

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Usaha pemerintah dalam meningkatkan pembangunan di bidang ekonomi maupun pariwisata juga akan meningkatkan pembangunan fisik berupa prasarana transportasi (jalan dan jembatan). Wujud dari usaha pemerintah tersebut adalah dengan adanya pembangunan dan perbaikan jalan yang ada di Indonesia. Pembangunan ini bertujuan untuk melancarkan sarana transportasi darat yang menghubungkan antar kota dengan kota lainnya. Untuk pembangunan jalan dengan klasifikasi tertentu maka diperlukan material aspal yang memiliki spesifikasi dan syarat tertentu.

Perkerasan jalan yang paling banyak di gunakan di Indonesia adalah lapisan aspal beton. Dan salah satu jenis dari aspal beton yang sering digunakan adalah aspal beton (Laston) (*AC/Asphalt Concrete*) lapisan aspal beton ini banyak di gunakan karena jenis perkerasannya memiliki nilai stabilitas dan fleksibilitas yang baik. Aspal beton (Laston) sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama di kenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaanya pun di Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Laston (*AC/Ashalt Concrete*) yang di buat sebagai campuran panas (*Hot Mix*) merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan konstruksi perkerasan yang paling umum digunakan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat suhu tertentu.

Bahan pengisi (*filler*) alam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Banyaknya bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton sangat dibatasi. Kebanyakan bahan pengisi, maka campuran akan sangat kaku dan mudah retak. Disamping memerlukan aspal yang banyak untuk memenuhi *workability*. Sebaliknya kekurangan baham pengisi campuran menjadi sangat lentur dan mudah tedeformasi oleh roda kendaraan sehingga menghasilkan jalan yang bergelombang. Karakteristik *filler* pada campuran perkerasan jalan adalah sebagai bahan pengisi rongga, meningkatkan daya ikat aspal beton, memperbaiki stabilitas campuran, dan meemperkecil keelehan atau penurunan.

Dengan judul studi “ANALISI PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH BATA MERAH SEBAGAI *FILLER* PADA PERKERASAN ASPAL BETON (AC-BC)” peneliti mencoba untuk menguji pengaruh bahan pengisi (*filler*) terhadap campuran lapis aspal beton dengan menggunakan limbah padat, yaitu batu sebagai *filler*. Dengan hasil penelitian ini, peneliti berharap dapat mengetahui pengaruh dari limbah bata terhadap campuran lapis aspal beton yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan pada lapisan perkerasan jalan dengan metode *marshall*.

1.2 Rumusan Masalah

Dari pembahasan latar belakang diatas, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penggunaan limbah bata sebagai *filler* menggantikan abu batu terhadap nilai-nilai dan karakteristik *marshall* dan mengetahui nilai persentase kadar aspal optimum (KAO) pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC).

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah bata merah.
2. Pada penelitian ini komposisi *filler* yang digunakan ada tiga variasi yakni, sampel dengan menggunakan 100% abu batu, 50% abu batu : 50% limbah bata merah dan 100% limbah bata merah.
3. Spesifikasi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal.
4. Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina.
5. Penelitian ini tidak memperhitungkan faktor ekonomis, workabilitas dan keawetan.
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin ditinjau dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah limbah bata merah dapat dijadikan sebagai bahan pengisi (*filler*).

2. Untuk mengetahui apakah penambahan limbah bata merah sebagai *filler* pada campuran perkerasan jalan aspal beton (Laston) (*AC/Asphalt Concrete*) dapat mempengaruhi nilai karakteristik *marshall*

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan limbah bata merah sebagai *filler* terhadap campuran lapisan aspal beton.
2. Diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai pengaruh penggunaan limbah bata merah sebagai *filler* pada aspal beton (Laston) (*AC/Asphalt Concrete*) terhadap karakteristik *marshall*.
3. Diharapkan dapat memberikan sumbangsih pemikiran dan wawasan bagi perencana konstruksi jalan tentang manfaat limbah bata merah sebagai *filler* pada campuran aspal beton (Laston) (*AC/Asphalt Concrete*)

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun tujuan sistematika penulisan ini adalah untuk memberikan gambaran secara garis besar isi setiap bab yang dibahas pada penyusunan tugas akhir ini. Sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

1. Bab I Pendahuluan

Pada bab ini diuraikan secara singkat mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini diuraikan mengenai istilah-istilah dan dasar-dasar teori yang berhubungan dengan penelitian yang peneliti ambil.

3. Bab III Metodologi Penelitian

Pada bab ini diuraikan langkah sistematis yang ditempuh untuk mencapai tujuan dari penelitian yang peneliti ambil. Metode penelitian memuat subjek penelitian, teknik pengumpulan data dan teknik analisis data.

4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini diuraikan mengenai hasil penelitian dan pembahasan dari penelitian mengenai limbah bata sebagai *filler* pada campuran aspal beton.

5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini berisikan kesimpulan berdasarkan analisa yang telah dibahas sebelumnya, pada bab ini juga ditulis saran-saran yang dapat bermanfaat untuk penyempurnaan dan kebaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai materi perekat (*coementitious*) berwarna atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada suhu ruang akan berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan meleleh bila dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku bila temperatur turun.

2.1.1 Jenis-Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas dua jenis yaitu:

1. Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam dan dapat dipergunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan.
2. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Adapun jenis-jenis aspal minyak adalah sebagai berikut:
 - a) Aspal keras/panas (*Asphalt Cement, AC*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk padat pada temperatur ruang antara 25°C - 30 °C. AC penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu lintasnya tinggi, sedangkan AC penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau volume lalu lintasnya rendah. Di Indonesia umumnya dipakai penetrasi 60/70 dan 80/100.
 - b) Aspal Dingin/Cair (*Cutback Asphalt*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair. Aspal ini dibuat dengan mencampur aspal keras/panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi yang berbentuk cair seperti minyak tanah, bensin atau solar.

c) Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*), adalah aspal yang lebih cair dari aspal cair yaitu campuran aspal, air dan bahan pengemulsi.

Pada penelitian ini akan digunakan *Asphalt Cement* penetrasi 60/70. Selain itu aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Ketentuan-ketentuan Untuk Aspal Keras Pen 60/70

Jenis Pengujian	Metoda pengujian	Persyaratan
Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
Daktalitas pada 25 °C, (cm)	SNI 2432:2011	≥100
Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen – komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Secara garis besar komposisi kimiawi aspal terdiri dari *asphaltenes*, *resins* dan *oils*. *asphaltenes* terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon, merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *heptane*. *Asphaltenes* menyebar di dalam larutan yang disebut *maltenes*. *Maltenes* larutan dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bahan yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*.

Maltenes merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperatur dan umur pelayanan. Durabilitas aspal merupakan fungsi dari ketahanan aspal terhadap perubahan mutu kimiawi selama proses pencampuran dengan agregat, masa pelayanan, dan proses pengerasan seiring waktu atau umur perkerasan. (Silvias, 2003:26)

2.1.2 Fungsi Aspal Sebagai Materi Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai materi perkerasan jalan berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu, penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat melalui campuran pada agregat sebelum dhamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat- agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelabuhan.

Fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar atau pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampurkan dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antara butir, dan meresap kedalam pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing- masing butir. Sedangkan pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, kemudian di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada proses ini aspal akan meresap ke dalam pori-pori antara butir agregat dibawahnya. Fungsi utamanya adalah menghasilkan lapisan perkerasan bagian atas yang kedap air dan tidak mengikat agregat sampai kebagian bawah.

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, dan mempunyai sifat adhesi dan kohesi yang baik. (Silvia S, 2003).

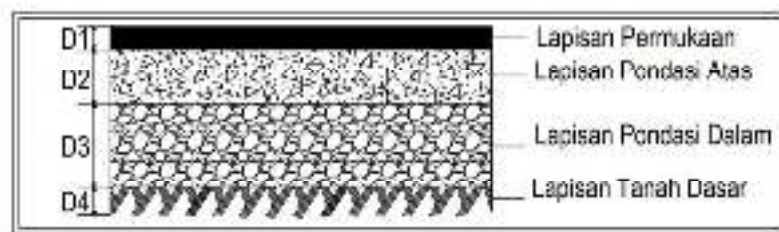
2.2 Beton Aspal

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi dan perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat

dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan – lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari (Sukirman S. 1999) :

- a. Lapis permukaan (*surface course*)
- b. Lapis pondasi atas (*base course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)
- d. Lapis tanah dasar (*subgrade*)

Susunan konstruksi perkerasan jalan dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut :



Gambar 2.1 Susunan konstruksi perkerasan jalan

Berdasarkan gambar di atas maka lapisan yang paling berat menerima beban adalah lapisan permukaan (*surface course*) yang kemudian didistribusikan ke lapisan di bawahnya.

Adapun jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tebal minimum AC-WC adalah 4 cm. lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan di bawahnya.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan tebal minimum AC-BC adalah 5 cm. lapisan ini membentuk lapisan pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete - Base*) dengan tebal minimum AC-Base adalah 6 cm. lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

Adapun sifat – sifat campuran untuk lapis aspal beton (Laston) sebagaimana diisyaratkan dalam tabel 2.2 berikut.

Tabel 2. 2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003) bahwa campuran dari aspal dan agregat yang direncanakan harus dapat memenuhi karakteristik tertentu agar dapat bertahan pada kondisi beban lalu lintas dan iklim sehingga dapat menghasilkan suatu perkerasan yang kuat, aman dan nyaman. Maka setiap campuran beton aspal (AC) harus memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan

beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas tinggi.

2. Keawetan (Durabilitas)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya *film* atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Kelenturan (Fleksibilitas)

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat terbuka dengan kadar aspal tinggi.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan / Tahanan Geser (*Skid resistance*)

Kekesatan atau ketahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun *slip*. Berikut faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan, yaitu :

- a) Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan

- b) Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
 - c) Gradasi agregat
 - d) Kepadatan campuran
 - e) Tebal *film* aspal
 - f) Ukuran maksimum butir agregat
6. Kedap Air (*Impermeabilitas*)

Kedap air atau *impermeabilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan *film*/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a) *Viscositas* aspal
- b) Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur
- c) Gradasi dan kondisi agregat

2.3 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. American Standart testing and Material (ASTM) 1974 mendefisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari butiran mineral padat berupa masa berupa besar ataupun berupa fragmen-fragmen

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan campuran lain. (Silvia S. 2003)

2.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar yang secara umum mempunyai ukuran lebih besar dari 0,234 mm. Dimana untuk campuran aspal panas secara umum baik itu aspal beton agregat kasar yang digunakan bisa berupa batu pecah atau krikil yang kering, kuat, awet dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Fraksi agregat kasar untuk campuran adalah tertahan ayakan no.4 (4,75 mm). Ketentuan agregat kasar yang dipakai di Indonesia untuk campuran aspal panas dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		200 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90	
	Lainnya		95/90	
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 5%	
	Lainnya		Maks. 10%	
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm). Untuk agregat halus terdiri dari bahan-bahan yang berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan yang berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran-kotoran atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki

Agregat bergradasi halus adalah agregat yang mempunyai butir yang berukuran dari yang kasar sampai yang halus tetapi agregat halusnya dominan. yang harus memenuhi persyaratan agregat halus sebagai berikut:

- 1) Agregat halus dari sumber manapun harus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4

- 2) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- 3) Agregat pecah halus harus ditumbuk secara terpisah.
- 4) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada

Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal

2.3.3 Gradasi Campuran Beton Aspal

Gradasi agregat merupakan salah satu sifat yang sangat menentukan kinerja atau daya tahan jalan. Setiap jenis perkerasan jalan mempunyai gradasi tertentu yang dapat dilihat di dalam setiap spesifikasi material perkerasan jalan. Menurut Silvia Surkirman (2003) gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Distribusi ini dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

a. Gradasi Seragam

Gradasi seragam adalah agregat yang mempunyai ukuran sama atau hampir sama. Agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering juga disebut agregat bergradasi terbuka.

b. Gradasi Senjang

Gradasi senjang merupakan gradasi dengan agregat yang tidak memiliki ukuran yang tak sama rata dan memiliki sela.

c. Gradasi Menerus

Gradasi menerus merupakan gradasi dengan agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering digunakan dalam lapis perkerasan lentur.

Gradasi agregat untuk campuran aspal panas ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2. 5 Amplop Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap agregat dalam campuran		
	Laston (AC)		
	WC	BC	Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90 – 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 - 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 - 38	13 – 30
0,600	14 -30	12 – 28	10 – 22
0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal

2.4 Bahan Pengisi (*filler*)

Filler adalah suatu bahan berbutir halus yang lewat ayakan No. 200 (0,075 mm). Bahan *filler* sendiri dapat berupa debu batu, kapur, semen *portland* atau bahan lainnya (Totomiharjo, Soeprapto. 1994). *Filler* mempunyai fungsi mempertinggi kepadatan dan stabilitas campuran, menambah jumlah titik kontak butiran, mengurangi jumlah butimen yang digunakan untuk mengisi rongga dalam campuran. Bahan pengisi (*filler*) pada campuran beraspal terutama Laston sebagai lapis permukaan jalan, merupakan salah satu komponen yang mempunyai presentase yang terkecil disamping aspal. Namun mempunyai fungsi yang sangat penting untuk memodifikasi gradasi agregat halus dalam campuran beraspal, sehingga kepadatan campuran bisa meningkat. Salah satu syarat *filler* untuk campuran beraspal yaitu bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral asbuton. Mineral asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 micron) tidak kurang dari 95% terhadap beratnya (sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal).

2.4.1 Limbah Bata Merah

Bata dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain, dibakar pada suhu tinggi hingga tidak hancur lagi bila direndam dalam air. Mula-mula tanah liat dibuat plastis dan dicetak dalam cetakan kayu atau baja. Tanah hasil cetakan itu kemudian dikeringkan, dan lalu dibakar sampai suhu tinggi. Akibatnya pembakaran itu bata tidak boleh berubah bentuk, jadi tetap segi empat

Bata yang baik sebagian besar terdiri atas pasir (*silika*) dan tanah liat (*almunia*), yang dicampur dalam perbandingan tertentu sedemikian rupa sehingga bila diberi sedikit air menjadi bersifat plastis. Sifat plastis ini penting agar tanah dapat dicetak dengan mudah, dikeringkan susut, retak-retak maupun melengkung.

Bata bila dihaluskan akan menjadi limbah bata merah. Serbuk itulah yang akan digunakan dalam penelitian ini.

2.5 Perencanaan Campuran

Untuk perencanaan campuran beraspal panas (Laston) dengan kepadatan mutlak, secara garis besar adalah melakukan pemilihan gradasi agregat campuran berdasarkan jenis dan fungsi campuran yang akan digunakan, serta melakukan penggabungan beberapa fraksi agregat dengan salah satu cara (cara analitis), kemudian hitung perkiraan kadar aspal rencana. Untuk rancangan campuran di laboratorium dipergunakan kadar aspal tengah/ideal dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (2.1)$$

Dimana :

Pb = kadar aspal

CA = agregat kasar, adalah % terhadap agregat tertahan saringan no.8

FA = agregat halus, adalah % terhadap agregat lolos saringan no.8 dan tertahan saringan no.200

F = bahan pengisi (*filler*), minimal 75% lolos no. 200

K = konstanta berkisar antara 0,5 – 1,0

Kadar aspal yang diperoleh dibulatkan mendekati angka 0,5% yang terdekat.

2.6 Volumetrik Campuran Beraspal

Volumetrik campuran beraspal yang dimaksud adalah volume benda uji campuran yang telah dipadatkan. Komponen campuran beraspal secara volumetrik tersebut adalah : volume rongga diantara mineral agregat (VMA), volume *bulk* campuran padat, volume campuran padat tanpa rongga, volume rongga terisi aspal (VFA), volume rongga dalam campuran (VIM), volume aspal yang diserap agregat, volume agregat berdasarkan berat jenis *bulk* dan volume agregat berdasarkan berat jenis efektif.

2.6.1 Rumusan dalam perhitungan Volumetrik

Perhitungan berat jenis dan volume rongga campuran beraspal adalah dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

1. Berat Jenis (*Speci Gravity*)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis *bulk* (*dry*), berat jenis *bulk* campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*).

a. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang kedap dan menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air serta volume yang sama pada suhu tertentu pula, yang dirumuskan:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{P_1/G_1 + P_2/G_2 + \dots + P_n/G_n} \quad (2.2)$$

Keterangan:

G_{sb} = berat jenis *bulk* total agregat

P_1, P_2, P_n = presentasi masing-masing fraksi agregat

G_1, G_2, G_n = berat jenis *bulk* masing-masing fraksi agregat

b. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan:

$$G_{se} = \frac{P_{se} - P_n}{P_{se}/G_{se} - P_n/G_n} \quad (2.3)$$

Keterangan:

- Gse = berat jenis efektif agregat
- Pmm = presentasi berat total campuran (=100)
- Gmm = berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol
- Pb = kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum
- Gb = berat jenis aspal

c. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_a/G_a + P_b/G_b}{100} \quad (2.4)$$

Keterangan:

- Gmm = berat jenis maksimum campuran agregat, rongga udara nol
- Pmm = presentasi berat total campuran (=100)
- Ps = kadar agregat persen terhadap berat total campuran
- Gse = berat jenis efektif agregat
- Gb = berat jenis aspal

2. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran yang dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad (2.5)$$

Keterangan:

- Pba = penyerapan aspal, % total agregat
- Gsb = berat jenis *bulk* agregat
- Gse = berat jenis efektif agregat
- Gb = berat jenis aspal

3. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{be} = P_b \times \frac{P_{ba}}{100} \times P_s \quad (2.6)$$

Keterangan:

P_{be} = kadar aspal efektif, % total agregat

P_b = kadar aspal % terhadap berat total campuran

P_{ba} = penyerapan aspal, % total agregat

P_s = kadar agregat, % terhadap berat total campuran

4. Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan:

a. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{sb} - G_{mb}}{G_{mb}} \quad (2.7a)$$

Keterangan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, % volume *bulk*

G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = berat jenis *bulk* campuran padat

P_s = kadar agregat, % terhadap berat total campuran

b. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{P_{be}}{P_b} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (2.7b)$$

Keterangan:

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = berat jenis *bulk* campuran padat

P_b = kadar aspal persen terhadap berat total campuran

5. Rongga di dalam Campuran (VIM)

Rongga udara di dalam campuran adalah campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan persamaan:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm} \times G_{mb}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

VIM = rongga dalam campuran, % total campuran

G_{mm} = berat jenis maksimum campuran agregat, rongga udara nol

G_{mb} = berat jenis *bulk* campuran padat

6. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan VFA dapat ditentukan dengan persamaan:

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.9)$$

Keterangan:

VFA = rongga terisi aspal, % VMA

VMA = rongga diantara mineral agregat, % volume *bulk*

VIM = rongga udara campuran, % total campuran

2.7 Metode Marshall

Metode *Marshall* bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *Marshall* ini terdiri dari uji *Marshall* dan parameter *Marshall* yaitu sebagai berikut :

1. Uji *Marshall*

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (500 *lbs*) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* standart berbentuk silinder berdiameter 4 *inchi* (10,16 cm) dan tinggi 2,5 *inchi* (6,35 cm).

Hasil uji akan menunjukkan karakteristik *Marshall* dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat-sifat campuran yaitu : kepadatan rongga diantara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam campuran

(VIM), rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak, stabilitas kelelehan serta *Marshall Quotient* (MQ).

2. Parameter pengujian *Marshall*

a. Kepadatan rongga dalam agregat (VMA)

Rongga dalam campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

b. Rongga terisi aspal (VFA)

VFA adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

c. Rongga dalam campuran (VIM)

Rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat.

d. Stabilitas *Marshall*

Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi yang permanen seperti gelombang alur ataupun *bleeding* yang dinyatakan dalam satuan kg atau *lbs*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

e. Kelelehan (*flow*)

Seperti cara memperoleh nilai stabilitas, nilai *flow* merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum *dial* (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang mempunyai kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya. Sedangkan nilai kelelehannya yang tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis.

f. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi dari stabilitas dengan kelelahan. Semakin tinggi MQ maka akan semakin tinggi kekakuan campuran dan semakin rentan terhadap kerusakan akibat adanya beban yang bekerja di atasnya. Karakteristik ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.11)$$

Dengan:

MQ = *Marshall Quotient*

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai *flow* (mm)

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Rahaditya Reza Dimas, (2012) melakukan penelitian tentang “*Analisa Pengaruh Penggunaan Limbah bata merah Sebagai Filler Pada Perkerasan Aspal Beton Jenis Hot Rolled Sheet – WEARING COURSE (HRS – WC)*”, dan hasil penelitian yang dilakukan, bahwa penggunaan *filler* limbah bata merah merah sebanyak 10% sebagai bahan pengisi dalam campuran HRS-WC dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga 1999 dengan kadar aspal optimum 6.5%
2. Anton, Syahputra dan Prasetyanto, Dwi 2005. Melakukan penelitian tentang “*Studi Penggunaan Bata Merah dan kapur tohor sebagai substitusui sebagian Filler pada Perkerasan HRS-A*”,. ITENAS, Bandung. Sebelum melakukan penelitian dilakukan uji pendahuluan dengan limbah bata merah merah sebagai *filler*. Pengujian berupa uji analisa saringan yang mengacu pada SNI 03-4142-1996 dengan syarat minimum 75% lolos saringan 0,075 mm (diajukan minimum 85%). Dan hasilnya didapat persentasi lolos saringan 0,75 adalah 98,3%, maka *filler* limbah bata merah merah dapat digunakan dalam penelitian ini.
3. Satria Arung Bangun Samodera, (2012). Melakukan penelitian tentang “*Penelitian Penambahan Limbah bata merah Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton*”,. Dari hasil pengujian, untuk penambahan serbuk batu bata merah pada campuran aspal beton mengalami penurunan nilai

stabilitas dan lain lain, masing-masing penurunannya dengan penambahan limbah bata merah merah yaitu antara lain 5% sebesar 289,992 kg, 10% sebesar 2248,822 kg, 20% sebesar 1574,782 kg. Penambahan serbuk batu bata merah pada campuran aspal beton dengan persentasi 5%, 10%, dan 20% menghasilkan volume rongga udara terhadap campuran (VIM) yaitu antara lain 8,481%, 9,444% dan 8,334%. Untuk mencapai presentasi optimum, maka campuran serbuk batu bata merah pada aspal beton berkisar antara 5,5% - 7,5%. Dari hasil ini, disimpulkan bahwa penambahan serbuk batu bata merah pada campuran aspal beton tidak disarankan untuk aspal kelas 1 karena tidak sesuai dengan syarat-syarat yang ditentukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini meliputi pengujian material, pembuatan sampel uji, dan pengujian *Marshall* dengan panduan standar pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal. Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal.

1. Agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus
2. Aspal

Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina.

3. *Filler* (Bahan Pengisi)

Penelitian ini berupa eksperimen dari penggantian *filler* yang dikombinasikan. Terdapat dua jenis *filler* yang dipakai adalah :

- a. Abu batu

Abu batu digunakan sebagai bahan utama *filler*.

- b. Limbah bata merah Merah

Limbah bata merah Merah digunakan sebagai bahan pengganti *filler* :

1. Sumber Bahan

Limbah bata merah merah dikumpulkan dari sisa-sisa bangunan yang tidak terpakai.

2. Tahap Pengolahan

- a. Siapkan alat : palu dan karung bekas sebagai tempat batu akan di tumbuk.
- b. Tumbuk bata merah sampai halus hingga menjadi serbuk.
- c. Setelah bata merah menjadi serbuk, lalu disaring dengan saringan nomor 200. Limbah bata merah merah yang lolos saringan nomor 200 dipakai sebagai pengganti *filler* abu batu.

3.3 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari:
 - a. Satu set mesin uji *Los Angeles*.
 - b. Satu set alat uji saringan (terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, no.200).
 - c. Satu set mesin getar untuk saringan (*sieve shaker*).
2. Oven dan pengatur suhu.
3. Timbangan dan termometer.
4. Alat pembuat *briket* campuran aspal hangat terdiri dari :
 - a. Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
 - b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18")
 - c. Satu set alat pengangkat *brike* (dongkrak hidrolis).
5. *Water bath* (bak perendam).
6. Satu set alat *Marshall*, terdiri dari :
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*).
 - b. Cincin penguji berkapasitas 2500 kg dengan arloji tekan.
 - c. Arloji penunjuk kelelahan.
7. Alat penunjang lainnya seperti panci, kompor, sendok, spatula, kunci pas, obeng, *roll* kabel, wajan, spidol atau tipe-x.

3.4 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir. Adapun prosedur penelitian meliputi :

3.4.1 Persiapan

Pada tahap ini persiapan yang dilakukan adalah persiapan bahan seperti : persiapan agregat, aspal, *filler*, limbah bata merah dan mendatangkan bahan – bahan tersebut ke Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan serta mempersiapkan peralatan yang akan digunakan.

3.4.2 Pengujian Bahan

Sebelum material digunakan dalam penelitian, terlebih dahulu dilakukan pengujian bahan agar memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Pengujian bahan dilakukan untuk pemeriksaan material yang akan digunakan diantaranya : pengujian agregat, dan pengujian bahan pengisi (*filler*), dan pengujian aspal mengikuti prosedur pemeriksaan sesuai standart yang telah ditetapkan.

3.4.3 Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran adalah analisa perhitungan komposisi campuran material dari tiap nomor saringan, sehingga didapat komposisi campuran agregat yang diharapkan. Pemilihan gradasi agregat campuran sangat penting bagi kinerja perkerasan jalan. Untuk itu, dalam pemilihan gradasi agregat campuran ini harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan.

Langkah-langkah dalam merencanakan campuran aspal adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung presentase kombinasi masing-masing agregat terdiri dari tiga fraksi (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) tiap kelompok benda uji. Dalam memperoleh presentase gradasi yang ingin digunakan maka akan digunakan Tabel 2.5 Amplop Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal (AC-BC).
- b. Menentukan kadar aspal yang digunakan pada campuran. Pada penelitian ini, peneliti langsung menentukan kadar aspal yang akan digunakan pada campuran benda uji yaitu 5%, 6%, dan 7%.
- c. Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya menghitung berat jenis maksimum (BJ Max) dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
- d. Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat dan menghitung kebutuhan agregat tiap sampel berdasarkan persentase tertahan.

3.4.4 Pembuatan Benda Uji

a) Benda Uji

Pada penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 18 buah untuk mencari KAO dan 6 buah setelah didapat KAO. Dimana tiap varian kadar *filler* (limbah bata merah) dibuat 2 buah sampel untuk mencari nilai rata-ratanya. Adapun kebutuhan benda uji tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Benda Uji

Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji Pada Setiap Komposisi <i>Filler</i>		
	100% abu batu	50% abu batu : 50% limbah bata merah	100% limbah bata merah
5	2	2	2
6	2	2	2
7	2	2	2
Jumlah Benda Uji	18 Buah Benda Uji		

b) Prosedur Pembuatan Benda Uji

Pencampuran dilakukan secara manual sesuai prosedur metode *Marshall*. Dengan cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm. Pemasakan dilakukan dengan tumbukan tiap sisi (atas dan bawah) dengan menggunakan alat *Marshall Automatic Compactor*. Berikut langkah – langkahnya:

1. Menimbang agregat sesuai dengan presentase agregat campuran yang telah dihitung. Kemudian keringkan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap pada suhu $(150 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
2. Memanaskan aspal untuk pencampuran agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan diatas pemanas dan diaduk hingga rata.
3. Setelah temperatur pepadatan tercapai, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan (*mold*) yang telah dipanasi (100°C hingga 170°C) dan diolesi pelumas terlebih dahulu, serta bagian bawah cetakan diberi sepotong kertas yang telah dipotong sesuai diameter *mold*, sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali dibagian tepi dan 10 kali dibagian tengah.

4. Pemadatan standar dilakukan dengan alat *Marshall Automatic Compactor* dengan jumlah tumbukan 75 kali dibagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
5. Setelah proses pemadatan selesai, benda uji didiamkan agar suhunya turun. Setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan *ejektor* dan diberi kode.
6. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm di ke empat sisi benda uji dan ditimbang beratnya di udara.
7. Benda uji direndam dalam air selama 10-24 jam supaya jenuh.
8. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air.
9. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering permukaan jenuh (*saturate surface dry*, SSD) kemudian ditimbang.

c) Pengujian dengan Alat *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan stabilitas terhadap *flow* dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T-245-9. Berikut langkah – langkah pengujian dengan alat *marshall* :

1. Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 hingga 40 menit.
2. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
3. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam. Letakkan benda uji tepat ditengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelehan (*flowmeter*) dipasang pada dudukan di atas satu batang penuntun. Dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam ke kepala penekan tidak boleh melebihi 30 detik.

4. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan (*flowmeter*) pada angka nol.
5. Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 *inch*) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan (*flowmeter*).
6. Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.

d) Menghitung Parameter *Marshall*

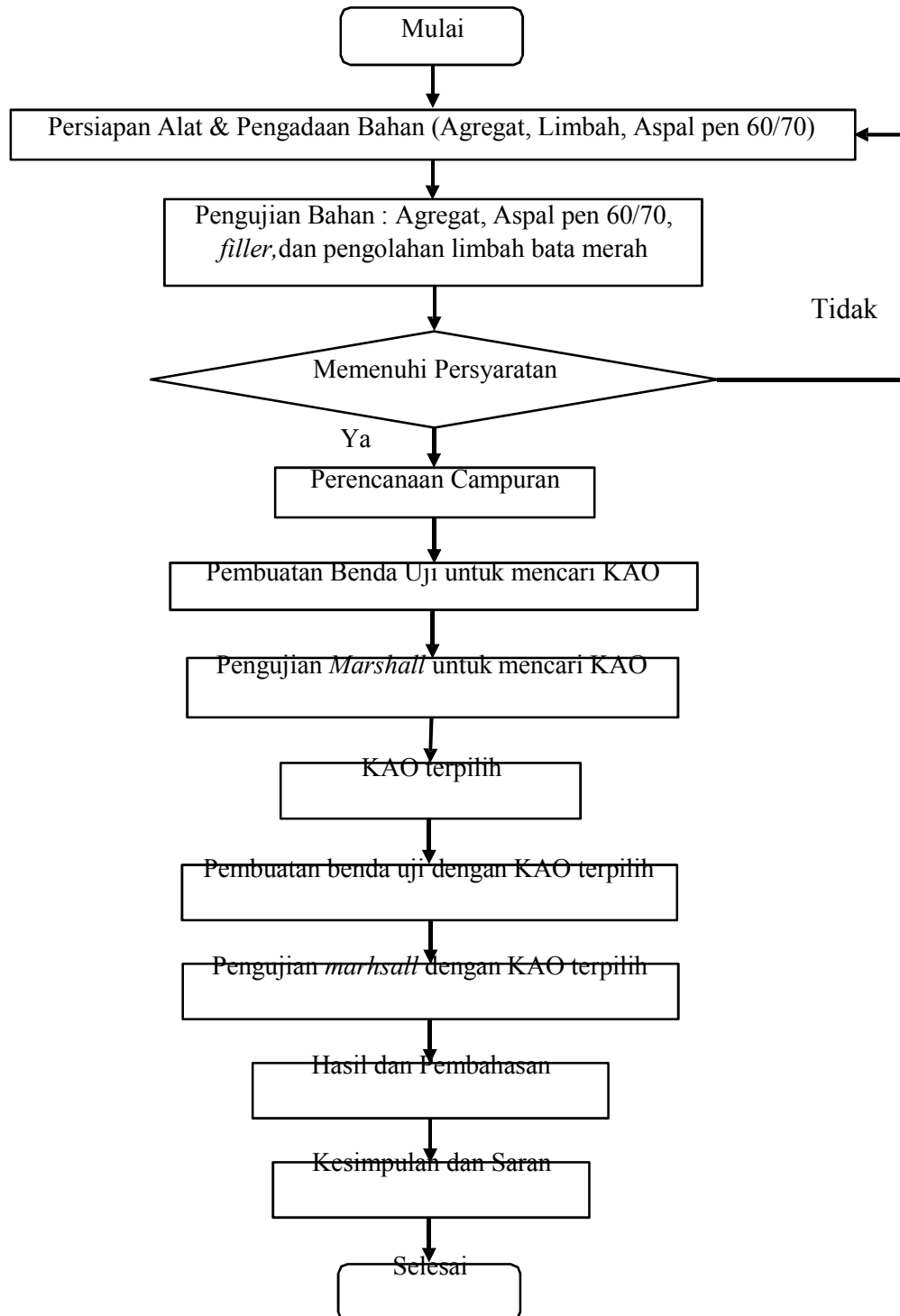
Setelah pengujian dengan alat *Marshall* selesai serta didapatkan nilai stabilitas dan *flow*, kemudian menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VFA, VMA, dan *Marshall Quotient* (MQ).

e) Pembahasan dan Analisa Hasil

Dari data hasil penelitian yang didapat dibuat dengan metode tabel dan grafik untuk memperoleh hubungan antara penggantian *filler* abu batu dengan *filler* limbah bata merah terhadap karakteristik *Marshall*

3.5 Diagram Alur Penelitian

Dari prosedur yang telah dijelaskan di atas dibuat diagram alur penelitian seperti Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian