots\dots(9)$$

h. Serapan aspal oleh agregat.

$$Aa = 100 \times \frac{BJagr.eff - BJagr.cur}{BJagr.eff \times BJagr.cur} \times BJ \text{ aspal}, \% \dots\dots\dots(10)$$

i. Kadar aspal efektif.

$$Ae = b - \frac{Aa}{100} (100-b), \% \dots\dots\dots(11)$$

j. Tingkat kepadatan.

$$Tk = \frac{g}{h} \times 100\% \dots\dots\dots(12)$$

k. Stabilitas.

Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall* yang kemudian dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kg dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji.

$$q = p * \text{koreksi tebal benda uji (kg)} \dots\dots\dots(13)$$

keterangan :

p = nilai pembacaan arloji stabilitas * kalibrasi proving ring.

Tabel 5.1 Koreksi Tebal Benda Uji

Tebal (mm)	Angka Koreksi	Tebal (mm)	Angka Koreksi
60	1,095	70	0,845
61	1,065	71	0,835
62	1,035	72	0,825
63	1,015	73	0,810
64	0,960	74	0,791
65	0,935	75	0,772
66	0,900	76	0,762
67	0,885	77	0,752
68	0,865	78	0,742
69	0,855	79	0,733
70	0,845	80	0,724

Sumber : Laboratorium Jalan Raya FTSP UII

l. *Flow* (kelelahan plastis)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan.

Nilai *Flow* dalam (mm) langsung terbaca pada arloji *flow* saat pengujian *Marshall*.

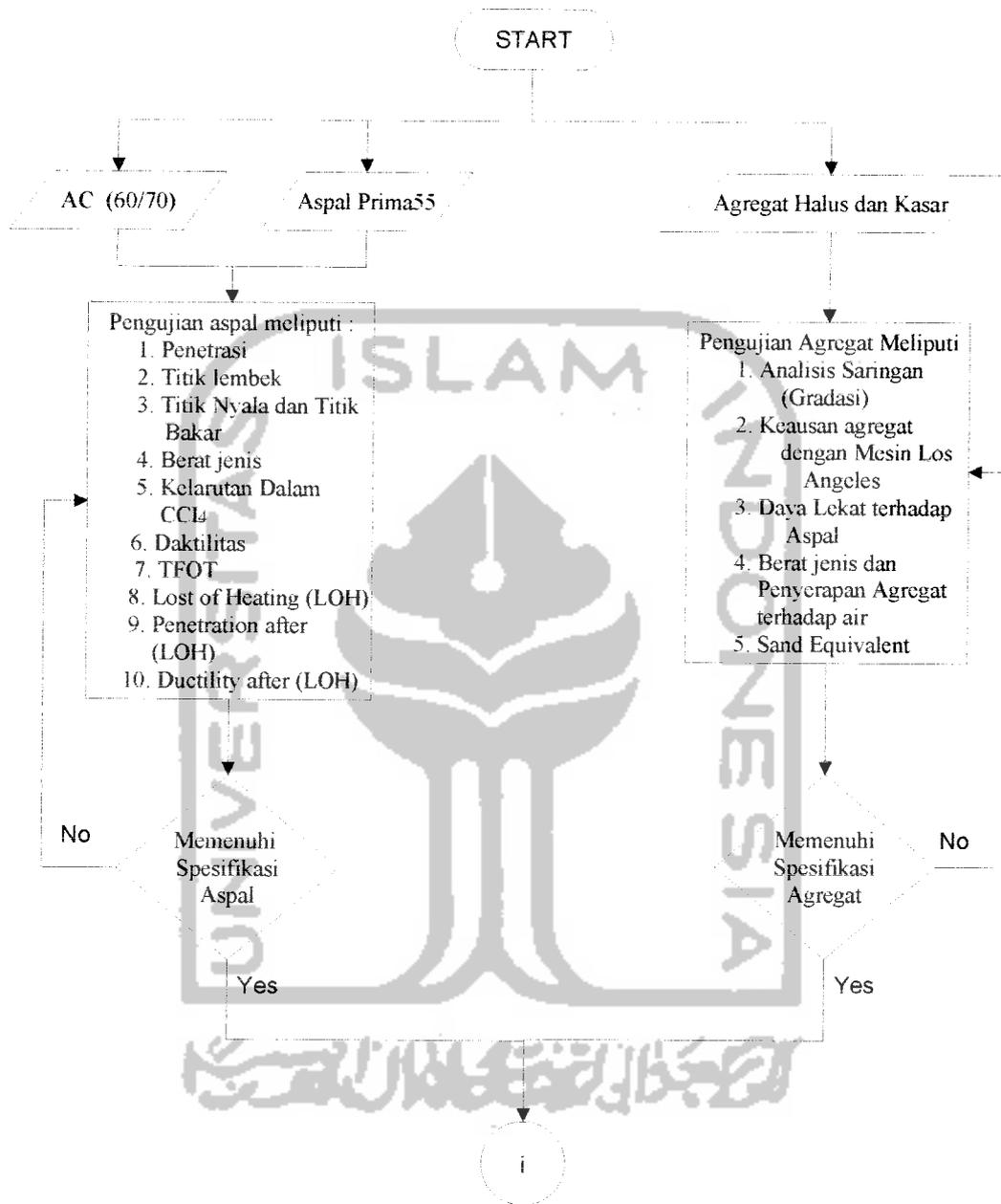
m. Marshall Quotient (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan.

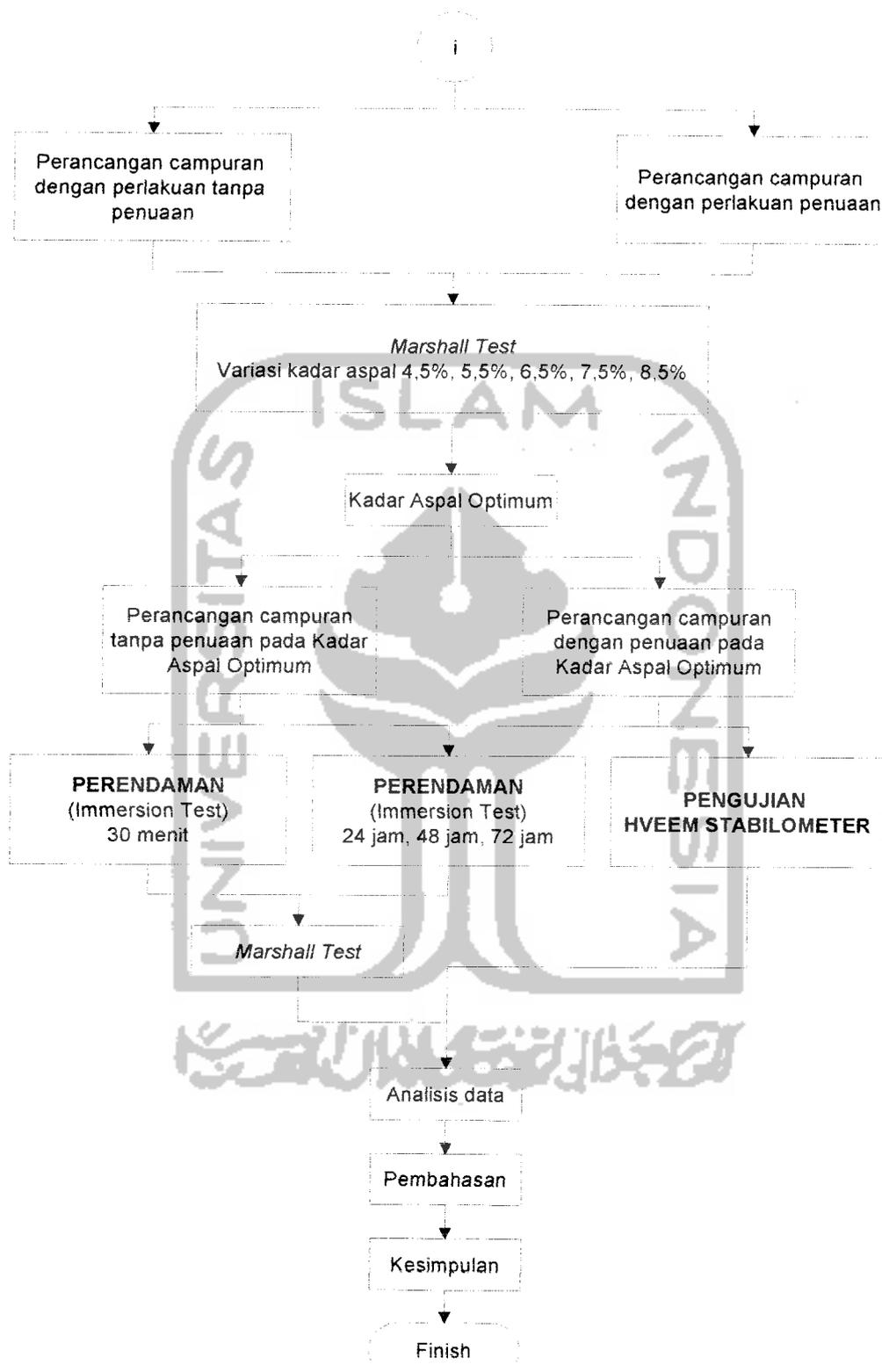
Dipakai rumus :

$$QM = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}}, (\text{kg/mm}) \dots \dots \dots (14)$$

5.7 Bagan Alir (Flow Chart)



Gambar 5.1 Flow Chart



Gambar 5.2 *Flow Chart Continue*