

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

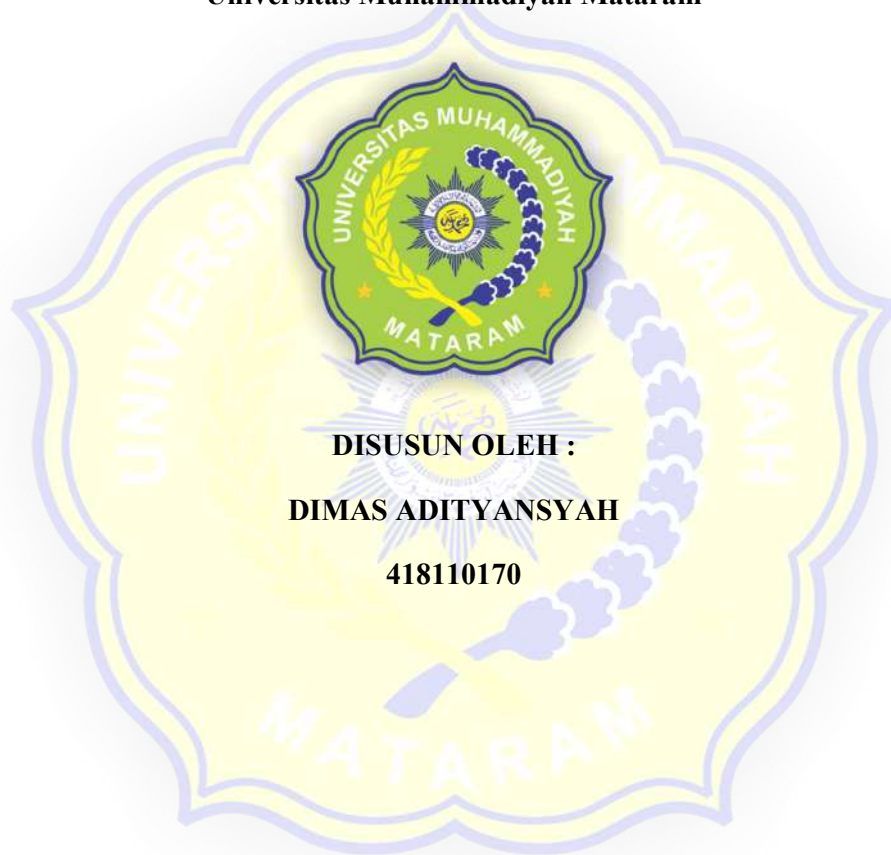
**PENGARUH VARIASI SUHU PENCAMPURAN PADA CAMPURAN
LAPIS AC-WC TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

TAHUN 2022

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

**Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran Pada Campuran Lapis AC-WC
Terhadap Nilai Karakteristik Marshall**

Disusun Oleh :

DIMAS ADITYANSYAH

418110170

Mataram, 7 Juni 2022

Pembimbing I



Titik Wahyuningsih, ST.,MT.
NIDN : 0819097401

Pembimbing II



Anwar Efendy, ST.,MT.
NIDN : 0811079502

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK



Dekan,

Mewakili Wakil Dekan I

Faniz Primadi Hirsan, ST.,MI
NIDN 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT
NIDN : 0824017501



**HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI SUHU PENCAAMPURAN PADA CAMPURAN
LAPIS AC-WC TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : DIMAS ADITYANSYAH

NIM : 418110170

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada Tanggal : 21 Juni 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

- Penguji I : Titik Wahyuningsih, ST.,MT.
Penguji II : Adryan Fitrayudha, ST.,MT.
Penguji III : Ari Ramadhan Hidayat, ST.,M. Eng.



Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



**Dekan,
Mewakili Wakil Dekan I.**

**Fariz Ridhadi Hirsan, ST.,MT
NIDN. 0804118001
Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST.,MT
NIDN : 0824017501**



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“PENGARUH VARIASI PENCAMPURAN PADA CAMPURAN LAPIS AC-WC TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 5 September 2022

Yang Membuat Pernyataan



DIMAS ADITYANSYAH

NIM: 418110170



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DIMAS ADITYANSYAH.....
 NIM : 418110170.....
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 17 NOVEMBER 1999.....
 Program Studi : TEKNIK SIPIL.....
 Fakultas : TEKNIK.....
 No. Hp : 085 961 125 340.....
 Email : amaqdulajis045@gmail.com.....

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

PENGARUH VARIASI SUHU PENCAMPURAN PADA CAMPURAN LAPIS AC-WC TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 47

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 5 September.....2022
 Penulis


 DIMAS ADITYANSYAH
 NIM. 418110170

Mengetahui,
 Kepala UPT Perpustakaan UMMAT


 Iskandar, S.Sos., M.A.
 NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : DIMAS ADITYANSYAH.....
 NIM : 418110170.....
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 17 NOVEMBER 1999.....
 Program Studi : TEKNIK SIPIL.....
 Fakultas : TEKNIK.....
 No. Hp/Email : 085961125340 / amadulakijes045@gmail.com.....
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

...PENGARUH VARIASI SUHU PENCAMPURAN PADA CAMPURAN LAPIS AC-UK TERHADAP...
 ...NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL.....

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 5 September.....2022

Penulis

Mengetahui,

Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



DIMAS ADITYANSYAH.....
 NIM. 418110170



Iskandar, S.Sos.,M.A.
 NIDN. 0802048904

MOTTO

Ilmu ada tiga tahapan. Jika seseorang memasuki tahapan pertama, dia akan sombong. Jika dia memasuki tahapan kedua, maka dia akan rendah hati. Jika dia memasuki tahapan ketiga, maka dia akan merasa bahwa dirinya tidak ada apa-apanya.

(Umar Bin Khattab R.A)



KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT Allah SWT dan atas rahmat serta karuninya sehingga Skripsi (Tugas Akhir) dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran Pada Campuran Lapis AC-WC Terhadap Nilai Karakteristik Marshall” dapat terselesaikan. Skripsi ini diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Mataram, 2 Juni 2022

Dimas Adityansyah

418110170

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya terutama kepada :

1. Kedua Orang Tua saya tercinta Bapak Sukarno, S.Pd dan Ibu Sri Rezekiana Harini, SH. yang selalu mendukung dan mendoakan saya disetiap waktunya.
2. Bapak Dr. Eng. Islamy Rusyda, ST., M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Ibu Agustini Ernawati, ST., M.Tech., selaku Ketua Program studi Teknik sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku dosen pembimbing utama.
5. Bapak Anwar Efendy, ST., MT., selaku dosen pembimbing pendamping.
6. Keluarga tercinta, Keluarga Besar H. M. Hasan Yadahri, SH.
7. Petugas Laboratorium Pengujian Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, Provinsi NTB
8. Kerabat dan Sahabat tercinta, Miftahul Jannah, Ismail Fahmi, M. Nova Aryanto, Wahyu Muhammad Yusuf, Abdul Kadir Jaelani, Muhammad Nurdin, Alfian Hardianto, dan Juanda Satria Guntara yang telah membantu selama Penyusunan Skripsi.

ABSTRAK

Jalan raya adalah jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang sengaja dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang-barang dari tempat yang satu ke tempat yang lainnya dengan cepat dan mudah. Jalan raya terdiri dari 4 lapisan yang bersusun, yaitu Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*), Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), Lapis Antara (*Binder Course*), dan Lapis Aus (*Wearing Course*). *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) atau biasa dikenal Lapisan Aus merupakan jenis Lapisan Aspal Beton (LASTON) dan juga lapis paling atas yang ada pada perkerasan jalan raya. Lapisan ini berfungsi sebagai penahan beban roda kendaraan sehingga rentan terjadinya kerusakan yang dapat disebabkan oleh beban yang terlalu berlebih atau pada campurannya. Kerusakan jalan dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya air, perubahan suhu, cuaca, temperatur udara, material konstruksi perkerasan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, proses pemadatan di atas lapisan tanah dasar yang kurang baik dan tonase atau muatan kendaraan-kendaraan berat yang melebihi kapasitas serta volume kendaraan yang semakin meningkat. Oleh Karena itu, perlu dikaji tentang pengaruh suhu terhadap Nilai Karakteristik Marshall.

Dari hasil percobaan yang dilakukan bahwa nilai kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan adalah kadar aspal 6,1%. Variasi suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C karena pada pekerjaan di lapangan variasi suhu tersebut sering ditemukan namun tetap digunakan walaupun sudah tidak sesuai dengan standar suhu pencampuran pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yaitu pada suhu 155°C maupun pemadatan yaitu 125°C-145°C.

Dari hasil pengujian didapatkan Nilai stabilitas optimum pada variasi suhu 155°C, Sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi suhu 170°C, nilai flow menunjukkan seiring bertambahnya suhu semakin tinggi nilai flow, nilai marshall quotient optimum pada variasi suhu 155°C sebesar 494 Kg/mm, sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi suhu 165°C sebesar 277 Kg/mm, nilai VMA optimum terdapat pada suhu 175 °C sebesar 22,12 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada suhu 145 °C sebesar 11,81 %, nilai VIM tertinggi terdapat pada suhu 175 °C sebesar 13,64 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada suhu 145 °C sebesar 2,22 %, dan nilai VFA tertinggi terdapat pada suhu 145°C sebesar 81,23 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada suhu 175°C sebesar 38,32 %.

Kata Kunci : Jalan Raya, Variasi Suhu, AC-WC, Marshall

ABSTRACT

Highways are land roads above the surface of the ground that have been purposefully created by humans with specific designs, sizes, and constructions to direct traffic of people, animals, and vehicles that convey things quickly and easily. The Lower Foundation Course (Subbase Course), Upper Foundation Layer (Base Course), Intermediate Layer (Binder Course), and Aus Layer (Wearing Course) are the four levels that make up the roadway. The top layer of highway pavements is known as the Aus Layer or Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), a form of Asphalt Concrete Wearing Course (LASTON). This layer acts as a barrier to the weight on the wheels of the vehicle, leaving it open to harm from excessive loads or the mixture. Road damage can be brought on by a number of things, such as water, temperature changes, weather, air temperature, pavement construction materials, subgrade conditions that are unstable, poor compaction above the subgrade, and the tonnage or load of heavy vehicles that exceeds rising vehicle volumes and capacity. Consequently, it is essential to research how temperature affects the Marshall Characteristic Value.

According to the findings of the research, 6.1% asphalt percentage is the ideal asphalt content (KAO). The temperature ranges used in this study were 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C and 175°C because they are frequently encountered in field work but are still employed, despite not meeting the mixing temperature standard in the 2018 Highways Specification, which is 155°C, and compaction is at 125°C-145°C.

According to the test results, a temperature variation of 155°C produced the highest stability value, while a change of 170°C produced the lowest value. The flow value demonstrates that as the temperature rises, the flow value rises as well. The maximum marshall quotient value is 494 Kg/mm at a temperature difference of 155°C, while the minimum value is 277 Kg/mm at a temperature variation of 165°C. The least VMA value is at 145 °C, where it is 11.81%, and the maximum value is at 175 °C, where it is 22.12%. The highest VIM value is at 175 °C, where it is 13.64%, while the lowest value is at 145 °C, where it is 2.22%. The highest VFA value is at 145 °C, where it is 81.23%, and the lowest value is at 175 °C, where it is 38.32%.

Keywords: Highway, Temperature Variation, AC-WC, Marshall



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS.....	iv
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Penulisan.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Perkerasan Jalan	4
2.2 Lapisan Aspal Beton	5
2.3 Bahan Penyusun Perkerasan	8
2.3.1 Agregat	8
2.3.1.1 Agregat Kasar	8
2.3.1.2 Agregat Halus	9
2.3.2 Aspal	11
2.4 Gradasi	12
2.5 Suhu / Temperatur	14
2.6 Sifat Volumetric Campuran Aspal Beton	15
2.7 Uji Marshall	17
2.8 Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Rancangan Penelitian	25
3.2 Alat Dan Bahan	25
3.3 Lokasi Penelitian.....	29
3.4 Tahapan Penelitian	30
3.4.1 Tahap Persiapan	30
3.4.2 Tahap Pembuatan Benda Uji.....	30
3.4.3 Tahap Pengujian Material	31
3.4.4 Tahap Analisa Data	35
3.5 Diagram Alir	36
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil Pengujian Material	37
4.2 Penentuan Gradasi Agregat	38
4.3 Perhitungan Campuran Dan Penentuan Kadar Aspal Optimum Rencana <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> Untuk Menentukan KAO	39

4.4	Penentuan Proporsi Campuran Benda Uji <i>Asphalt Concrete</i> – <i>Wearing Course</i>	43
4.5	Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Suhu Pencampuran Campuran Lapis <i>Asphalt Concrete</i> – <i>Wearing Course</i>	44
4.5.1	VMA (<i>Void in Mineral Agregate</i>)	47
4.5.2	VFA (<i>Void Filled by Asphalt</i>).....	48
4.5.3	VIM (<i>Void In Mix</i>).....	50
4.5.4	Stabilitas (<i>Stability</i>)	51
4.5.5	MQ (<i>Marshall Quotient</i>)	52
4.5.6	Kelelahan Plastis (<i>Flow</i>).....	53
BAB V PENUTUP		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	57
Daftar Pustaka		59
Lampiran		

DAFTAR TABEL

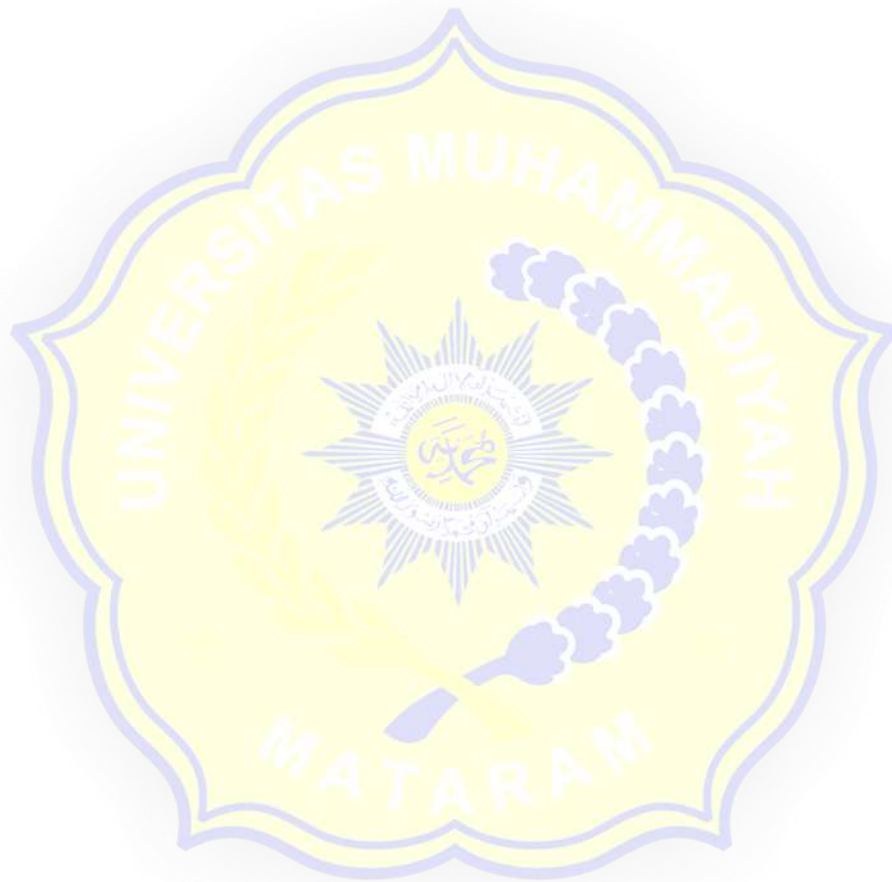
- Tabel 2.1 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku
- Tabel 2.2 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton
- Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar
- Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus
- Tabel 2.5 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal
- Tabel 2.6 Ketentuan viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pepadatan
- Tabel 2.7 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas Marshall
- Tabel 3.1 Rincian variasi suhu dan banyak sampel
- Tabel 3.2 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas Marshall
- Tabel 4.1 Hasil Pengujian Aspal
- Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Lolos Saringan 3/8
- Tabel 4.3 Hasil Pengujian Agregat Lolos Saringan 3/4
- Tabel 4.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Abu Batu
- Tabel 4.5 Persentase Agregat Campuran
- Tabel 4.6 Hasil Pengujian Marshall
- Tabel 4.7 Proporsi Campuran Benda Uji
- Tabel 4.8 Hasil pengujian VMA (*Void in Mineral Agregate*)/Rongga Dalam Mineral Agregat
- Tabel 4.9 Hasil pengujian VFA (*Void Filled by Asphalt*)/ Rongga terisi aspal
- Tabel 4.10 Hasil pengujian VIM (*Void In Mix*)/ Rongga dalam campuran

Tabel 4.11 Hasil pengujian stabilitas

Tabel 4.12 Hasil pengujian Marshall Quotient

Tabel 4.13 Hasil pengujian *Flow*

Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Cetakan benda uji

Gambar 3.2 Alat penumbuk manual

Gambar 3.3 Alat pengeluaran benda uji

Gambar 3.4 Alat Marshall

Gambar 3.5 Bak perendam (*Water Bath*)

Gambar 3.6 Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram

Gambar 3.7 Pengukur suhu dari logam (*Metal Thermometer*)

Gambar 3.8 Aspal Cair

Gambar 3.9 Agregat kasar dan agregat halus

Gambar 3.10 Air

Gambar 3.11 Lokasi Penelitian

Gambar 3.12 Bagan Alir Penelitian

Gambar 4.1 Grafik Persentase Gradasi Agregat

Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian VMA (*Void in Mineral Agregate*)/Rongga Dalam Mineral Agregat.

Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian VFA (*Void Filled by Asphalt*)/Rongga Terisi Aspal

Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian VIM (*Void in The Mix*)/Rongga dalam campuran

Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Stabilitas Marshall

Gambar 4.6 Grafik Perhitungan Kadar Aspal Optimum

Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengujian VMA (*Void in Mineral Agregate*)/Rongga Dalam Mineral Agregat dengan variasi suhu pencampuran

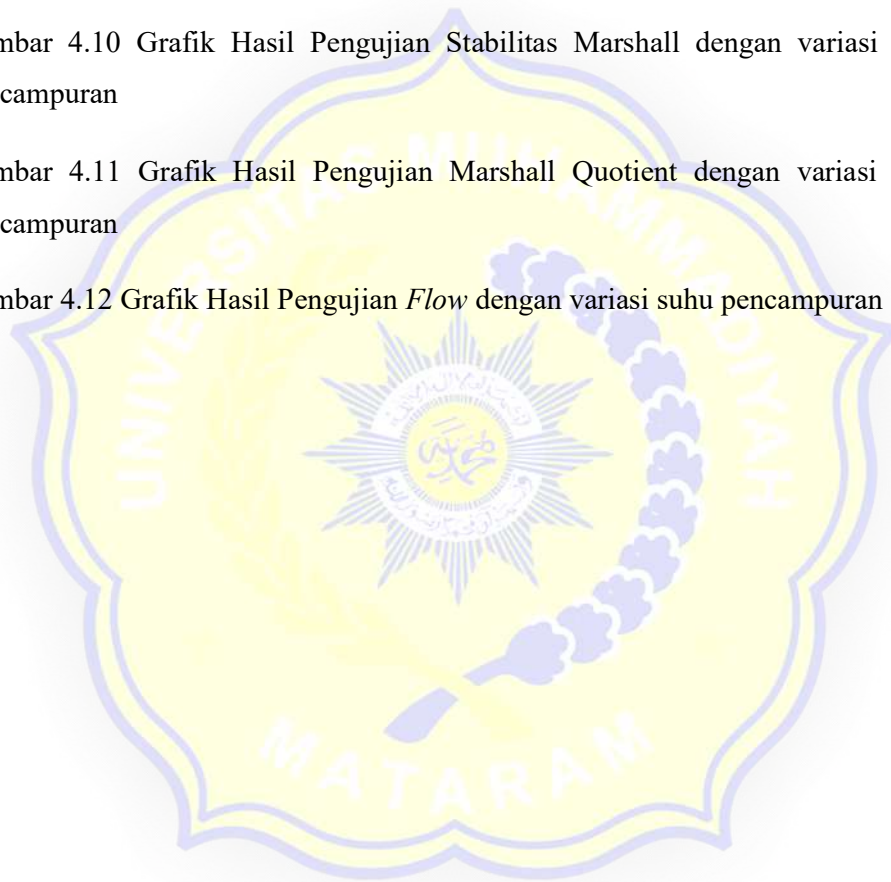
Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian VFA (*Void Filled by Asphalt*)/Rongga Terisi Aspal dengan variasi suhu pencampuran

Gambar 4.9 Grafik Hasil Pengujian VIM (*Void In Mix*)/Rongga dalam campuran dengan variasi suhu pencampuran

Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian Stabilitas Marshall dengan variasi suhu pencampuran

Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengujian Marshall Quotient dengan variasi suhu pencampuran

Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian *Flow* dengan variasi suhu pencampuran



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :

- Hasil Pengujian Material
- Hasil Pengujian Marshall

Lampiran 2 :

- Lembar Asistensi

Lampiran 3 :

- Dokumentasi Penelitian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam memudahkan kegiatan sehari-hari, transportasi dilakukan oleh manusia. Transportasi ialah proses dari satu lokasi dengan menggunakan kendaraan yang digerakkan oleh manusia atau mesin ke lokasi lain (Salim, 2000). Negara berkembang seperti Indonesia, transportasi darat sangatlah diperlukan, dikarenakan Indonesia adalah negara kepulauan dengan adanya pulau-pulau besar (Sumatra, Kalimantan, Jawa, Sulawesi, dan Papua). Dengan adanya peningkatan dan perkembangan penduduk Indonesia, maka kebutuhan kendaraan akan bertambah pula. Menurut sensus Badan Pusat Statistika, di Indonesia tercatat sebanyak 237.556.363 penduduk pada bulan Agustus 2010. Sedangkan, pada tahun 2020 (SP2020) tercatat sejumlah 270,20 juta penduduk pada bulan September 2020. Hal ini mengakibatkan tingginya mobilitas dan memerlukan sarana dan prasarana penunjang mobilitas disetiap daerah. Oleh karena itu, dalam menciptakan transportasi darat yang memadai, harus memiliki prasarana yang baik pula, yaitu jalan raya.

Jalan raya ialah jalur-jalur yang dibuat di atas permukaan bumi dengan dimensi, bentuk, dan penyusunnya oleh manusia sehingga dapat dipakai dalam menunjang transportasi darat dari satu tempat yang membawa manusia atau barang dengan cepat dan mudah ke tempat yang lainnya (Sukirman, 1994). Jalan raya terdiri dari 4 permukaan yang bersusun, yaitu Lapis Fondasi Bawah (*Subbase Course*), Lapis Fondasi Atas (*Base Course*), Lapis Antara (*Binder Course*), dan Lapis Aus (*Wearing Course*). Lapisan yang terletak diantara tanah dasar dan lapis fondasi atas adalah Lapisan Fondasi Bawah (*Subbase Course*). Lapis fondasi bawah biasanya digunakan lapisan agregat kelas B, agregat yang digunakan berupa agregat kasar terdiri dari batu kerikil yang awet dan keras. Fungsi dari Lapis Fondasi Bawah yaitu

meneruskan beban kendaraan menuju tanah dasar, lapisan pada tanah dasar yang menahan agar partikel-partikel halus tidak naik ke lapis fondasi atas, dan lapis resap air tanah agar tidak diam di fondasi.

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) atau Lapisan Aus merupakan jenis Lapisan Aspal Beton (LASTON) dan juga lapis paling atas yang ada pada perkerasan jalan raya. AC-WC berfungsi menahan beban kendaraan sehingga rentan terjadinya kerusakan yang dapat disebabkan oleh beban yang terlalu berlebih atau pada campurannya. Kerusakan jalan diakibatkan oleh beberapa penyebab, diantaranya temperatur udara, cuaca, air, kondisi tanah dasar, proses pemadatan tanah dasar yang tidak baik, material perkerasan, maupun beban kendaraan yang melampaui kapasitas, dan volume kendaraan yang terus meningkat. Suhu Pencampuran merupakan salah satu aspek yang menentukan kekuatan dari campuran perkerasan jalan raya, sehingga perlu dilakukan penelitian terkait dengan variasi suhu pencampuran campuran beraspal.

Penelitian ini, menggunakan variasi suhu 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C karena pada pekerjaan di lapangan variasi suhu tersebut sering ditemukan namun tetap digunakan walaupun sudah tidak sesuai dengan standar suhu pencampuran. Standar suhu pencampuran sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 yaitu suhu 155°C dan pemadatan yaitu 125°C-145°C.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah nilai karakteristik Marshall pada variasi suhu pencampuran 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C ?
2. Bagaimana suhu optimum yang memenuhi Karakteristik Marshall pada variasi suhu pencampuran 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang bisa didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai karakteristik Marshall pada variasi suhu pencampuran 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C
2. Mengetahui nilai Karakteristik Marshall yang memenuhi syarat pada variasi campuran 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C.

1.4 Ruang Lingkup Dan Batasan Penulisan

Agar penulisan dapat terstruktur, sehingga studi bisa spesifik dan mudah dipahami , sehingga perlu Batasan masalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan pengaruh variasi suhu pencampuran terhadap nilai karakteristik Marshall.
2. Pengujian dilakukan menggunakan variasi temperatur pencampuran 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C.
3. Campuran Benda uji yang digunakan yaitu *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2018.
4. Nilai Marshal : Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient (MQ).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Sukirman (2003), bagian jalan raya yang diperkuat dengan lapisan khusus disebut dengan Perkerasan jalan raya, Perkerasan jalan raya memiliki kekuatan, ketebalan, kekakuan, dan kestabilan khusus sehingga menyalurkan beban kendaraan dari lapis permukaan menuju tanah dasar dengan aman. Lapis yang berada diantara lapisan tanah dasar dengan roda kendaraan berfungsi melayani transportasi dan direncanakan agar tidak terjadi kerusakan. Perkerasan jalan adalah hasil pencampuran bahan pengikat dengan agregat dengan tujuan menahan beban kendaraan di atasnya. Agregat yang digunakan antara lain adalah batu kali, batu belah, batu pecah, atau sisa dari peleburan baja. Sebagai pengikatnya digunakan antara lain semen, aspal, atau tanah liat. Jalan raya dibedakan atas 3 (tiga) jenis menurut bahan pengikatnya, yaitu:

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) merupakan hasil campuran bahan pengikat (aspal, tanah liat) dengan agregat. Perkerasan ini terbagi atas 3 lapisan yaitu lapisan tanah (*subgrade*), lapisan Fondasi bawah (*subbase*), lapisan fondasi (*base*) dan lapisan permukaan (*surface*). Seluruh lapisan tersebut sampai tanah dasar secara bersamaan menahan beban dari kendaraan dari atas permukaan. Semakin bawah lapisan maka semakin tebal, hal ini terjadi karena semakin bawah materialnya, semakin murah harganya.

2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku terusun atas tanah dasar, lapisan fondasi bawah, lapisan beton B-0 (*blinding concrete*/beton lantai kerja), lapisan plat beton, dan lapisan agregat/aspal pasir yang tidak harus ada. Perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat perbedaannya pada Tabel 2.1.

3. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur disebut dengan perkerasan komposit. Perkerasan Komposit dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, ataupun perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) dan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) memiliki karakteristik berbeda, perbedaan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbedaan antara Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur

	Pembeda	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul <i>Rutting</i> (lendutan) pada jalur roda	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perkerasan
4	Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Sukirman, S., (1992)

2.2 Lapisan Aspal Beton

Lapis aspal beton (Laston) merupakan lapis perkerasan yang berasal dari aspal keras dengan agregat bergradasi menerus (*well graded*) yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dengan temperatur tinggi. Harus menggunakan agregat yang terdiri dari agregat kasar, halus dan filler. Harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan menggunakan aspal keras dengan penetrasi 40/50, 60/70, dan 80/100 yang seragam, tidak berbusa, tidak ada kandungan air apabila dipanaskan hingga temperatur 175°C. Fungsi laston adalah menahan beban terukur dan melindungi lapisan-lapisannya dari air (Bina Marga, 1987).

Menurut Sukirman (2003), Lapis Aspal Beton (Laston) berfungsi sebagai perkerasan dengan volume kendaraan yang berat, Laston disebut dengan *AC* (*Asphalt Concrete*). Lapis Aspal Beton harus memenuhi 7 (tujuh) sifat campuran, yaitu :

1. Tahan terhadap tekanan (*stability*)

Sifat dari konstruksi jalan menyalurkan beban kendaraan yang mampu bertahan dari perubahan bentuk seperti alur, gelombang, dan *bleeding* dikenal dengan Tahan terhadap tekanan (*stability*). Nilai stabilitas perkerasan jalan dipengaruhi oleh gesekan internal dan kohesi. Nilai stabilitas yang tinggi diperlukan pada jalan dengan volume kendaraan yang tinggi dan sering dilalui kendaraan berat.

2. Keawetan (*durability*)

Keawetan merupakan keadaan perkerasan jalan yang mampu menerima beban kendaraan seperti gesekan antara permukaan jalan dengan roda kendaraan, dan bertahan dari pengaruh iklim dan cuaca, seperti udara, air atau perubahan suhu udara. Keawetan perkerasan jalan dipengaruhi oleh banyaknya bahan pengikat, jumlah rongga, kemampatan dan kemampuan tahan air.

3. Kelenturan (*flexibility*)

Kelenturan ialah kekuatan lapisan untuk beradaptasi karena penurunan (konsolidasi) dari tanah dasar atau lapis fondasi, tanpa menimbulkan kerusakan. Konsolidasi dapat terjadi karena tonase kendaraan yang berlebih dan berat sendiri timbunan di atas tanah dasar. Kelenturan ditingkatkan menggunakan kadar bahan pengikat tinggi dengan agregat bergradasi terbuka.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan merupakan sifat perkerasan jalan menahan beban menerus karena beban kendaraan tanpa mengakibatkan kerusakan seperti retak.

5. Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*)

Skid resistance yaitu sifat dari lapisan perkerasan saat diguyur air, meningkatkan gesekan pada ban kendaraan agar tidak licin, maupun slip. Harus menggunakan agregat dengan permukaan yang kasar, dan ketahanan pada permukaan agar tidak licin saat dilalui kendaraan.

6. Kedap air (*impermeable*)

Kedap air yaitu sifat jalan untuk tahan oleh air atau udara ke dalam lapisan perkerasan. Air dan udara dapat mempersingkat umur jalan, dan mengakibatkan selimut aspal mengelupas dari agregat. Nilai kedap air perkerasan selalu bertolak belakang dengan keawetannya.

7. Mudah dilaksanakan (*workability*)

Workability yaitu sifat perkerasan jalan untuk memudahkan proses penghamparan dan pemadatan. Tingkat kemudahan pada saat pekerjaan penghamparan dan pemadatan dipengaruhi oleh kelelehan aspal, kepekaan aspal akibat berubahnya suhu, dan sifat agregat. Persyaratan campuran Lapisan Aspal Beton dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan Campuran Lapis Aspal Beton

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 m 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
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel 6.3.3.(1c). Spesifikasi Umum 2018.

2.3 Bahan Penyusun Perkerasan

Komposisi utama lapis aspal beton yaitu agregat, aspal, dan bahan pengisi (filler). Agar menciptakan jalan yang baik, maka harus menggunakan bahan berkualitas baik juga.

2.3.1 Agregat

Menurut Sukirman (2007), Agregat yaitu batu pecah, kerikil, pasir atau bahan mineral lainnya sebagai bahan utama lapis perkerasan aspal beton. Pada perkerasan jalan dibuat dengan proses produksi pada suhu tinggi, agregat terdiri dari 95% berat campuran atau 75-85% dari total volume campuran. Sehingga, perlu perhatian khusus kualitas agregat yang digunakan dengan memfokuskan sifat agregat seperti kebersihan, ukuran butir, gradasi, kekuatan dan porositas, serta bentuk dan tekstur dari agregat. Pengujian di laboratorium untuk mutu dari agregat perlu dilakukan, maka agregat yang dapat memenuhi persyaratan. Agregat dibagi menjadi 2, yaitu Agregat Kasar dan Agregat Halus.

2.3.1.1 Agregat Kasar

Agregat kasar dengan permukaan yang kuat, tajam, dan keras. Memiliki sifat kekal, tidak mudah hancur atau pecah akibat faktor cuaca. kekekalan dapat diketahui jika dicampur menggunakan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut :

- Jika menggunakan Natrium Sulfat, butiran hancur kurang dari 12%
- Jika menggunakan Magnesium Sulfat, butiran hancur kurang dari 10%

Pada agregat kasar tidak ada kandungan lumpur (butiran lolos saringan 0,060 mm) lebih dari 1 % sehingga agregat harus dibersihkan. Tidak ada kandungan bahan organik dan alkali yang menyebabkan kerusakan perkerasan jalan. Agregat kasar harus memiliki gradasi baik, agar porinya lebih sedikit. Memiliki nilai kehalusan antara 6-7,10 dan memenuhi syarat yaitu :

- Tertahan saringan 38 mm, harus 0 % dari berat.
- Tertahan saringan 4,8 mm, 90 % - 98 % dari berat.

- Selisih komulatif di atas dua saringan yangurut, >10 % dan <60 % dari berat.

Fraksi agregat kasar adalah sisa di ayakan No.4 (4,75 mm) dan awet keras, bersih, dan bebas dari lempung atau bahan organik, dan memenuhi ketentuan pada tabel 2.3, fraksi agregat kasar yang dibutuhkan harus berisi batu pecah dan disediakan dalam ukuran normal. Agregat kasar dapat membuat perkerasan lebih stabil dan tahan terhadap slip untuk memastikan keamanan berkendara. Agregat kasar yang tumpul akan memudahkan proses pemadatan namun nilai stabilitasnya rendah, dan yang lancip (*angular*) susah untuk dipadatkan namun nilai stabilitasnya baik. Harus tahan terhadap abrasi jika dipakai untuk lapis permukaan, untuk itu nilai *Los Angeles abrationtest* harus memenuhi syarat. Agregat kasar harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat	Satuan
1	Keausan dengan mesin Los Angeles(SNI 2417 : 2008)	<30	%
2	Kelekatan dengan aspal (SNI 2439 :2011)	>95	%
3	Kekekalan bentuk agregat terhadap natrium (SNI 3407: 2008)	<12	%
4	Material lolos ayakan no:200 (SNI 03-4142 : 1996)	<2	%
5	Partikel pipih dan lonjong (ASTM D4791 perb 1:5)	<10	%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel 6.3.2.(1a). Spesifikasi Umum 2018

2.3.1.2 Agregat Halus

Agregat halus butirannya lebih halus dan kecil daripada agregat kasar. Bersifat Tidak mudah hancur dan pecah akibat faktor cuaca serta tidak mengandung garam. Agregat halus tidak lebih dari 5% terdapat kandungan lumpur (lolos saringan 0,060 mm), jika lebih harus dibersihkan. Tidak terdapat kandungan zat organik, yang berpengaruh pada sifat perkerasan. Jika direndam pada larutan 3% NaOH, cairan di atas endapan tidak lebih gelap dari warna larutan pembanding. Memiliki gradasi yang baik, agar sedikit rongga. Memiliki nilai kehalusan kisaran 1,5 - 3,8. Jika disaring dengan urutan saringan yang telah

diatur, harus masuk salah satu daerah susunan butir menurut zona 1, 2, 3 atau 4 dan memenuhi persyaratan yaitu :

- Tertahan saringan 4,8 mm, kurang dari 2 % dari berat.
- Tertahan saringan 1,2 mm, kurang dari 10 % dari berat.
- Tertahan saringan 0,30 mm, kurang dari 15 % dari berat.

Agregat halus dapat bersumber dari bahan apapun, yang terdiri dari pasir atau hasil saringan batu pecah yang melewati ayakan No.4 (4,75 mm) dan sisa ayakan No.200 (0,075) sesuai SNI 03-6819- 2002. Fungsi Agregat halus memberikan daya tahan dan mengurangi penurunan lapisan aspal dalam kondisi mengunci (*interlocking*) gaya gesek antara agregat. Oleh karena itu, dibutuhkan sifat eksternal berbentuk lancip (*angularity*) dan berbutir kasar.

Sifat agregat berpengaruh pada perkerasan jalan, salah satunya gradasi. Gradasi merupakan pengelompokan ukuran agregat. Gradasi agregat dapat dibagi atas 3 (tiga) jenis, sebagai berikut :

1. Gradasi seragam (*uniform gradation*), gradasi dengan ukuran butir hampir sama
2. Gradasi baik (*well gradation*), agregat yang ukuran butir dari besar ke kecil dengan jumlah yang sama
3. Gradasi senjang (*gap gradation*), gradasi dengan bagian tertentu dihilangkan sebagian

Agregat halus yang digunakan harus memenuhi persyaratan seperti tercantum dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

No.	Jenis Pemeriksaan	Syarat
1	Nilai Setara Pasir(SNI 03-4428 : 1997)	>50 %
2	Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan (SNI 03-6877 : 2002)	>45 %
3	Gumpalan Lempung dan Butir – Butir Mudah Pecah Dalam Agregat (SNI 03-4141 : 1996)	<1 %
4	Agregat Lolos Ayakan No. 200 (SNI ASTM C 117: 2012)	<10 %

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel 6.3.2.2. Spesifikasi Umum 2018

Gradasi didapatkan berdasarkan analisis pemeriksaan menggunakan ayakan $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", 4, 8, 30, 50, 100, 200 dan *pan*. Satuan gradasi agregat dinyatakan dengan persentase lolos dan persentase tertahan saringan, yang dihitung berdasarkan berat total agregat.

2.3.2 Aspal

Menurut Sulaksono (2001), mineral yang dipakai untuk konstruksi perkerasan jalan untuk perkerasan lentur disebut dengan aspal. Aspal adalah cairan organik (*hydrocarbon*) yang didapatkan dari alam melalui proses khusus (*artificial*). Aspal merupakan bahan utama pada perkerasan beraspal karena berfungsi mengikat (sebagai perekat), mengisi rongga (sebagai *filler*) dan tahan air (*waterproof*). Aspal terbagi atas bentuk cair, semipadat, dan padat pada suhu ruangan (25°C). Aspal digunakan sebagai bahan perkerasan dari lapis permukaan, lapis fondasi, dan lapis penutup. Aspal dibagi atas 5 jenis, sebagai berikut :

1. Aspal alam

Aspal alam dapat didapatkan dari pulau Buton (Sulawesi tenggara-Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Latin. Menurut sifat kekakuannya, aspal alam dapat dibagi secara berurutan sebagai batuan (*Rock Asphalt*), plastis (*Trinidad Lake Asphalt = TLA*), cair (*Bermuda Lake Asphalt = BLA*).

2. Aspal buatan

Aspal buatan berasal dari minyak bumi sehingga disebut aspal minyak, aspal ini harus dipanaskan dulu sebelum digunakan sehingga disebut dengan aspal panas. Bahan baku yang baik sebagai bahan aspal yaitu minyak bumi dengan kandungan parafin yang tinggi. Jika bahan parafin kurang diminati karena mengakibatkan aspal bersifat rapuh, mudah terbakar dan daya rekat kurang baik secara keseluruhan.

3. Aspal cair

Aspal cair merupakan aspal keras yang dicairkan dengan 10-20% kerosin, *white spirit*, atau *gas oil* untuk mencapai fraksi tertentu dan memenuhi viskositas tertentu. Viskositas dibutuhkan agar aspal dapat menutupi

agregat dengan waktu yang singkat dan meningkat terus sampai proses pemadatan selesai dilaksanakan.

4. Aspal emulsi

Aspal emulsi merupakan jenis aspal yang paling cair yang memiliki kemampuan mengisi rongga-rongga kecil pada campuran yang sulit diisi oleh aspal cair karena sifatnya yang cair membuat aspal emulsi memiliki rekatan yang baik daripada aspal cair, terlebih saat agregat bersifat basah.

5. Tar

Tar yaitu cairan yang diperoleh dari bahan alami seperti kayu atau batu bara dengan proses pemijaran atau pemurnian pada suhu tinggi tanpa asam.

2.4 Gradasi

Menurut Tenriajeng (1999), hal penting untuk menentukan daya tahan aspal harus memperhatikan gradasi atau distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat. Gradasi agregat mempengaruhi pori-pori antar butiran yang berpengaruh pada daya tahan dan kemudahan saat pekerjaan. Gradasi agregat didapat dari analisa saringan dengan menggunakan susunan saringan, posisi tempat saringan terbesar ada di paling atas dan yang terkecil terletak di paling bawah.. Gradasi agregat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam merupakan gradasi yang ukurannya seragam atau kandungan agregatnya yang sedikit sehingga sulit mengisi pori antaragregat. Gradasi seragam dapat menciptakan perkerasan beton aspal bersifat premeabilitas yang tinggi, daya tahan kurang, serta berat volume yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat kasar dan halus dalam porsi yang sama, sering disebut agregat bergradasi baik. Gradasi rapat membuat lapisan perkerasan dengan tinggi stabilitasnya, kurang kedap air, drainase yang kurang bagus, dan besar berat volumenya.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi yang bukan termasuk gradasi terbuka atau rapat. Gradasi senjang biasanya dipakai sebagai lapisan beton aspal berupa campuran dengan satu jenis agregat hilang atau satu jenis agregat sedikit. Gradasi senjang dapat membuat campuran yang sifatnya terletak antara dua jenis gradasi lainnya.

Agregat dengan tingkat butir yang seragam dan beragam dinyatakan dengan persentase lolos, atau persentase tertahan, diperoleh dari berat agregat dengan seluruh nomor ayakan dengan Analisa saringan. Terdapat kriteria tertentu untuk gradasi agregat yang dikenal dengan batas, jenis batas disebut dengan batas atas, tengah/ideal, dan bawah. Pembagian batas atas dan bawah lapis perkerasan untuk seluruh nomor dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

No. Saringan 3/4"	Ukuran ayakan (mm)	% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran		
		Laston (AC)		
		WC	BC	Base
	37,5			100
1"	25		100	90-100
3/4"	19	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	77-90	66-82	52-71
#4	4,75	53-69	46-64	35-54
#8	2,36	33-53	30-49	23-41
#16	1,18	21-40	18-38	13-30
#30	0,600	14-30	12-28	10-22
#50	0,300	9-22	7-20	6-15
#100	0,150	6-15	5-13	4-10
#200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel 6.3.2.3. Spesifikasi Umum 2018

2.5 Suhu / Temperatur

Aspal bersifat peka terhadap suhu, karena sifatnya yang termoplastik. Aspal dapat bersifat padat atau mengental jika panasnya berkurang dan lebih cair bila suhunya tinggi. Setiap jenis aspal memiliki kepekaan terhadap suhu yang berbeda, hal itu terjadi akibat komposisi kimiawi aspal, walaupun memiliki viskositas yang mirip pada suhu tertentu. (Suhendra, Dartana, 2007).

Pengujian sifat aspal akibat pengaruh temperatur perlu dilakukan untuk memperoleh temperatur yang bagus dalam proses pengerjaan. Suhu pencampuran adalah aspek penting dalam proses pekerjaan beraspal, karena dapat mempengaruhi sifat aspal yang dipakai. Suhu yang tinggi pada saat pemadatan akan mendapatkan hasil yang lebih baik. Jika suhu lebih dari 135°C, Kerapatan pada proses pemadatan akan lebih baik. jika suhu lebih rendah, maka kerapatan akan menurun (Suparyanto, 2008).

Nilai viskositas aspal dengan rentang suhu selama proses pekerjaan perkerasan jalan dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Ketetapan viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pemadatan

No.	Prosedur pelaksanaan	Viskositas aspal (PA.S)	Suhu campuran (°C)
			Tipe I
1	Pencampuran benda uji marshall	0,17 ± 0,02	155 ± 1
2	Pemadatan benda uji marshall	0,28 ± 0,03	140 ± 1
3	Pencampuran tentang temperatur sasaran	0,2 - 0,5	145 – 155
4	Menuangkan Campuran Dari AMP Ke Dalam Truk	±0,5	135 – 150
5	Pemasokan Ke Alat Penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 - 1,0	130 -150
6	Pemadatan Awal (Roda Baja)	1 - 2	125 – 145
7	Pemadatan Kedua (roda karet)	2 - 20	100 – 125
8	Pemadatan Akhir (roda baja)	< 20	≥ 95

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Bina Marga. Tabel 6.3.5.1. Spesifikasi Umum 2018

2.6 Sifat Volumetric Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetric campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* merupakan perbandingan antara berat di udara rongga yang kedap dan menyerap air dari satuan volume dan temperatur tertentu dengan berat volume air sulingan yang sama sama pada temperatur tertentu. Agregat total terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler yang masing-masing memiliki berat jenis yang tidak sama.

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif yaitu perbandingan berat dalam udara bebas rongga yang diserap oleh aspal pada volume dan temperatur yang sama dengan berat air pada volume dan temperatur yang sama.

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran dari kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif rata-rata.

4. Penyerapan Aspal

Daya serap aspal dinyatakan sebagai persentase dari total berat agregat, bukan campurannya.

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif merupakan jumlah total dikurangi jumlah aspal yang diserap oleh agregat. Kandungan aspal efektif menutupi permukaan luar agregat dan menentukan sifat-sifat campuran. Penentuan kadar aspal efektif dapat menggunakan persamaan 2.1 berikut :

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

Keterangan :

CA = *Coarse Aggregate* (Agregat Kasar)

FA = *Fine Aggregate* (Agregat Halus)

FF = *Fine Filler* (Bahan Pengisi)

K = Konstanta, yaitu 0,5 – 1,0 untuk Laston

6. Rongga di Antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) merupakan rongga antara agregat pada perkerasan beton aspal, termasuk rongga udara dan volume aspal. VMA dinyatakan sebagai persentase dan dihitung dari berat jenis *bulk* agregat dan volume *bulk* campuran. VMA juga dapat dihitung terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA dihitung menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3 :

a) Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.2)$$

b) Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100+P)} \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara agregat, persen volume *bulk*

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

7. Rongga di dalam campuran (VIM)

Rongga dalam campuran atau VIM terdiri dari ruang udara antar agregat yang diisi oleh aspal. VIM dinyatakan dengan persen terhadap volume aspal beton padat, dan dihitung menggunakan Persamaan 2.4 :

$$k = 100 - 100 (i / j) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

K = Persen rongga (%)

I = Berat volume atau density (gr/cm³)

j = Berat jenis teoritis ; $\left(j = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{\text{BJ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{\text{BJ Aspal}} + \frac{\% \text{ Filler}}{\text{BJ Filler}}} \right)$

8. Rongga terisi aspal (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah rongga yang terisi aspal dibagi dengan volume benda uji. Menurut Sukirman (2003), persentase pori-pori agregat yang diisi dengan aspal disebut dengan VFA. Sehingga VFA merupakan bagian dari VMA yang diisi dengan aspal. Aspal berfungsi untuk menutupi partikel agregat dalam campuran. Dengan kata lain, VFA adalah persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau penutup aspal. Nilai VFA dihitung menggunakan Persamaan 2.5 :

$$VFA = \frac{100 \times (VMA)}{VMA} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal, persen VMA

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

Va atau VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

2.7 Uji Marshall

Sukirman (1999) menyatakan bahwa uji marshall dapat digunakan untuk memeriksa sifat-sifat campuran aspal beton. Bruce Marshall menemukan Metode Marshall dan dikembangkan oleh *U.S. Corps Of Engineer*. Hasil yang didapat dari pengujian Marshall yaitu daya tahan (*stability*) campuran terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* merupakan perubahan campuran akibat suatu beban sampai batas jenuh dengan satuan mm atau 0,01.

Alat Marshall adalah alat kompresi dengan cincin uji (*proving ring*) yang dilengkapi dengan arloji yang berfungsi mengukur stabilitas campuran dan memiliki kapasitas 2500kg. Fungsi arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Berikut ini adalah karakteristik hasil pengujian Marshall adalah :

1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan yaitu nilai berat kering benda uji dibagi dengan berat air pada volume sama. Kepadatan dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.6:

$$i = e (f-g) \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- i = density (gr/cm³);
- e = berat kering (gr);
- f = berat dalam kering keadaan jenuh permukaan (gr);
- g = berat dalam air (gr);
- (f-g) = volume bulk (cm³).

2. Stabilitas (*stability*)

Kemampuan perkerasan untuk mendistribusikan beban kendaraan tanpa mengubah bentuknya seperti gelombang, alur dan *bleeding* disebut dengan Tahan terhadap tekanan (*stability*). Nilai stabilitas didapatkan dari bacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall dan harus dikalikan dengan angka kalibrasi alat dalam kilogram (kg) dan dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh ketebalan benda uji. Angka koreksi untuk perhitungan stabilitas Marshall pada SNI 06-2489-1991 & RSNI M-06-2004 ditunjukkan pada Tabel 2.7. perhitungan nilai stabilitas menggunakan Persamaan 2.7 :

$$S = n \times f_a \times f_b \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

- S = Stabilitas (kg);
- n = pembacaan dial stabilitas;
- fa = faktor kalibrasi alat;
- fb = faktor koreksi benda uji

Tabel 2.7 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas Marshall

Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
200-213	25.4	5.56	421-431	52.4	1.39
214-225	27	5.00	432-443	54	1.32
226-237	28.6	4.55	444-456	55.6	1.25
238-250	30.2	4.17	457-470	57.2	1.19
251-264	31.8	3.85	471-482	58.7	1.14
265-276	33.3	3.57	483-495	60.3	1.09
277-289	34.9	3.33	496-508	61.9	1.04
290-301	35.5	3.03	509-522	63.5	1.00
302-316	38.1	2.78	523-535	65.1	0.96
317-328	39.7	2.5	536-546	66.7	0.93
329-340	41.3	2.27	547-559	68.3	0.89
341-353	42.9	2.08	560-573	69.9	0.86
354-367	44.4	1.92	574-585	71.4	0.83
368-379	46	1.79	586-598	73	0.81
380-392	47.6	1.67	599-610	74.6	0.78
393-405	49.2	1.56	611-625	76.2	0.76
406-420	50.8	1.47			

Sumber : Badan Standarisasi Nasional. Tabel 2. RSNI M-06-2004.

3. Kelelahan Plastis (*flow*)

Keadaan perubahan bentuk campuran aspal di bawah pembebanan hingga batas keruntuhannya disebut *Flow*. *Flow* menerangkan deformasi campuran di bawah beban. Nilai *flow* ditampilkan pada arloji *flowmeter* dalam satuan milimeter (mm) atau 0,1 inchi.

4. Rongga dalam campuran (*Void In Mix/VIM*)

Bagian ruang kosong dari seluruh campuran dan perbandingan volume ruang udara dengan volume benda uji yang dipadatkan dengan satuan persen (%). Jumlah rongga pada campuran yaitu jumlah rongga diantara agregat yang

diselimuti aspal. Rongga dalam campuran dinyatakan dalam persen terhadap volume campuran padat, Sukirman (2003). Nilai VIM diperoleh menggunakan Persamaan 2.8 :

$$k = 100 - 100 (i / j) \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

K = Persen rongga (%)

I = Berat volume atau density (gr/cm³)

j = Berat jenis teoritis ; $\left(j = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} + \frac{\% \text{ Filler}}{BJ \text{ Filler}}} \right)$

5. Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Aggregate/VMA*)

Rongga dalam mineral agregat atau rongga antaragregat merupakan volume rongga, rongga udara, dan kadar aspal efektif yang terkandung dalam agregat suatu campuran aspal padat, satu persen dari total volume campuran. Perhitungan rongga antar agregat (VMA) terhadap campuran dihitung menggunakan Persamaan 2.9:

$$l = 100 - \{ (100-b) \times i \times B_j. agregat \}; \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

l = rongga di dalam mineral agregat (VMA);

b = persen aspal terhadap campuran;

i = berat volume benda uji (gr/cm³).

6. Rongga Terisi Aspal (*Void Filled by Asphalt*)

Rongga terisi aspal (VFA) merupakan pori- pori yang tertutup aspal dibagi dengan volume benda uji. Menurut Sukirman (2003), persentase rongga pada agregat yang diisi aspal disebut dengan VFA. Sehingga VFA merupakan bagian dari VMA yang diisi dengan aspal. Aspal berfungsi menyelimuti butir-butir agregat pada campuran. Dengan kata lain, VFA adalah fraksi volume beton aspal

padat yang menjadi film atau penutup aspal. Besarnya nilai rongga terisi aspal dihitung menggunakan Persamaan 2.10 :

$$VFA = 100 \times (VMA - Va) \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- VFA = Rongga terisi aspal, persen VMA
- VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk
- Va atau VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

7. Marshall Quotient (MQ)

Perbandingan nilai stabilitas dengan nilai *flow* disebut dengan Marshall Quotient. Nilai stabilitas Marshall yang tinggi dan *flow* rendah artinya campuran yang kaku, jika diberikan beban berakibat mudah retak. Nilai Marshall Quotient diperoleh menggunakan Persamaan 2.11:

$$MQ = \frac{S}{flow} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

- MQ = nilai *Marshall quotient* (kg/mm);
- S = nilai stabilitas Marshall (kg);
- Flow = pembacaan dial *flow* (mm).

Proses pengujian dengan alat Marshall diperoleh data-data sebagai berikut, yaitu :

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal dengan satu angka dibelakang koma.
2. Berat volume, dengan satuan dalam Kg/m³.
3. Stabilitas, dinyatakan dengan bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*).
4. Kelelehan plastis (*flow*), dinyatakan dalam milimeter atau 0,01 inch. *Flow* merupakan indicator terhadap lentur.

5. VIM, persen rongga dalam campuran, dinyatakan dengan bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari dari durabilitas, dan kemungkinan *bleeding*.
6. VMA, persen rongga terhadap agregat, dinyatakan dengan bilangan bulat. VMA dan VIM merupakan indikator dari durabilitas.
7. Hasil bagi marshall (koefisien marshall, merupakan hasil bagi stabilitas dengan *flow*. Dinyatakan dalam kN/mm, merupakan indikator kelenturan potensial terhadap keretakan.
8. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran, sehingga diperoleh gambaran kadar aspal efektifnya.
9. Tebal lapisan aspal (film aspal), dinyatakan dalam milimeter. film aspal yaitu petunjuk tentang sifat durabilitas campuran.
10. Kadar aspal optimum, dinyatakan dalam bilangan desimal dua angka dibelakang koma.

2.8 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu antara lain :

Lalu Mawardi (2020), dengan judul Tugas Akhir PENGARUH VARIASI SUHU CAMPURAN TERHADAP JENIS BERAT ASPAL. Penelitian ini berencana untuk memutuskan pengaruh varietas pada temperatur campuran terhadap berat jenis aspal dan selanjutnya hubungan antara temperatur kombinasi dan BJ aspal. Eksplorasi ini menggunakan HRS Base dengan variasi temperatur 120°C, 130C, 140°C, 150°C, 160°C, 170°C, 180°C. Menggunakan aspal keras pen 60/70, dan hasilnya akan dibandingkan dengan parameter Marshall yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Semakin tinggi nilai flow, hasil eksperimen menunjukkan nilai marshall quotient ideal pada variasi suhu 150°C dari 397 Kg/mm, sedangkan nilai minimal ditemukan pada variasi suhu 170°C dari 294 Kg/mm , dari hasil percobaan menunjukkan nilai VMA ideal terdapat pada suhu 170°C adalah 20,1%, sedangkan nilai minimal berada pada suhu 160°C sebesar 18,43% dan hasil percobaan menunjukkan bahwa nilai VIM ideal berada pada suhu

170°C sebesar 6,46%, sedangkan nilai minimal berada pada suhu 160°C sebesar 4,39%.

Stefanus Setyawan (2015), dengan judul penelitian PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PENCAMPURAN ASPAL BETON. Pada penelitian ini temperatur proses pencampuran pada campuran aspal beton yang meliputi density, Void Filled With Asphalt(VFWA), Void In The Mix (VITM), stabilitas, flow, dan Marshall Quontient (QM). Penelitian ini menggunakan metode Marshall yang digunakan dengan beberapa variasi temperature yang diuji. Perubahan temperatur selama proses pencampuran, yaitu 140°C, 150°C, 160°C, 170°C, 180°C, 190°C dan variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum 5.5%, 6%, 6.5%, 7%.

Sarkis Enda Raya S, Priyo Pratomo, Dwi Herianto (2015), dengan judul penelitian Variasi Temperatur Pencampuran Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pada proses pencampuran terhadap gradasi halus AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) beton aspal pada parameter Marshall menengah dan bawah dengan mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010 yang dilakukan. Kadar aspal optimum (KAO) digunakan untuk batas tengah dan kadar aspal 5,7% digunakan untuk batas bawah 6,8%, selanjutnya dilakukan perubahan suhu pencampuran 120 °C, 130 °C, 140 °C , 150 °C dan 160 °C. Untuk campuran Ruston AC-WC, gradasi halus batas sedang dengan kadar aspal 5,7%, suhu pencampuran 120°C, 130°C, 140°C, 150°C dan 160°C semuanya masih kompatibel dengan Marshall. Standar parameter. Perubahan suhu campuran yang ideal pada batas tengah adalah ketika suhu campuran antara 150°C dan 160°C.

Leo Santosa (2013), dengan judul penelitian Pengaruh Variasi Suhu Pencampuran Dan Pematatan Campuran Beraspal Panas Menggunakan Aspal Retona Blend 55. Campuran aspal dirancang sesuai dengan spesifikasi umum Interstate 2010. Grade campuran yang digunakan adalah grade halus LATON AC-BC. Variasi temperatur/pencampuran dan temperatur densifikasi yang digunakan adalah 160/146°C, 170/156°C, 180/166°C, 190/176°C dan 200/186°C. Untuk mengetahui kadar aspal optimum, sampel uji disiapkan pada kadar aspal 4,5%, 5%,

5,5%, 6% dan 6,5% berat sampel. Hasil uji Marshall untuk kondisi KAO hanya menghasilkan suhu campuran 1700 °C dan simpangan suhu kompresi 1560 °C, memenuhi semua kriteria pencampuran yang dipersyaratkan oleh spesifikasi Bina Marga 2010. Temperatur pencampuran 170 °C dan variasi temperatur kompresi 1560 °C merupakan variasi temperatur yang sesuai dengan hasil uji viskositas. Dengan kata lain, temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan aspal Retna Blend 55 harus berhubungan dengan hasil aspal Retna Blend 55. Lihat uji viskositas.

Rosina Golengsina Pareira , Togi H. Nainggolan , dan A. Agus Santosa (2021), dengan judul penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Pemadatan Berdasarkan Uji Marshall Pada Campuran Lapis Beton (AC-WC). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pada proses pemadatan beton aspal AC-WC menggunakan uji Marshall sesuai dengan Spesifikasi Jalan Raya 2018. Menguji dan menganalisis suhu selama pemadatan di tempat Aspek yang diperlukan untuk ini adalah variasi suhu di laboratorium. Hasil parameter Marshall dianalisa untuk mendapatkan temperatur optimum yang dapat diterapkan selama konstruksi jalan. Agregat tersebut bersumber dari Desa Danureho, Jawa Timur, Kecamatan Lumajang, Kabupaten Pasuruan, dengan menggunakan campuran aspal intrusif Pertamina 60/70. Setelah pengujian material, dicari komposisi agregat yang memenuhi persyaratan campuran AC-WC. Oleh karena itu, 218 mendapatkan komposisi aspal terbaik. Sampel dengan perubahan suhu 110°C, 115°C, 120°C, 125°C dan 130°C dibuat dengan komposisi kadar aspal tertinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi temperatur terhadap nilai karakteristik Marshall untuk campuran aspal beton (AC-WC) dengan variasi suhu 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C, dan 175°C. Untuk mendapatkan nilai karakteristik marshall dari campuran yang dibuat. Standar untuk Spesifikasi Bina Marga 2018 adalah pada suhu pencampuran 155°C.

3.2 Alat Dan Bahan

a. Alat

1. Cetakan benda uji yang berdiameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm;



Gambar 3.1 Cetakan benda uji

2. Alat penumbuk manual lengkap dengan :
 - Penumbuk yang mempunyai permukaan penumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
 - Landasan pemadat dari baja.



Gambar 3.2 Alat penumbuk manual

3. Alat pengeluaran benda uji;

Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *extruder* yang berdiameter 10 cm.



Gambar 3.3 Alat pengeluaran benda uji

4. Alat Marshall lengkap dengan :

- Kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung.
- Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm.
- Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya;



Gambar 3.4 Alat Marshall

5. Bak perendam (*Water Bath*)



Gambar 3.5 Bak perendam (*Water Bath*)

6. Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram;



Gambar 3.6 Timbangan dengan ketelitian 0.1 gram

7. Pengukur suhu dari logam (*Metal Thermometer*)



Gambar 3.7 Pengukur suhu dari logam (*Metal Thermometer*)

8. Wajan untuk memanaskan agregat;

9. Sendok pengaduk dan spatula;

10. Kompor atau pemanas;

b. Bahan

1. Aspal



Gambar 3.8 Aspal Cair

2. Agregat kasar dan agregat halus



Gambar 3.9 Agregat kasar dan agregat halus

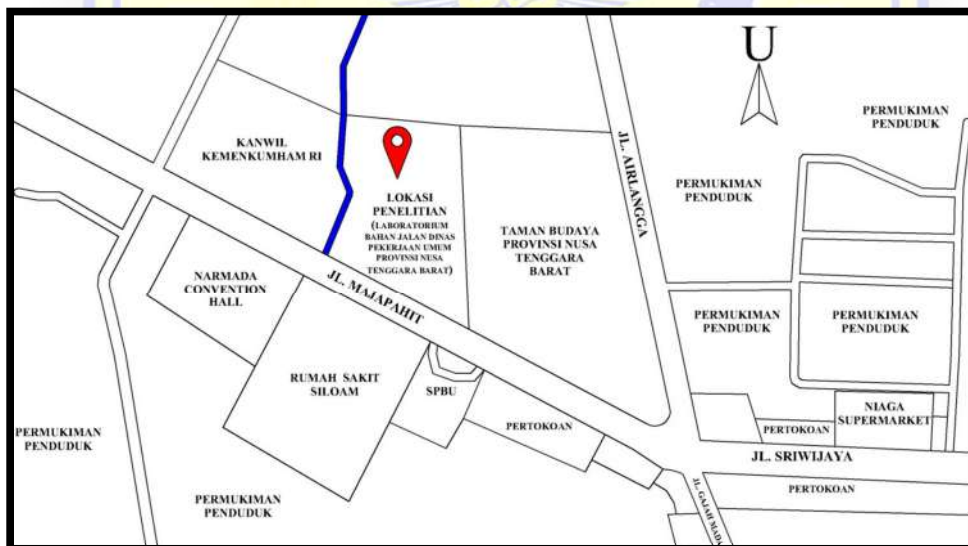
3. Air



Gambar 3.10 Air

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Lokasi Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 4 (empat) tahapan:

1. Tahap persiapan
2. Tahap pembuatan benda uji
3. Tahap pengujian material
4. Tahap analisa data

3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap ini adalah menentukan rancangan penelitian, pada tahap ini seluruh alat dan bahan dipersiapkan terlebih dahulu. pastikan alat dan bahan tersedia, karena akan berpengaruh pada proses penelitian. Alat dan bahan tersebut telah dipersipakan sejak awal secara maksimal.

3.4.2 Tahap Pembuatan Benda Uji

1. Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb) sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta.}$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persentase agregat tertahan saringan No. 8.

FA : Persentase 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. Setelah didapatkan nilai kadar aspal, dihitung berat jenis maksimum (BJ Max) dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan kasar.
3. Setelah semua data diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat dan menghitung kebutuhan agregat untuk setiap sampel berdasarkan persentase yang tertahan.

4. Mencampur agregat dengan aspal pada suhu 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C, 165°C, 170°C dan 175°C.
5. Pemadatan dengan *Manual Marshall Compactor* sebanyak 75 kali tumbukan pada setiap permukaan.
6. Benda uji didiamkan dahulu agar mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, kemudian mendiampkannya selama ± 24 jam.
7. Mengukur dimensi, menimbang (di udara dan air), dan kemudian benda uji direndam pada air pada suhu normal selama 24 jam.
8. Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
9. Rendam benda uji terlebih pada *waterbath* dengan suhu 60°C selama ±30 menit.
10. Pengujian menggunakan Alat Marshall
11. Masukkan semua data kedalam form Marshall, kemudian hitung untuk mendapatkan kadar aspal optimum.
12. Pemeriksaan pengaruh variasi suhu campuran

Tabel 3.1 Rincian variasi suhu dan banyak sampel

NO	VARIASI SUHU	JUMLAH	NO	VARIASI SUHU	JUMLAH
1	140°C	3 Buah	5	160°C	3 Buah
2	145°C	3 Buah	6	165°C	3 Buah
3	150°C	3 Buah	7	170°C	3 Buah
4	155°C	3 Buah	8	175°C	3 Buah
TOTAL		24 buah			

3.4.3 Tahap Pengujian Material

1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan yaitu perbandingan antara berat kering benda uji dengan berat air pada volume yang sama. Perhitungan kepadatan menggunakan Persamaan 3.1:

$$i = e (f-g) \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

i = density (gr/cm^3);

e = berat kering (gr);

f = berat dalam kering keadaan jenuh permukaan (gr);

g = berat dalam air (gr);

$(f - g)$ = volume bulk (cm^3).

2. Stabilitas (*stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas saat pengujian Marshall, dibandingkan dengan nilai kalibrasi *proving ring* dalam satuan kilogram dan dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh ketebalan benda uji. Angka koreksi ungan stabilitas Marshall pada SNI 06-2489-1991 & RSNI M-06-2004 dapat dilihat pada Tabel 3.2. Besarnya nilai stabilitas dihitung dengan Persamaan 3.2:

$$S = n \times f_a \times f_b \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

S = Stabilitas (kg);

n = pembacaan dial stabilitas;

f_a = faktor kalibrasi alat;

f_b = faktor koreksi benda uji

3. Kelelehan Plastis (*flow*)

Kelelehan plastis adalah keadaan berubah bentuk sampai campuran aspal runtuh akibat beban. *Flow* menunjukkan deformasi campuran dengan pembebanan. Nilai kelelehan plastis dapat dibaca pada dial *flow* dan dinyatakan dalam satuan milimeter atau 0,1 inci.

Tabel 3.2 Angka Koreksi Pada Perhitungan Stabilitas Marshall

Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi	Isi (cm ³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
200-213	25.4	5.56	421-431	52.4	1.39
214-225	27	5.00	432-443	54	1.32
226-237	28.6	4.55	444-456	55.6	1.25
238-250	30.2	4.17	457-470	57.2	1.19
251-264	31.8	3.85	471-482	58.7	1.14
265-276	33.3	3.57	483-495	60.3	1.09
277-289	34.9	3.33	496-508	61.9	1.04
290-301	35.5	3.03	509-522	63.5	1.00
302-316	38.1	2.78	523-535	65.1	0.96
317-328	39.7	2.5	536-546	66.7	0.93
329-340	41.3	2.27	547-559	68.3	0.89
341-353	42.9	2.08	560-573	69.9	0.86
354-367	44.4	1.92	574-585	71.4	0.83
368-379	46	1.79	586-598	73	0.81
380-392	47.6	1.67	599-610	74.6	0.78
393-405	49.2	1.56	611-625	76.2	0.76
406-420	50.8	1.47			

Sumber : Badan Standardisasi Nasional. Tabel 2. RSNI M-06-2004.

4. Rongga dalam campuran (*Void In Mix/VIM*)

Rongga dalam campuran atau *Void In Mix* (VIM) merupakan rongga kosong dari seluruh benda uji dengan perbandingan volume ruang udara dengan volume campuran dipadatkan dinyatakan dalam persen. Rongga dalam campuran dihitung menggunakan Persamaan 3.3:

$$k = 100 - 100 (i / j) \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan :

k = persen rongga (%);

i = berat volume atau density (gr/cm³);

$$j = \text{berat jenis teoritis ; } \left(j = \frac{100}{\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} + \frac{\% \text{ Filler}}{BJ \text{ Filler}}} \right)$$

5. Rongga Dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Aggregate/VMA*)

Rongga dalam mineral agregat atau rongga antara agregat yaitu volume rongga yang terdapat di antara agregat suatu benda uji yang dipadatkan, yaitu

rongga udara dengan volume kadar aspal efektif, dinyatakan dengan satuan persen terhadap volume total campuran. Perhitungan nilai rongga antar agregat (VMA) pada campuran dihitung menggunakan Persamaan 3.4:

$$l = 100 - \{ (100-b) \times i \text{ Bj. agregat} \}; \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

l = rongga di dalam mineral agregat (VMA);

b = persen aspal terhadap campuran;

i = berat volume benda uji (gr/cm³).

6. Rongga terisi aspal (*Void Filled by Asphalt*)

VFA merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal. Nilai rongga terisi aspal dihitung dengan Persamaan 3.5:

$$VFA = 100 \times (VMA - Va) \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

VFA = rongga terisi aspal, persen VMA;

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk;

Va atau VIM = rongga di dalam campuran, persen total campuran

7. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient adalah perbandingan nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Besarnya nilai *Marshall Quotient* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.6:

$$MQ = \frac{S}{flow} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

MQ = nilai *Marshall quotient* (kg/mm);

S = nilai stabilitas Marshall (kg);

Flow = pembacaan dial *flow* (mm).

3.4.4 Tahap Analisa Data

1. Pemeriksaan Agregat

Langkah-langkah yang dilakukan adalah persiapan alat tulis, alat dan bahan yang akan digunakan. Persiapan material meliputi material (aspal cair, agregat, filler) dari DPUPR Laboratorium Bahan Jalan Provinsi NTB.

2. Analisis Saringan

Metode ini bertujuan untuk mengetahui pembagian (gradasi) agregat. Pengujian dengan metode analisa ayakan ini didasarkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Metode ini digunakan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu agregat kasar, dan penyerapan dari agregat kasar. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar ini berpedoman pada SNI-03-1969-1990.

4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Metode ini dimaksudkan sebagai pedoman pengujian untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, dan angka penyerapan daripada agregat halus. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus ini berpedoman pada SNI-03-1968-1990.

5. Penentuan Gradasi Pilihan

Gradasi agregat direncanakan sesuai dengan gradasi campuran untuk AC-WC. Penentuan gradasi agregat yang digunakan adalah tanpa *blending*, tapi diproporsikan berdasarkan titik tengah spesifikasi agregat.

6. Pembuatan Benda Uji

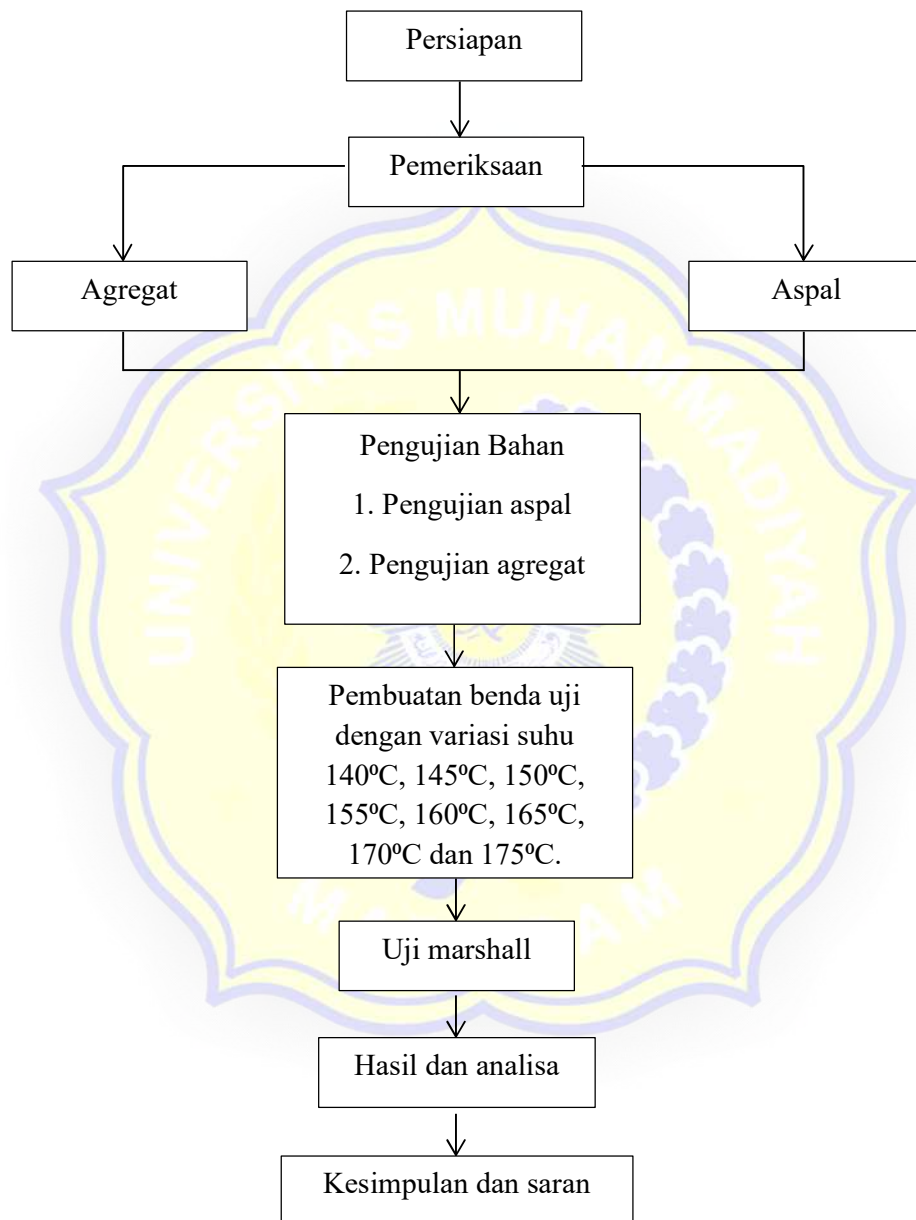
Pembuatan campuran benda dari agregat kasar dan agregat halus, filler dan aspal menggunakan pedoman dan dibuat dalam keadaan panas.

7. Metode Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dimaksudkan untuk mengukur kestabilan campuran aspal-agregat (*Stability*) dan lelehan plastis (*Flow*), VIM (*void in mix*), VMA (*void antara agregat*), VFA (*void Filled by asphalt*) dan Marshall quotient.

3.5 Diagram Alir

Penelitian penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan kerja seperti terlihat didalam bagan diagram dibawah ini :



Gambar 3.12 Bagan Alir Penelitian