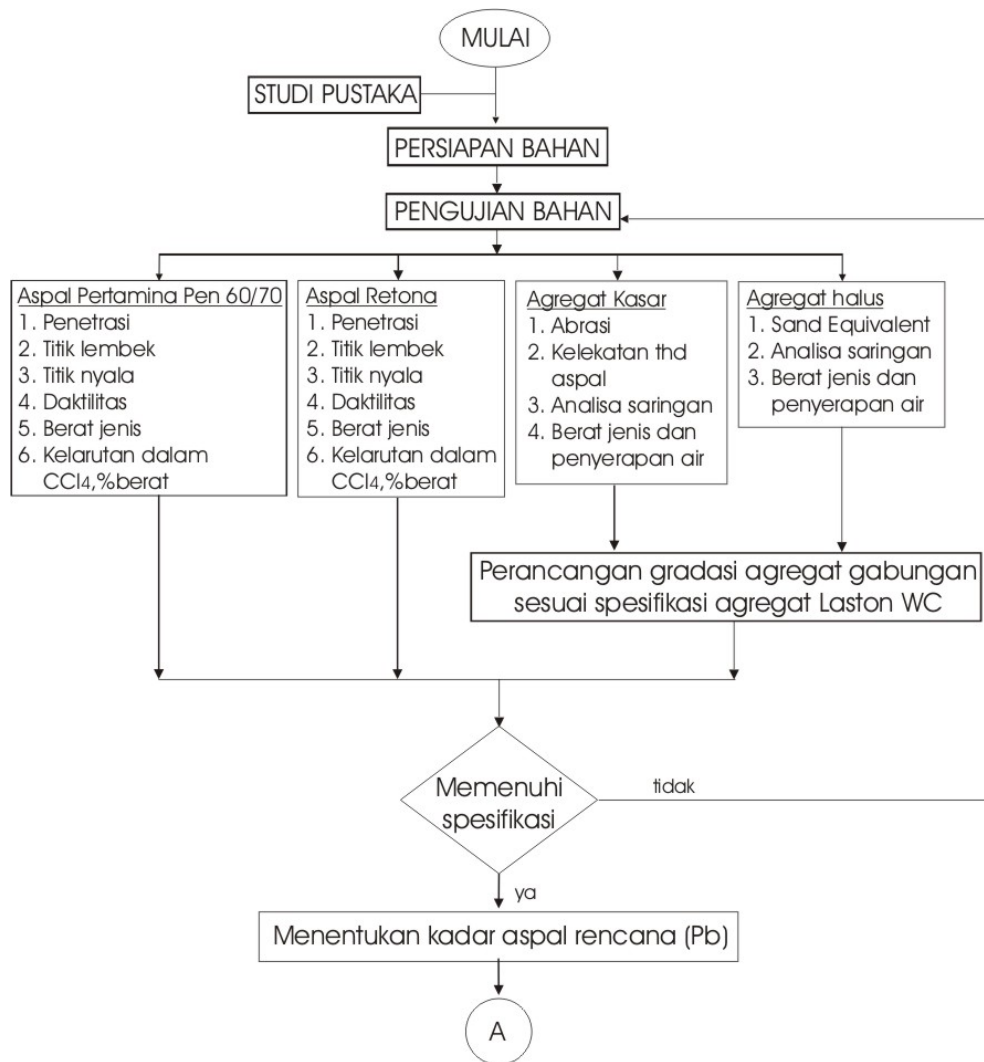


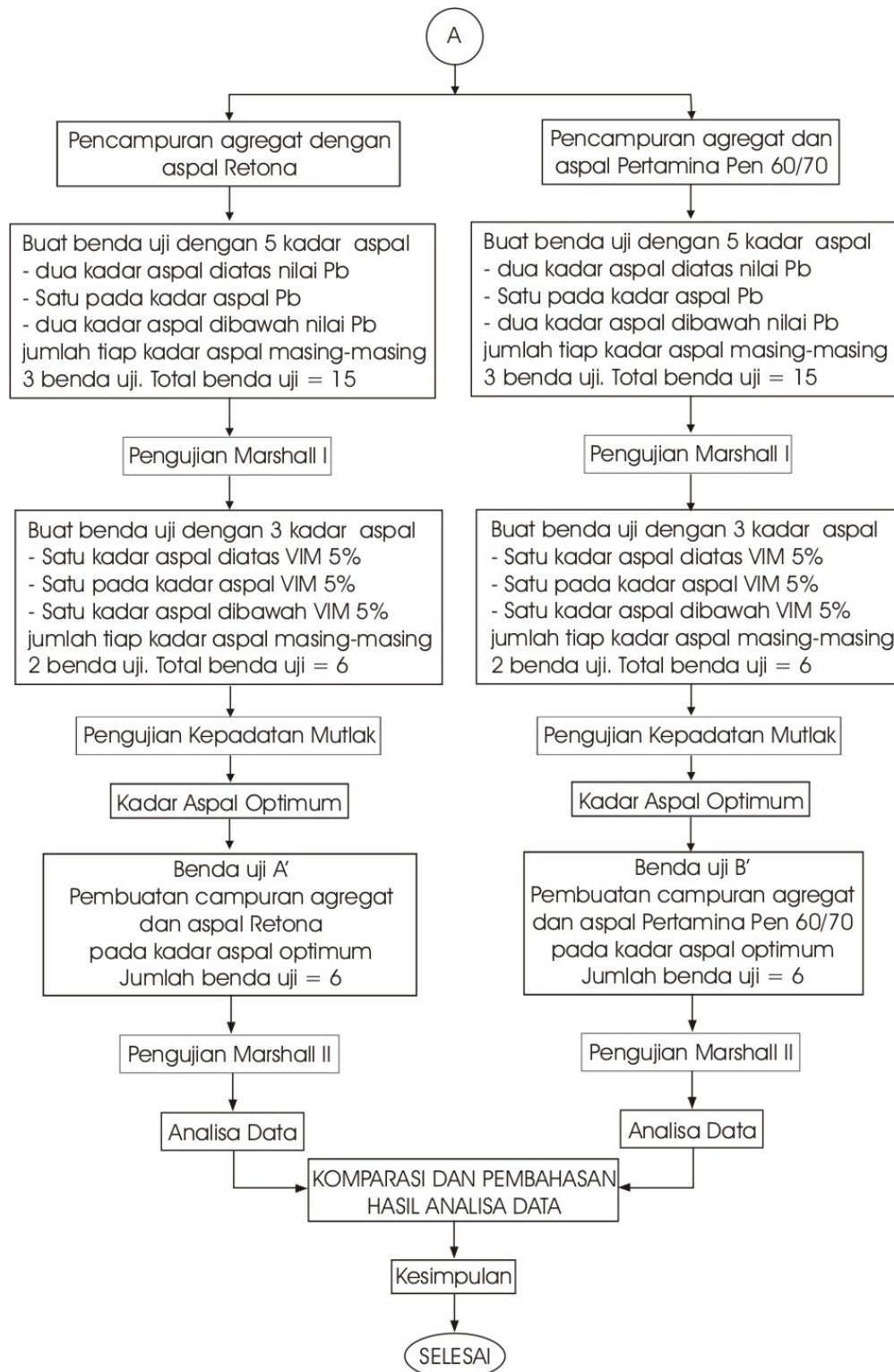
### BAB III

### METODOLOGI

Dalam bab ini peneliti menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan selama penelitian tentang “Studi komparasi antara beton aspal dengan aspal Buton *Retona* dan aspal minyak Pertamina Pen 60/70 pada campuran aspal panas jenis *AC-WC*”. Metodologi ini merupakan kerangka acuan selama melaksanakan penelitian. Bagan alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1.a. Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1.b. Bagan Alir Penelitian

### 3.1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil FT. Undip.

### 3.2. Jenis Penelitian

Merupakan studi komparasi antara aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal *Retona* (Asbuton Modifikasi) dalam campuran aspal panas jenis AC-WC.

### 3.3. Bahan Penelitian

Bahan dan material yang dipergunakan penelitian ini antara lain:

1. Bahan ikat:
  - a. Aspal minyak Pertamina Pen 60/70.
  - b. Asbuton Modifikasi produk dari PT. Olahbumi Mandiri, Jakarta, dengan merk *Retona Blend*.
2. Agregat:
  - a. Batu Pecah (BP.) Maks. 3/4", 3/8", dan Abu batu berasal dari Kali Kuto, Kendal, AMP PT. Adhi Karya.
  - b. Pasir dari Muntilan, Magelang, AMP PT. Adhi Karya.

### 3.4. Jumlah Sampel

Selama pengujian, benda uji yang dibutuhkan adalah:

#### Pengujian *Marshall* pertama

- |                                       |                   |
|---------------------------------------|-------------------|
| 1. Campuran aspal <i>Retona</i>       | = 3 x 5 = 15 buah |
| 2. Campuran aspal Pertamina Pen 60/70 | = 3 x 5 = 15 buah |

#### Pengujian *Marshall* kedua (PRD)

- |                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| 1. Campuran aspal <i>Retona</i>       | = 2 x 3 = 6 buah |
| 2. Campuran aspal Pertamina Pen 60/70 | = 2 x 3 = 6 buah |

#### Pengujian *Marshall* pada kadar aspal optimum

- |                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 1. Campuran aspal <i>Retona</i>       | = 6 buah  |
| 2. Campuran aspal Pertamina Pen 60/70 | = 6 buah  |
| <hr/>                                 |           |
| Jumlah total benda uji                | = 54 buah |

### 3.5. Acuan Normatif

- SNI 03-1968-1990 : Metode pengujian tentang analisis saringan agregat halus dan kasar
- SNI 03-1969-1990 : Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar
- SNI 03-1970-1990 : Metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus
- SNI 03-2417-1991 : Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*
- SNI 06-2432-1991 : Metoda pengujian daktilitas bahan-bahan aspal
- SNI 06-2433-1991 : Metoda pengujian titik nyala dan titik bakar dengan alat cleveland open cup
- SNI 06-2434-1991 : Metoda pengujian titik lembek aspal dan ter
- SNI 06-2441-1991 : Metoda pengujian berat jenis aspal padat
- SNI 06-2456-1991 : Metoda pengujian penetrasi bahan-bahan bitumen
- SNI 03-4428-1997 : Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir
- SNI 03-4804-1998 : Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat
- SNI 03-6723-2002 : Spesifikasi bahan pengisi untuk campuran beraspal
- SNI 03-6399-2000 : Tata cara pengambilan contoh aspal
- SNI 03-6819-2002 : Spesifikasi agregat halus untuk campuran beraspal
- SNI 03-6757-2002 : Metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal padat menggunakan benda uji kering permukaan jenuh
- RSNI M-01-2003 : Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat *Marshall*

### 3.6. Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, mulai dari persiapan bahan, pemeriksaan bahan, perencanaan campuran, sampai dengan pengujian dengan *Marshall Test*.

#### 3.6.1. Pemeriksaan Bahan

Tahap ini meliputi pemeriksaan terhadap agregat yang meliputi agregat kasar, halus, *filler*, pengujian aspal dan Asbuton olahan.

##### a. Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat diperlukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik agregat sebelum digunakan sebagai bahan campuran aspal. Jenis pemeriksaan agregat secara ringkas dapat diuraikan sebagai berikut:

##### 1) Pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*.

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap pengausan/abrasi. Keausan agregat dinyatakan sebagai persentase berat bahan yang lolos saringan 1,70 mm (No. 12) terhadap berat awal contoh. Alat dan prosedur pengujian disesuaikan dengan SNI 03-2417-1991.

##### 2) Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan angka persen kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal dinyatakan dengan perkiraan persen luas permukaan yang masih terselimuti aspal. Alat dan prosedur penelitian disesuaikan dengan SNI 03-2439-1991.

##### 3) Pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir (*sand equivalent*).

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai perbandingan antara pembacaan skala pasir terhadap skala pembacaan lumpur pada alat uji setara pasir yang dinyatakan dalam persen. Alat dan prosedur pengujian disesuaikan dengan SNI 03-4428-1997.

4) Pengujian analisa saringan agregat halus dan kasar.

Tujuan utama dari pekerjaan analisa ukuran butiran agregat adalah untuk pengontrolan gradasi agar diperoleh konstruksi campuran yang bermutu tinggi. Alat dan prosedur pengujian disesuaikan dengan SNI 03-1968-1990.

5) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu, serta besarnya angka penyerapan. Alat dan prosedur pengujian disesuaikan dengan SNI 03-1969-1990.

6) Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh berat jenis curah, berat jenis permukaan, berat jenis semu, serta besarnya angka penyerapan. Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan penyelidikan *quary* agregat dan perencanaan campuran serta pengendalian mutu. Alat dan prosedur pengujian disesuaikan dengan SNI 03-1970-1990.

b. Pemeriksaan Aspal

Pada penelitian ini pengujian aspal meliputi pengujian aspal Pertamina pen 60/70 dan aspal *Retona*

1) Pengujian penetrasi

Bertujuan untuk mendapatkan angka penetrasi aspal keras. Mencakup cara persiapan benda uji, peralatan, dan cara pengujian untuk menentukan penetrasi aspal keras sesuai SNI-06-2456-1991. Pengujian ini merupakan pengukuran secara empiris terhadap konsistensi aspal. Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu, dan waktu tertentu ke dalam aspal pada temperatur tertentu.

2) Pengujian titik nyala dan titik bakar dengan *Cleveland Open Cup*.

Bertujuan untuk mendapatkan besaran temperatur dimana terlihat nyala singkat < 5 detik (titik nyala) dan terlihat nyala minimal 5 detik (titik bakar) diatas permukaan aspal sesuai SNI 06-2433-1991. Mencakup cara

persiapan benda uji, peralatan, cara pengujian untuk menentukan titik nyala dan titik bakar aspal dengan menggunakan alat *Cleveland* open cup. Titik nyala adalah temperatur pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah temperatur pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik pada permukaan aspal.

- 3) Pengujian titik lembek aspal dan ter.  
Bertujuan untuk mendapatkan besaran titik lembek aspal dan ter. Mencakup cara persiapan benda uji, peralatan, cara pengujian untuk menentukan titik lembek bahan aspal dan ter yang berkisar 30°C sampai 200°C dengan cara *ring and ball* sesuai SNI 06-2434-1991.
- 4) Pengujian daktilitas bahan-bahan aspal.  
Untuk mendapatkan harga/ besaran daktilitas bahan aspal. Mencakup cara persiapan benda uji, peralatan dan cara pengujian daktilitas bahan aspal sesuai SNI 06-2432-1991. Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila antara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada temperatur 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit.
- 5) Pengujian berat jenis aspal padat.  
Bertujuan untuk mendapatkan nilai berat jenis aspal padat dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Mencakup cara persiapan benda uji, peralatan dan cara pengujian untuk menentukan berat jenis aspal padat dan ter dengan menggunakan *picnometer* sesuai SNI 06-2441-1991.
- 6) Pengujian kelarutan dalam CCL<sub>4</sub>  
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kadar aspal untuk aspal keras maupun kadar aspal pada aspal dimodifikasi dengan Asbuton yang dilarutkan dalam pelarut CCL<sub>4</sub>. Prosedur pengujian berdasarkan SNI 06-2438-1991.

### 3.6.2. Perencanaan Campuran dengan Metode *Marshall*

Rancangan campuran metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Metode *marshall* dikembangkan untuk rancangan campuran beton aspal bergradasi baik.

Di Indonesia, campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode *Marshall* konvensional. Untuk kondisi lalu lintas berat perencanaan *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji sebanyak 2 x 75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3 dan 5. Namun, sejak tahun 1995 Direktorat Jenderal Bina Marga telah menyempurnakan konsep spesifikasi campuran beraspal panas bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam spesifikasi baru diperkenalkan perencanaan campuran beraspal panas dengan pendekatan kepadatan mutlak. Kepadatan mutlak dimaksudkan sebagai kepadatan tertinggi (maksimum) yang dicapai sehingga campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi.

Pemadatan contoh uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang lebih banyak sebagai simulasi adanya pemadatan sekunder oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah lebih padat lagi. Kepadatan mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat. (DPU, Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak)

Prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.



2. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir 1. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi masing-masing fraksi agregat yang akan dicampur. Berdasarkan berat masing-masing agregat dan proporsi rancangan ditentukan berat jenis agregat campuran. Untuk Laston, perencana dapat memulai pada garis gradasi yang diinginkan dengan cara menentukan sendiri garis gradasi di antara titik-titik kontrol.
3. Hitung perkiraan awal kadar aspal optimum ( $P_b$ ) sebagai berikut :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \textit{filler}) + K$$

Keterangan:

CA = persen agregat tertahan saringan No.8

FA = persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

*filler* = persen agregat minimal 75% lolos No.200

K = konstanta

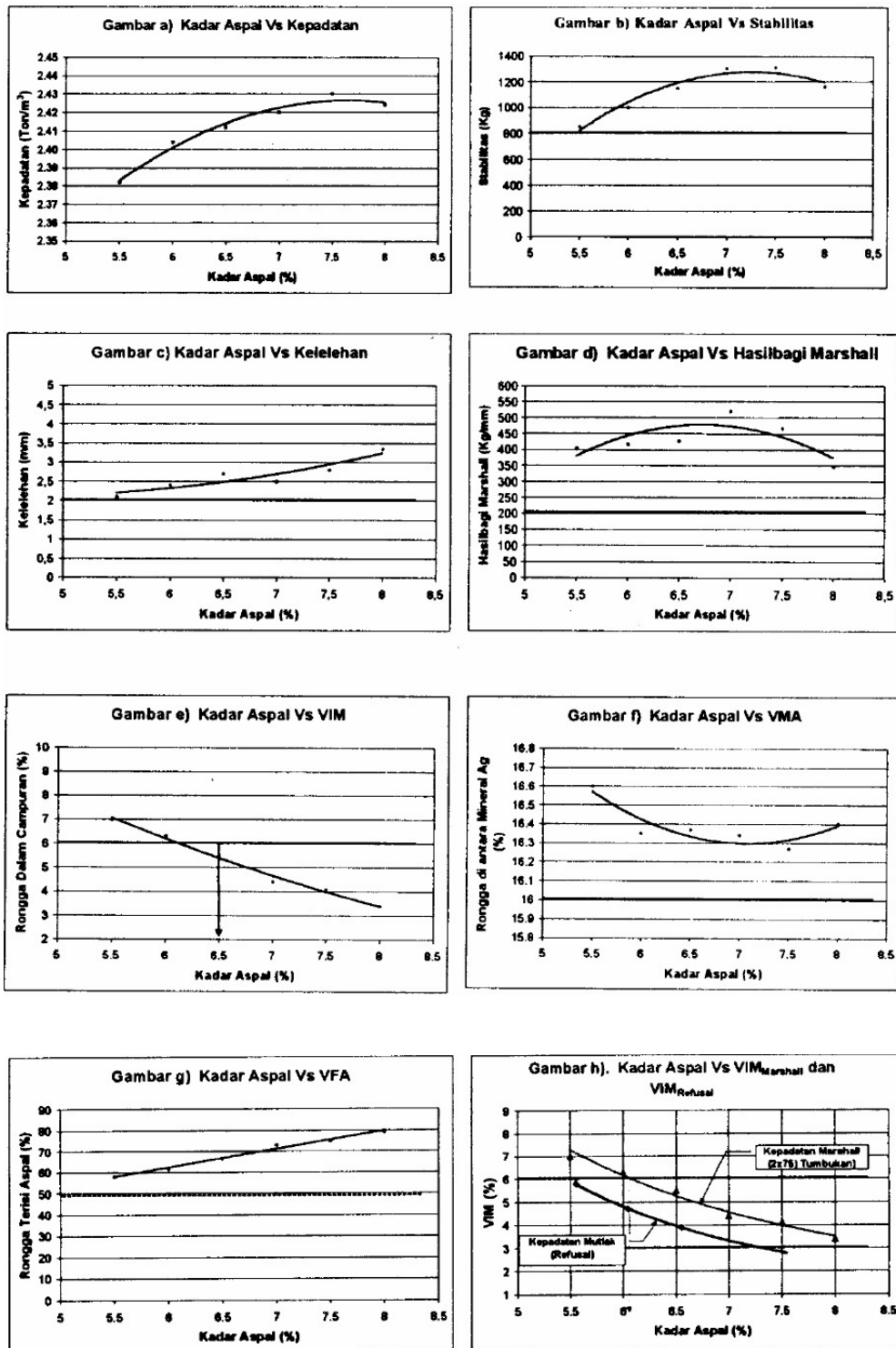
= 0,5-1,0 untuk laston

= 2,0-3,0 untuk laston

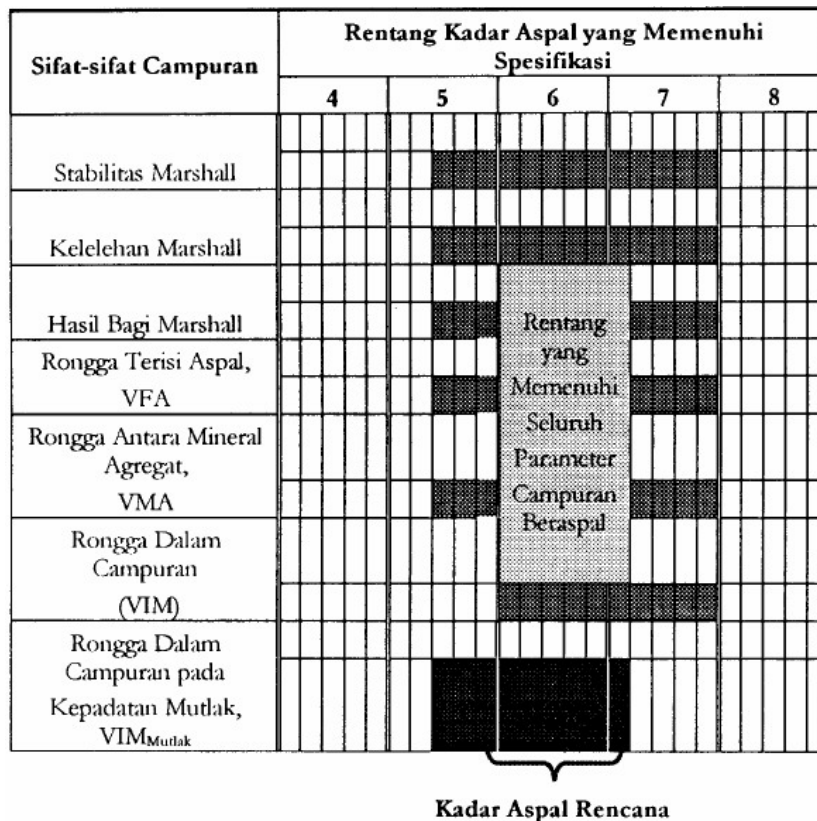
Bulatkan perkiraan nilai  $P_b$  sampai 0,5% terdekat. Contoh, Jika hasil perhitungan diperoleh 6,3% maka bulatkan menjadi 6,5%.

4. Siapkan benda uji *Marshal* untuk pengujian *Marshall* 1 (2x75 tumbukan). Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Contoh bila  $P_b = 6,5\%$  maka benda uji dibuat pada kadar aspal yaitu 5,5%; 6,0%; 6,5%; 7,0% dan 7,5%
5. Lakukan pengujian *Marshal*, sesuai dengan SNI 06-2489-1991, untuk menentukan kepadatan, stabilitas, kelelahan, hasil-bagi *Marshal*, *VIM*, *VMA*, dan *VFA*.
6. Gambarkan grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan parameter *Marshall* sebagai berikut (Lihat Gambar 3.2):
  - Kepadatan

- Stabilitas
  - Kelelahan
  - Hasil-bagi *Marshall*
  - *VFA*
  - *VMA*
  - *VIM*
7. Buat minimum tiga contoh uji tambahan dengan kadar aspal berikut: satu kadar aspal pada *VIM* 5% dan dua kadar aspal terdekat yang memberikan *VIM* di atas dan di bawah 5% dengan perbedaan kadar aspal masing-masing 0,5%. Masing-masing replika kadar aspal dibuat minimum 2 buah. Padatkan sampai mencapai kepadatan mutlak (sesuai dengan Tata Cara Penentuan Kepadatan Mutlak Campuran Beraspal, RSNI Bina Marga 1999).
  8. Untuk masing-masing parameter yang tercantum dalam Tabel 2.5, gambarkan batas-batas spesifikasi ke dalam Gambar 3.2.
  9. Pada grafik tersebut gambarkan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan dalam Tabel 2.5 (Lihat Gambar 3.3)
  10. Tentukan bahwa kadar aspal rencana berada dekat atau pada titik tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh parameter yang disyaratkan.
  11. Pastikan bahwa rentang kadar aspal campuran yang memenuhi seluruh kriteria mendekati 0,6% atau lebih, sehingga memenuhi toleransi produksi yang cukup realistis.
  12. Buat 6 benda uji *Marshall* pada kadar aspal optimum. Untuk tiga benda uji pertama dilakukan perendaman dalam air pada suhu 60 °C selama 24 jam dan lakukan pengujian sesuai dengan Pd.M-06 1997-03. Sisanya dilakukan pengujian *Marshall* sesuai dengan SNI 06-2489-1991.
  13. Pastikan bahwa campuran yang digunakan memenuhi seluruh kriteria dalam Tabel 2.5.



Gambar 3.2. Contoh Grafik Hubungan Kadar Aspal terhadap Parameter *Marshall*



Gambar 3.3. Contoh Penentuan Kadar Aspal Optimum

### 3.6.3. Pengujian Campuran

Dalam tugas akhir ini, pada akhirnya kedua jenis campuran beraspal akan dilakukan uji *Marshall* pada kadar aspal optimum yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Nilai-nilai kepadatan, VMA, VFB, VIM (Marshall), VFA, Stabilitas, kelelahan, dan hasil bagi *Marshall* inilah yang akan digunakan sebagai dasar perbandingan kedua jenis campuran.

Metode *Marshall* standar diperuntukkan untuk perencanaan campuran beraspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inci) adalah sesuai dengan RSNI M-01-2003. Sedangkan untuk ukuran butir maksimum lebih besar dari 25 mm (1 inci) digunakan prosedur *Marshall* modifikasi sesuai RSNI M-06-2004.

Prosedur *Marshall* yang dimodifikasi pada dasarnya sama dengan metode *Marshall* standar, namun karena campuran beraspal menggunakan ukuran butir

maksimum yang lebih besar maka digunakan diameter benda uji yang lebih besar pula, yaitu 15,24 cm (6 inci) dan tinggi 95,2 mm. Berat palu penumbuk 10,2 kg (22 lbs) dengan tinggi jatuh 457 mm (18 inci) dan benda uji secara tipikal mempunyai berat sekitar 4 kg.

Kriteria perencanaan harus diubah di mana stabilitas minimum ditingkatkan 2,25 kali sedangkan kelelahan 1,5 kali dari ukuran benda uji normal (diameter 4 inci).

Pada penelitian kali dipakai metode *Marshall* standar yang diperuntukkan untuk perencanaan campuran beraspal dengan ukuran agregat maksimum 25 mm (1 inci), sesuai dengan RSNI M-01-2003.

### **3.7. Analisa Hasil Pengujian**

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan terhadap seluruh benda uji, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang diperoleh. Dari hasil pengujian didapatkan nilai-nilai kepadatan, stabilitas, *flow*, *VMA*, *VFA*, *VIM Marshall*, *VIM PRD*. Kemudian untuk masing-masing parameter yang tercantum dalam persyaratan campuran, digambarkan batas-batas spesifikasi ke dalam grafik dan ditentukan rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan. Biasanya kadar aspal rencana berada dekat dengan titik tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi seluruh persyaratan. Pastikan bahwa campuran memenuhi seluruh kriteria dalam persyaratan spesifikasi. Kemudian kita bandingkan karakteristik *Marshall* dari masing-masing campuran.

### **3.8. Analisis Perhitungan Karakteristik Marshall**

Setelah pengujian *Marshall* dilanjutkan dengan analisa data yang diperoleh. Analisa yang dilakukan adalah untuk mendapatkan nilai-nilai *Marshall* yang digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran kedua benda uji, yaitu benda uji yang menggunakan aspal Retona dan benda uji yang menggunakan aspal Pertamina Pen 60/70. Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah sebagai berikut :

- a. Berat kering/sebelum direndam (gram).
- b. Berat dalam keadaan SSD/jenuh (gram).
- c. Berat dalam air (gram).
- d. Pembacaan arloji stabilitas (lbs).
- e. Pembacaan arloji *flow* (mm).

Dari data-data di atas dapat dihitung harga-harga dari *density*, *VIM*, *VFA*, stabilitas, *Marshall Quotient*. Cara perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Berat jenis aspal ( $G_a$ ) = (Berat/Volume)
2. Berat jenis agregat
  - a. Berat jenis masing-masing agregat

- 1) Agregat kasar

$$BJ \text{ Bulk agregat kasar} = \frac{BK}{(BJ - BA)}$$

$$BJ \text{ Apparent (BJ semu) agregat kasar} = \frac{BK}{(BK - BA)}$$

- 2) Agregat halus

$$BJ \text{ Bulk agregat halus} = \frac{BK}{(B + 500 - Bt)}$$

$$BJ \text{ Apparent (BJ semu) agregat halus} = \frac{BK}{(B + BK - Bt)}$$

Keterangan:

BK = Berat benda uji kering oven

BJ = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

BA = Berat benda uji di dalam air

B = Berat *picnometer* diisi air suhu 25°C

Bt = Berat *picnometer* + benda uji SSD + air suhu 25°C

b. Berat jenis agregat pembentuk beton aspal padat

1)  $G_{sb}$  (BJ *Bulk* agregat pembentuk beton aspal padat)

$$G_{sb} = \frac{100}{\sum \left( \frac{P_s(i)}{BJ \text{ Bulk Agregat}(i)} \right)}$$

2)  $G_{sa}$  (BJ *Apparent* agregat pembentuk beton aspal padat)

$$G_{sa} = \frac{100}{\sum \left( \frac{P_s(i)}{BJ \text{ Apparent Agregat}(i)} \right)}$$

3)  $G_{se}$  (BJ Efektif agregat pembentuk beton aspal padat)

$$G_{se} = \frac{(G_{sb} + G_{sa})}{2}$$

Keterangan:

$P_s(i)$  = prosentase masing-masing agregat terhadap berat beton aspal padat

BJ *Bulk* Agregat (i) = BJ *Bulk* masing-masing agregat

BJ *Apparent* Agregat (i) = BJ *Apparent* masing-masing agregat

3. Berat jenis campuran

a. BJ Maksimum campuran/ BJ Maksimum beton aspal yang belum dipadatkan ( $G_{mm}$ )

$$G_{mm} = \frac{100}{\left( \frac{P_s}{G_{se}} \right) + \left( \frac{P_a}{G_a} \right)}$$

b. BJ *Bulk* campuran/ BJ *Bulk* beton aspal padat/ *Density* ( $G_{mb}$ )

$$G_{mb} = \frac{B_k}{(B_{ssd} - B_a)}$$

Keterangan:

$P_a$  = Kadar aspal terhadap terhadap berat beton aspal padat

$P_s$  = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

$B_k$  = Berat kering beton aspal padat

B<sub>ssd</sub> = Berat kering permukaan dari beton aspal yang telah dipadatkan

B<sub>a</sub> = Berat beton aspal padat di dalam air

4. *VMA (Voids In The Mineral Aggregate)*

*VMA* merupakan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam prosentase. *VMA* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$VMA = 100 - \left( \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right)$$

Keterangan:

Gmb = BJ *Bulk* beton aspal padat

Ps = Kadar agregat, % terhadap berat beton aspal padat

Gsb = BJ *Bulk* agregat pembentuk beton aspal padat

5. *VIM (Void In The Mix)*

*VIM* adalah persentase rongga udara terhadap volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai *VIM* dihitung dengan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

Gmb = BJ *Bulk* beton aspal padat

Gmm = BJ Maksimum beton aspal yang belum dipadatkan

6. *VFA (Void Filled With Asphalt)*

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, yaitu pada saat rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.



$$VFA = \left( \frac{\left( \frac{Gmb}{Ga} \times Pa \right)}{\left( \frac{Gmb}{Ga} \times Pa \right) + VIM} \right) \times 100$$

Keterangan:

Gmb = BJ *Bulk* beton aspal padat

Gmm = BJ Maksimum beton aspal yang belum dipadatkan

Pa = Kadar aspal terhadap terhadap berat beton aspal padat

Ga = Berat jenis aspal

VIM = persentase rongga udara terhadap volume total campuran setelah dipadatkan.

#### 7. Stabilitas

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

$$S = p \times q$$

Keterangan :

S = Stabilitas beton aspal

p = pembacaan arloji stabilitas

q = angka koreksi benda uji

#### 8. Kelelahan (*Flow*)

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban atas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji dalam satuan *inch*, kemudian harus dikonversikan lagi dalam satuan milimeter.

9. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai dari *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus :

$$M = S/R$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

R = Nilai *flow*

M = Nilai *Marshall Quotient*