

BAB III

DESAIN DAN METODE PENELITIAN

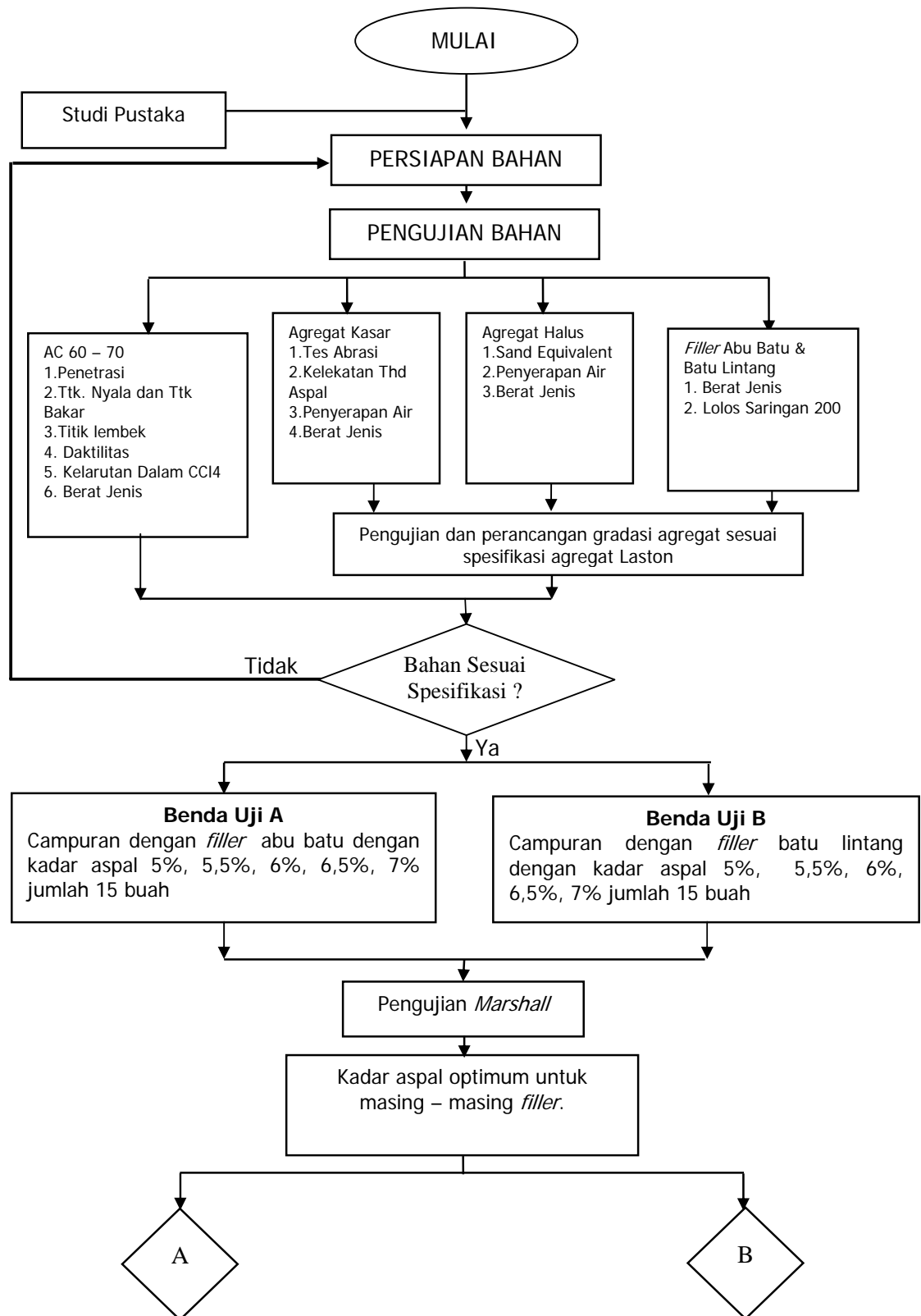
3.1 Umum

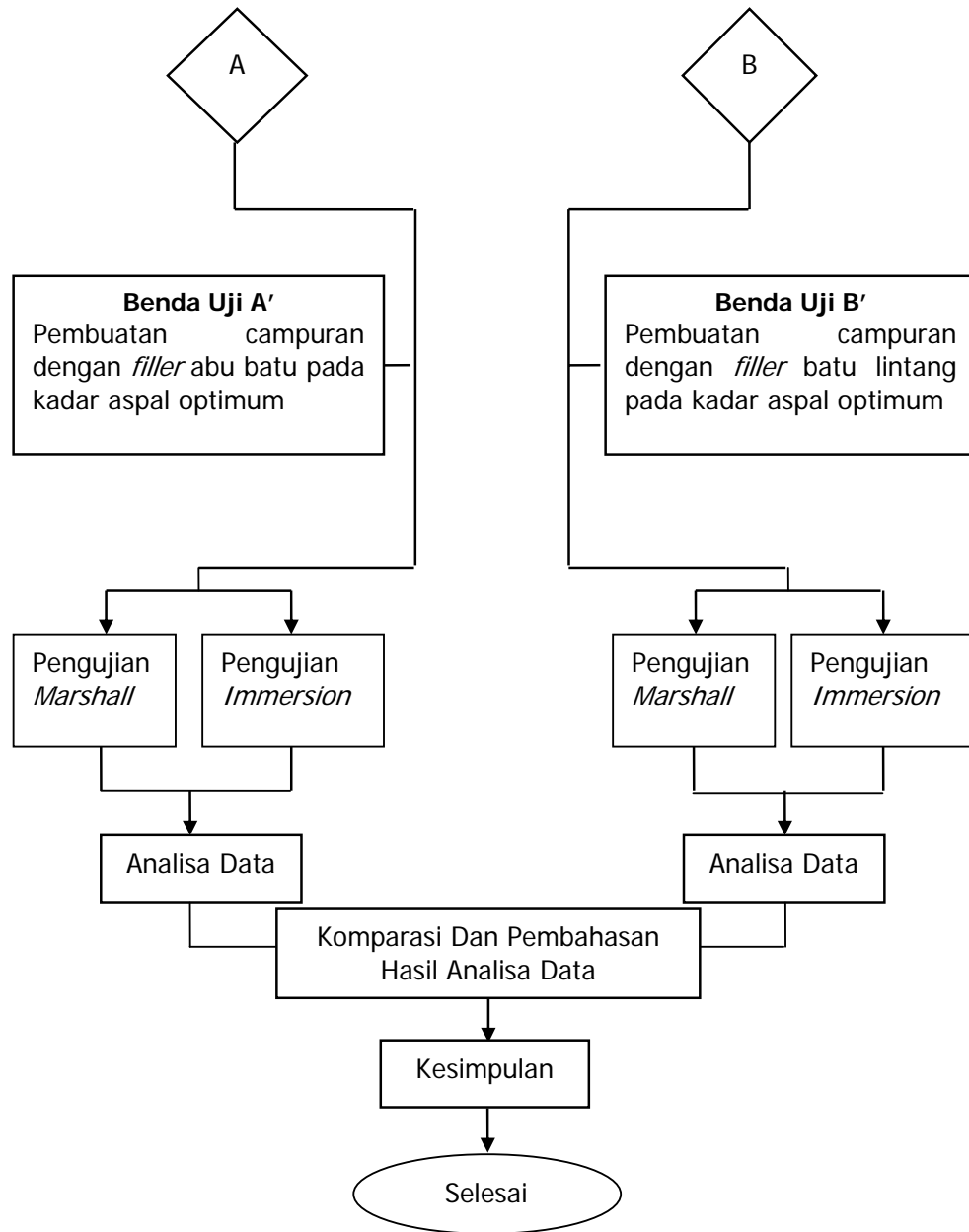
Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari persiapan, pemeriksaan mutu bahan yang berupa agregat dan aspal, perencanaan campuran sampai tahap pelaksanaan pengujian dengan *Marshall Test* dan *Immersion Test*.

Perkerasan jalan raya pada hakekatnya merupakan campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas, di atasnya tanah dasar secara aman yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang mempunyai ketebalan, kekuatan, dan kekakuan serta kestabilan tertentu. Bahan utama yang diperlukan dalam pekerjaan perkerasan aspal beton adalah aspal, agregat dan termasuk didalamnya bahan pengisi atau *Filler*.

Penelitian untuk mendapatkan campuran aspal beton (LASTON) menggunakan fraksi agregat halus sampai dengan *filler* abu batu akan dikomparasikan dengan campuran aspal beton menggunakan batu lintang, sementara itu untuk campuran yang menggunakan fraksi agregat halus sampai dengan *filler* batu lintang dianggap mempunyai sifat yang sama dengan abu batu, sehingga pemeriksaannya juga dilakukan dengan metode yang sama.

Dalam bab metodologi ini, peneliti ingin menjelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan selama pelaksanaan penelitian tentang "Studi Komparasi Antara Penggunaan Batu Lintang (Kalsit) dan Abu Batu Sebagai Bahan Campuran Aspal Beton (Laston)". Metodologi ini merupakan kerangka acuan bagi peneliti selama melaksanakan penelitian. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagan alir metode penelitian Gambar 3.1





Gambar 3.1 Bagan Alir Metodologi Penelitian

3.2 Metode dan Desain

Penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap, mulai dari memeriksa mutu agregat dengan menggunakan saringan standar (penguji gradasi agregat), alat pengering agregat (oven), dan timbangan. Untuk pemeriksaan aspal dilakukan dengan alat uji penetrasi aspal, alat uji titik lembek, daktilitas, titik nyala dan titik bakar, kelarutan dalam karbon tetra klorida (CCL₄), dan berat jenis.

Perencanaan campuran percobaan laboratorium dilakukan dengan memilih beberapa fraksi agregat yang akan dipergunakan sesuai dengan besar butiran dan pencampuran masing-masing agregat sesuai proporsi.

3.3 Material untuk Penelitian

Bahan dan material yang dipergunakan penelitian ini antara lain :

- a. Agregat
 1. Kasar (batu pecah dengan ukuran maksimum 3/4") Puduk Payung, Ungaran, Semarang
 2. Agregat halus berasal dari Muntilan
- b. *Filler*
 1. Abu batu diperoleh dari Jaya Mix
 2. Batu lintang diperoleh dari daerah Ponjong, Gunung Kidul, DIY.
- c. Aspal produksi Pertamina dengan penetrasi 60/70

3.4 Peralatan Yang Digunakan

Pelaksanaan penelitian menggunakan peralatan Laboratorium Transportasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Peralatan yang digunakan adalah :

- a. Timbangan dan neraca
- b. Satu set saringan 3/4", 1/2", 3/8", no.4, no.8, no.16, no.30, no.50, no.100, no.200
- c. Oven
- d. *Ring and ball apparatus*
- e. *Penetration*

- f. *Ductilometer*
- g. *Alat uji Los Angeles*
- h. *Marshall Test* dan peralatan bantu lain

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan dan Penyediaan Bahan

Persiapan dan penyediaan bahan merupakan langkah awal dalam mendukung kelancaran penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian sebelumnya diuji dilaboratorium untuk mendapatkan bahan yang memenuhi syarat-syarat bahan perkerasan. Bahan utama yang diperlukan adalah agregat dan aspal yang memenuhi persyaratan dan ketentuan yang telah ditetapkan.

Faktor yang mempengaruhi pada pemilihan agregat untuk lapis keras LASTON adalah :

- a. Ukuran dan susunan butiran (gradasi)
- b. Kebersihan agregat terhadap material lain yang tidak menguntungkan
- c. Kekerasan dari agregat
- d. Keawetan dari agregat
- e. Bentuk partikel, tekstur permukaan dan porositas
- f. Adhesi terhadap aspal

3.5.2 Persyaratan Bahan

3.5.2.1 Agregat

Persyaratan bahan yang digunakan berpedoman pada spesifikasi Teknis Bina Marga (1987), yaitu pada Petunjuk Pelaksanaan LASTON untuk Jalan Raya (SKBI – 2.4.26.1987), Departemen Pekerjaan Umum. Adapun persyaratan agregat untuk pembuatan Laston dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Persyaratan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Jenis Perkerasan	Syarat	
	Min	Max
a. Agregat Kasar		
1. Kelekatan	95%	-
2. Keausan	-	40%
3. Peresapan terhadap air	-	3%
4. Berat jenis semu	2,50 gr/cc	-
b. Agregat Halus		
1. Peresapan terhadap air	-	3%
2. Berat Jenis semu	2,50 gr/cc	-
c. <i>Filler</i>		
1. Berat jenis	-	-

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON Untuk Jalan Raya SKBI –2.4.26.1987

Tabel 3.2 Persyaratan Gradasi Agregat Untuk Laston

Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)	Nilai Tengah (%)
3/4"	19,1	100	100
1/2"	12,7	80-100	90
3/8"	9,5	60-80	70
#4	4,76	48-65	56,5
#8	2,38	35-50	42,5
#30	0,59	18-29	23,5
#50	0,279	13-23	18
#100	0,149	8-16	12
#200	0,074	1-10	5,5

Sumber : Silvia Sukirman ;Beton Aspal Campuran Panas

3.5.2.2 Aspal

Pada penelitian ini digunakan *Asphalt Cement* (AC) atau aspal keras produksi Pertamina. Adapun persyaratan bahan aspal untuk AC penetrasi 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini.

Tabel 3.3 Persyaratan AC Penetrasi 60/70

Jenis Pemeriksaan	Syarat		
	Penetrasi 60		
	Satuan	Min	Max
1. Penetrasi 25° C, 5 detik	0,1 mm	60	79
2. Titik lembek	°C	48	58
3. Titik nyala	°C	200	-
4. Daktilitas 25°C, 5cm/menit	cm	99	-
5. Kehilangan berat (163°C, 5 jam)	%	-	0.4
6. Berat jenis 25°C	gr/cc ³	1	-
7. Penetrasi setelah kehilangan berat	% semula	75	-
8. Kelarutan dalam CCL ₄	%	99	-

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON Untuk Jalan Raya SKBI –2.4.26.1987

3.5.2.3 Campuran Laston

Campuran untuk Lapis Aspal Beton (Laston) pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, halus, dan aspal. Masing-masing fraksi agregat terlebih dahulu harus diperiksa gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang akan menghasilkan agregat campuran yang memenuhi gradasi pada Tabel 3.2.

Pada agregat campuran tersebut ditambahkan aspal secukupnya sehingga diperoleh campuran yang memenuhi persyaratan. Kadar aspal yaitu persentase berat aspal terhadap campuran berkisar 4 – 7 persen. Kadar aspal yang tepat harus ditentukan berdasarkan pengujian cara Marshall sehingga didapatkan campuran yang memenuhi persyaratan sebagaimana disebutkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.4 Persyaratan Karakteristik Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat-sifat Campuran	AC		
	Satuan	Min	Max
VITM	%	3	5
Stabilitas	Kg	550	-
Flow	mm	2	4
Density	T/m	-	-
MQ	Kg/mm	200	350
Stabilitas Marshall Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60° c	Kg	75	-

Sumber : Petunjuk Pelaksanaan LASTON Untuk Jalan Raya SKBI –2.4.26.1987

3.5.3 Pemeriksaan Bahan

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

3.5.3.1 Pemeriksaan Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari lapis permukaan jalan yang mengandung 90-95 % agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan yang ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil dari campuran agregat dengan material lain. Adapun untuk mengetahui kualitas agregat dilakukan pemeriksaan sebagai berikut ini.

a. Pemeriksaan agregat Kasar

Agregat yang digunakan mempunyai bidang kasar, bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang dapat mengganggu proses pengikatan. Agregat yang digunakan berupa batu pecah dalam keadaan kering. Adapun pemeriksaannya sebagai berikut :

1. Pemeriksaan analisa saringan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 27 - 74 atau ASTM C – 136 - 46.

2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*Apparent*) dari agregat kasar.

Berat jenis (*bulk specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis kering - permukaan jenuh (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan keing pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 85 - 74 atau ASTM G - 127 - 68.

3. Pemeriksaan kelekatan terhadap aspal

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan permukaan agregat. Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T-182

4. Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin Los Angeles (PB-0206-76)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin Los Angeles. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat aus lewat saringan no.12 terhadap berat semula, dalam persen. Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 96 - 74 atau ASTM C – 131 - 55.

b. Pemeriksaan agregat halus

Agregat halus terdiri dari pasir bersih, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi dari keduanya dalam keadaan kering. Jenis pemeriksaan untuk agregat halus adalah :

1. Analisa saringan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan. Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 27 – 74 atau ASTM C – 136 – 46.

2. Berat jenis dan penyerapan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*Bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*Apparent*) dari agregat kasar.

Berat jenis (*bulk specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Berat jenis kering - permukaan jenuh (SSD) adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

Berat jenis semu (*Apparent Specivic Gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan keing pada suhu tertentu.

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 85 - 74 atau ASTM G - 127 - 68.

3.5.3.2 Pemeriksaan Filler

Khusus pada penelitian ini *filler* yang digunakan adalah dari bahan batu lintang dan abu batu yang lolos saringan no. 4 sampai tertahan saringan no.200 sesuai dengan petunjuk lapis aspal beton (Laston) SKBI-2.4.26.1987, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga. Pada Petunjuk Laston tersebut juga terdapat pemeriksaan untuk filler abu batu kapur, abu terbang, abu tanur semen, dan semen Portland.

3.5.3.3 Pemeriksaan Aspal

Pada aspal dilakukan beberapa pemeriksaan agar didapat kualitas aspal yang memenuhi spesifikasi.

Adapun pemeriksaan aspal antara lain :

1. Pemeriksaan Penetrasi

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan ini didasarkan pada PA-0301-76 atau AASHTO T49-80. Pemeriksaan ini dilakukan dengan cara memasukkan jarum penetrasi berdiameter 1 mm dengan menggunakan beban seberat 50 gram sehingga diperoleh beban gerak seberat 100 gram (berat jarum + beban) selama 5 detik

pada temperatur 25° C. Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang Pemeriksaan titik lembek dilakukan dengan mengikuti prosedur PA-0302-76 atau AASHTO T 53-81.

2. Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan menggunakan cincin yang terbuat dari kuningan dan bola baja. Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja dengan diameter 9,53 mm seberat \pm 3,5 gram yang diletakkan di atasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh melalui jarak 25,4 mm (1 inch). Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk bahan pengikat konstruksi perkerasan.

3. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan titik nyala mengikuti prosedur AASHTO T 48-81, yang berguna untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat di permukaan aspal, dan pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik. Pemeriksaan titik nyala perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pada pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

4. Pemeriksaan Daktilitas

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Pemeriksaan mengikuti prosedur PA-0306-76. Besarnya daktilitas aspal yang diisyaratkan adalah minimal 100 cm.

5. Pemeriksaan Kelarutan Bitumen dalam Karbon Tetra Clorida (CCL₄)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan jumlah bitumen yang dapat larut dalam Carbon Tetra Chlorid, jika semua bitumen yang diuji dalam larut dalam larutan CCl₄ maka bitumen tersebut adalah murni. Prosedur pemeriksaan mengikuti standar Bina Marga PA-0305-76.

6. Pemeriksaan Berat Jenis

Prosedur pemeriksaan berat jenis aspal mengikuti AASHTO T 228-79. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bitumen keras

dengan picnometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Peralatan yang digunakan adalah : thermometer, bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu dengan ketelitian $(25 \pm 0,1)^\circ \text{C}$, picnometer, air suling sebanyak 1000 cm^3 , dan bejana gelas. Berat jenis aspal diperlukan untuk perhitungan dalam analisa campuran.

7. Pemeriksaan Kehilangan Berat

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Prosedur pemeriksaan mengacu pada AASHTO T – 47 – 74 atau ASTM D – 6 – 69.

3.5.4 Absorpsi Aspal

$$\text{Absorpsi aspal} = 0,5 * (\% \text{ agregat kasar} * \text{abs. air agr. Kasar} + \text{agr. Sedang} * \text{abs. air agr. Sedang} + \% \text{ ag. Halus} * \text{abs. air agr. Halus} + \% \text{ filler} * \text{abs. air filler})$$

3.5.5 Penentuan Gradasi Campuran

Dalam penentuan gradasi campuran terlebih dahulu dilakukan penentuan terhadap gradasi tiap-tiap material yang memenuhi spesifikasi. Penentuan ini diperoleh melalui langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menghitung berat tertahan agregat pada masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
- b. Menghitung kumulatif berat tertahan agregat.
- c. Menghitung prosentase agregat tertahan pada masing-masing saringan terhadap berat total benda uji.
- d. Menghitung Prosentase lolos dengan rumus 100% dikurangi prosentase tertahan.
- e. Pekerjaan tersebut dilaksanakan untuk semua agregat, baik agregat kasar maupun agregat halus.
- f. Dari hasil perhitungan diatas didapat bahwa % lolos dari masing-masing agregat tidak memenuhi spesifikasi yang diharapkan, maka agregat tersebut perlu digabung terlebih dahulu sebelum digunakan.

- g. Membuat grafik gabungan agregat dengan cara agregat halus dicampur terlebih dahulu dengan perbandingan tertentu. Begitu pula dengan agregat kasar dicampur juga dengan perbandingan tertentu kemudian digabungkan sehingga diperoleh perbandingan antara agregat kasar dan halus. Pada grafik, nomor saringan sebagai absis dan prosentase lolos sebagai ordinat.
- h. Dari hasil penggabungan diperoleh perbandingan antara agregat halus dan agregat kasar serta komposisi agregat.
- i. Dari komposisi campuran diatas kemudian dicari prosen terhadap saringan dari masing-masing agregat dari tiap saringan kemudian digabungkan sehingga tampak bahwa hasil penggabungan kita masuk dalam spesifikasi atau tidak.

3.5.6 Pengujian

Dalam tugas akhir ini pengujian ini yang dilakukan mencakup pengaruh penggunaan *filler* batu lintang dan abu batu terhadap campuran Lapis Aspal Beton (Laston). Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *Marshall Test* dan *Immersion Test*.

3.5.6.1 Uji Marshall

Pengujian campuran ini menggunakan uji *Marshall* pada kadar aspal optimum yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik perkerasan. Berdasarkan pemeriksaan diperoleh nilai-nilai stabilitas, *flow*, VITM (*Void In The Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), *Marshall Quotient*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dianggap dalam keadaan standar. Bahan-bahan untuk penelitian ini, seperti agregat dan aspal dianggap memiliki kualitas yang homogen seperti pada hasil pengujian.

3.5.6.2 Uji Perendaman Marshall (*Immersion Test*)

Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^{\circ} \text{C}$

dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ \text{C}$. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) selama 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

3.5.7 Jumlah Benda Uji yang dibutuhkan

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk masing – masing variasi sampelnya, dengan demikian akan dibutuhkan benda uji :

Aspal (5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%)

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| 1. untuk <i>filler</i> batu lintang | = 3 x 5 = 15 buah |
| 2. untuk <i>filler</i> abu batu | = 3 x 5 = 15 buah |

Aspal optimum untuk fraksi batu lintang

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1. Tes <i>Marshall</i> | = 3 buah |
| 2. Tes <i>Immersion</i> | = 3 buah |

Aspal optimum untuk fraksi abu batu

- | | |
|-------------------------|----------|
| 1. Tes <i>Marshall</i> | = 3 buah |
| 2. Tes <i>Immersion</i> | = 3 buah |

Sehingga jumlah total benda uji = 42 buah

Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman di dalam *waterbath* yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^\circ \text{C}$ dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ \text{C}$. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (*Marshall*) selama 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

3.5.8 Analisa Hasil Pengujian

Setelah pengujian *Marshall* dilakukan terhadap seluruh benda uji, kemudian dilakukan analisis terhadap data yang telah diperoleh. Analisis data pengujian dilakukan dan didapatkan nilai-nilai *density*, stabilitas, VFWA, VITM, *flow*, dan *Marshall Quotient*, kemudian dibuat grafik hubungan antara variasi

kadar *additive* untuk nilai-nilai tersebut diatas. Berdasarkan pada grafik-grafik dan perbandingan dengan spesifikasi yang disyaratkan, ditentukan kadar aspal optimum untuk masing-masing campuran dengan cara rentang (*range*) kadar aspal yang memenuhi persyaratan mengenai *density*, stabilitas, VFWA, VITM, *flow* dan *Marshall Quotient*.

3.6 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 *filler* abu batu dan *filler* yang menggunakan batu lintang (kalsit). Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium adalah sebagai berikut:

1. tebal benda uji (mm)
2. berat kering / sebelum direndam (gram)
3. berat dalam keadaan SSD / jenuh (gram)
4. berat dalam air (gram)
5. pembacaan arloji stabilitas (lbs)
6. pembacaan arloji *flow* (mm)

Dari data-data di atas dapat dihitung harga-harga dari *density*, VITM, VFWA, stabilitas, dan *Marshall Quotient*. Cara perhitungannya adalah sebagai berikut ini

- a. Berat jenis aspal = (Berat / Volume)
- b. Berat jenis agregat, dan

Berat jenis agregat merupakan gabungan dari berat jenis agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Untuk memperoleh nilai berat jenis tersebut digunakan rumus (3.1) di bawah ini.

$$BJ \text{ agregat} = \frac{100}{(A/F1) + (B/F2) + (C/F3)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

A = Persentase agregat kasar, F1 = Berat jenis agregat kasar

B = Persentase agregat halus, F2 = Berat jenis agregat kasar

C = Persentase filler, F3 = Berat jenis filler

c. Berat Jenis teoritis campuran menggunakan rumus (3.2) di bawah ini.

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ_{\text{agregat}}} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ_{\text{aspal}}}} \quad (3.2)$$

Data hasil perhitungan di atas dipergunakan untuk mencari nilai-nilai dari:

1. 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. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (3.3) di bawah ini

$$S = p \times q \quad (3.3)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2. Kelelahan (*Flow*)

Flow menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan (sampai beban batas). Nilai ini langsung dapat dibaca dari pembacaan arloji kelelahan (*flow*) saat pengujian *Marshall*. Nilai *flow* pada arloji dalam satuan inch, maka harus dikonversikan dalam satuan millimeter.

3. Kepadatan (*Density*)

Nilai kepadatan / *density* dihitung dengan rumus (3.4) dan (3.5) di bawah ini

$$q = c / h \quad (3.4)$$

$$f = d - e \quad (3.5)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

4. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

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

Nilai VFWA dihitung dengan rumus (3.6) – (3.10) di bawah ini

$$\text{VFWA} = 100 \times \frac{i}{j} \quad (3.6)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.7)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (3.8)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (3.9)$$

$$l = 100 - j \quad (3.10)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

l = Persen rongga terisi aspal

l dan j = rumus substitusi

5. VITM (*Void In The Mix*)

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VITM dihitung dengan rumus (3.11) – (3.14) di bawah ini

$$\text{VITM} = (100 - i - j) \quad (3.11)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.12)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (3.13)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (3.14)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = *density*

i dan j = rumus substitusi

6. *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai dari *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus (3.15) di bawah ini

$$M = S / R \quad (3.15)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

R = Nilai *flow*

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.