

**VARIASI JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP UJI KARAKTERISTIK
MARSAHALL UNTUK CAMPURAN LASTON (AC-BC)**

(Skripsi)

oleh,

ANTONIUS SITUMORANG



**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS LAMPUNG
2015**

ABSTRAK

VARIASI JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP UJI KARAKTERISTIK MARSHALL UNTUK CAMPURAN LASTON (AC-BC)

Oleh

ANTONIUS SITUMORANG

Dalam pencampuran, jumlah tumbukan dalam pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur dirancang menggunakan metode Marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut menetapkan parameter jumlah tumbukan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan variasi jumlah tumbukan terhadap karakteristik campuran laston (AC-BC) dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010.

Penelitian ini menggunakan gradasi pada spesifikasi umum 2010 untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) gradasi halus untuk batas tengah dan batas bawah, kemudian data hasil pengujian dianalisis dengan persamaan yang mencakup parameter *Marshall* maka diperoleh kadar aspal optimum yang dipergunakan sebagai kadar aspal dalam pencampuran yang dilakukan dengan variasi jumlah tumbukan yaitu 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, dan 2x95, Kemudian dilakukan uji *Marshall* untuk mengetahui pengaruh yang terjadi dari variasi jumlah tumbukan terhadap karakteristik campuran beraspal.

Berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 6,75% dan batas bawah 7.1%. Dari hasil pengujian *Marshall* pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, 2x95 pada batas tengah tidak memenuhi semua parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient (MQ)* dan nilai *Voids Filled With Asphalt (VFA)* tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010. Sedangkan pengujian Marshall batas bawah pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 telah memenuhi semua parameter *Marshall*. Hanya pada tumbukan 2x95 yang tidak memenuhi parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient (MQ)* tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010.

Kata Kunci : Jumlah tumbukan, Spesifikasi Bina Marga 2010, *Marshall*, *Asphalt Concrete Course* (AC-BC)

ABSTRACT

VARIATIONS ON THE TEST CHARACTERISTICS NUMBER OF COLLISIONS MARSHALL FOR MIXED LASTON (AC-BC)

By

ANTONIUS SITUMORANG

In mixing, the number of collisions in the asphalt compaction affects the characteristics of the asphalt layer. Hot asphalt mix for flexible pavements designed using Marshall method. At the Marshall plan establishes parameters for the number of collisions of heavy traffic conditions compaction of the specimen as much as 2x75 collision with a mixture cavity boundary between 3.5 to 5.5%. This study aims to determine the impact that variations in the number of collisions on the characteristics of the mixture laston (AC-BC) with reference to the Specifications Bina Marga, 2010.

This study uses a gradation on common specifications, 2010 for a mixture of Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC) fine gradations for middle limit and lower limit, then the test data were analyzed with the equation that includes the parameters Marshall then obtained the optimum bitumen content that is used as a binder content the mixing is done by varying the number of collisions is 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, and 2x95, then Marshall test was done to determine the effect of variations in the number of collisions occur on the characteristics of asphalt mixture.

Based on the analysis of data processing obtained that the bitumen content is used for middle limit is 6.75% and the lower limit of 7.1%. From the test results on a collision Marshall 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, 2x95 in the middle of the boundary does not meet all the parameters because the value of Marshall Quotient (MQ) and value of voids Filled With Asphalt (VFA) did not enter the specifications Bina Marga, 2010. While testing the limits Marshall Under the collision 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 Marshall has met all parameters. Only on collision that does not meet the parameters 2x95 Marshall because the value of Marshall Quotient (MQ) does not make any Specification Bina Marga, 2010.

Keywords: Number of Collisions, Specifications Bina Marga 2010, *Marshall, Asphalt Concrete – Binder course (AC-BC)*.

**VARIASI JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP UJI KARAKTERISTIK
MARSHALL UNTUK CAMPURAN LASTON (AC-BC)**

Oleh
ANTONIUS SITUMORANG

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
Sarjana Teknik**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2015**

Judul Skripsi : **VARIASI JUMLAH TUMBUKAN
TERHADAP UJI KARAKTERISTIK
MARSHALL UNTUK CAMPURAN
LASTON (AC-BC)**

Nama Mahasiswa : **Antonius Situmorang**

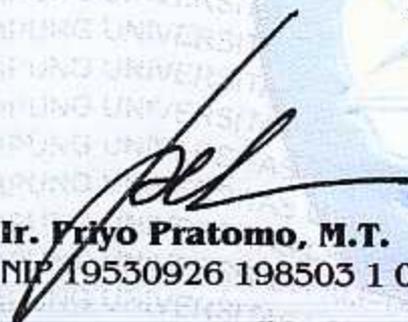
Nomor Pokok Mahasiswa : 0815011040

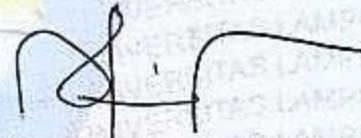
Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Ir. Priyo Pratomo, M.T.
NIP 19530926 198503 1 003


Ir. Dwi Herianto, M.T.
NIP 19610102 198803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

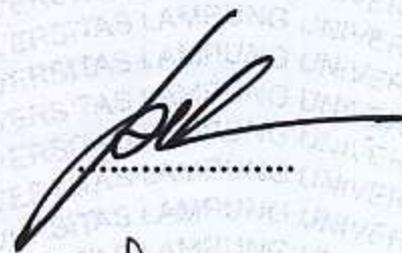

Gatot Eko Susillo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

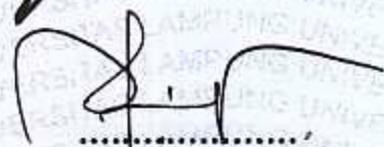
Ketua

: Ir. Priyo Pratomo, M.T.



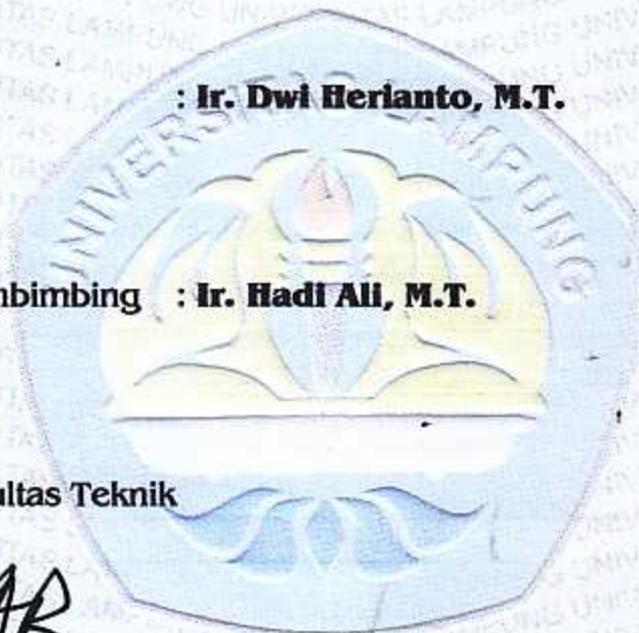
Sekretaris

: Ir. Dwi Herianto, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Hadi Ali, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 30 Desember 2015

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap uji Karakteristik Marshall untuk Campuran Laston (AC-BC) adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Februari 2016

Pembuat Pernyataan



Antonius Situmorang

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Buluhujung pada tanggal 25 Pebruari 1989.

Merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan

Bapak Piter Situmorang dan Ibu Terenim br. Tamba

Penulis memulai jenjang pendidikan dari sekolah dasar di SDN 030354 Buluhujung Kab. Dairi. Kemudian pada tahun 2002 melanjutkan jenjang pendidikan di SMP Swasta Santo Paulus Sidikalang, dan SMA Budimurni2 Medan pada tahun 2005 dan lulus pada tahun 2008.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2008..

Pada tahun 2013 penulis melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan POP Hotel Lampung berlokasi di Jalan Wolter Monginsidi Bandar Lampung. Penulis menjadi Asisten Lab. Jalan Raya periode 2014-2015. Penulis juga telah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Menanga jaya, Kecamatan banjit, di Kabupaten Lampung Utara selama 40 hari pada periode Juli - Agustus 2012.

MOTO

Selalu Bersyukur.

Keyakinan adalah kekuatan yang dimiliki setiap pribadi.

Lakukan yang terbaik dan serahkan selebihnya pada Tuhan.

Kebersamaan memberikan kekuatan dan keceriaan dalam melewati hari - hari.

Masalah itu sendiri dapat menjadi jalan keluar melewatinya

Untuk mendapatkan sesuatu yang hebat maka berjuanglah yang hebat dan

beranilah untuk keluar dari zona nyaman.

I can do all things through Christ who strengthens me.

(Philippians 4 : 13)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini aku persembahkan untuk :

Orang tua dan keluarga ku yang selalu mendukung, memfasilitasi dan mendoakanku.

Orang yang ku sayang, sahabat, teman – teman yang selalu memberi semangat, dukungan dan masukan selama ini.

Seluruh mahasiswa di mana pun berada khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Sipil yang akan mengalami dan sedang mengalami proses pengerjaan skripsi, jangan pernah menyerah atas semua kendala dan hambatan.

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (Skripsi) yang berjudul “Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Uji Karakteristik *Marshall* untuk Campuran Laston (*AC-BC*)” yang merupakan salah satu syarat akademis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Diharapkan dengan dilaksanakan penelitian ini, Penulis dapat lebih memahami ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah serta menambah pengalaman dalam dunia kerja yang sebenarnya. Selain itu Penulis juga berharap skripsi ini bisa menjadi referensi bagi pembaca tentang kemacetan di kota Bandar Lampung.

Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Gatot Eko S, S.T, M.Sc, selaku ketua jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Priyo Pratomo, M.T., selaku dosen pembimbing 1 atas pemberian judul, masukan, dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.

4. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., selaku dosen pembimbing 2 atas masukan dan bimbingan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Hadi Ali, M.T., atas kesempatannya untuk menguji sekaligus membimbing penulis dalam seminar skripsi.
6. Bapak Dwi Jokowinarno, S.T., M.ENG, selaku pembimbing akademis yang telah banyak membantu penulis selama ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
8. Keluargaku terutama orangtuaku tercinta, Bapak Piter Situmorang dan Ibu Terenim br. Tamba, serta Adek saya Novalina br. Situmorang, Deni masadenta br. Situmorang, Romauli br. situmorang dan Charles Situmorang beserta keluarga yang telah memberikan dorongan materil dan spiritual dalam menyelesaikan laporan ini..
9. Rekan – rekan Kerja Praktek Chandra dan Nurdin, Serta rekan – rekan Kuliah Kerja Nyata (KKN) serta keluarga KKN dari Desa Menanga jaya Kecamatan Banjit Kabupaten Lampung Utara.
10. Teman – teman angkatan 2008 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu untuk bantuan moril, tempat, waktu, doa dan dukungannya selama ini saya ucapkan terima kasih banyak semoga kita semua tetap kompak dan sukses selalu.
11. Teman- teman satu kosan Dapot tua, Bul bul, Saulus, Irma , novelin, Novrit, ito Sio, Hermanto, ito Anyta , ito Laba maria , ito Uli dan ito kristin serta ito Lina yang telah memberikan dukungan dan semangat saya ucapkan banyak terimakasih.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan .
Akhir kata semoga Tuhan membalas semua kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dan semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, Desember 2016

Penulis,

Antonius Situmorang

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Umum	5
B. Agregat	8
C. Aspal	11
D. Persyaratan dan Analisis Campuran Beton Aspal	13
E. Volumetrik Cmapuran Aspal Beton	16
F. Metode Pengujian <i>Marshall</i>	23
G. Pemadatan Lapisan Aspal	25
III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Bahan	31
C. Peralatan	31
D. Prosedur Penelitian	33
E. Diagram Alir Penelitian	44

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Aspal dan Agregat	45
B. Desain Campuran Aspal	50
C. Pembahasan Hasil Penelitian dengan Kadar Aspal Optimum	81

V. PENUTUP

A. Kesimpulan.....	93
B. Saran	95

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A. PEMERIKSAAN BAHAN

Lampiran B. PENGUJIAN SIFAT MARSHALL

Lampiran C. DOKUMENTASI

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Ketetapan sifat-sifat campuran beraspal (Laston)	8
2. Ketetapan agregat kasar	10
3. Ketetapan agregat halus	11
4. Penetrasi aspal untuk berbagai kondisi iklim.....	12
5. Spesifikasi aspal keras pen 60/70.....	13
6. Urutan penggilasan	26
7. Standar pengujian aspal	34
8. Standar pemeriksaan agregat	36
9. Gradasi agregat untuk campuran LASTON.....	37
10. Jumlah benda uji pada kadar aspal.....	38
11. Pencampuran setelah didapat nilai KAO	39
12. Komposisi agregat dalam campuran	40
13. Hasil pengujian aspal pertamina penetrasi 60/70.....	45
14. Hasil pengujian agregat kasar	48
15. Hasil pengujian agregat halus	49
16. Hasil pengujian <i>filler</i>	50
17. Persentase agregat campuran	51
18. Jumlah proporsi agregat.....	52
19. Perkiraan nilai kadar aspal batas tengah	53

20. Perkiraan nilai kadar batas bawah.....	53
21. Perhitungan BJ agregat terpakai pada batas tengah	54
22. Perhitungan berat jenis teori maksimum pada batas tengah	54
23. Perhitungan BJ agregat terpakai pada batas bawah	55
24. Perhitungan berat jenis teori maksimum pada batas bawah	55
25. Berat masing-masing agregat untuk batas tengah.....	57
26. Berat masing-masing agregat untuk batas bawah	58
27. Hasil pengujian sampel pada batas tengah.....	60
28. Kadar Aspal Optimum (KAO) batas tengah.....	67
29. Hasil pengujian sampel pada batas bawah.....	68
30. Kadar aspal optimum (KAO) batas bawah	75
31. Hasil pengujian dengan penambahan kadar aspal pada batas bawah	76
32. Kadar aspal optimum (KAO) batas bawah setelah penambahan	80
33. Hasil pengujian sampel dengan kadar aspal optimum batas tengah.....	82
34. Hasil pengujian sampel kadar optimum batas bawah.....	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram Alir Penelitian	44
2. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas batas tengah.....	61
3. Grafik hubungan kadar aspal dengan flow batas tengah.....	62
4. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan MQ (<i>Marshall Quotien</i>) batas tengah.....	63
5. Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA batas tengah	64
6. Grafik hubungan kadar aspal dengan VFA batas tengah.....	65
7. Grafik hubungan kadar aspal dengan VIM batas tengah	66
8. Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas batas bawah.....	69
9. Grafik hubungan kadar aspal dengan <i>flow</i> batas bawah	70
10. Grafik hubungan kadar aspal dengan MQ batas bawah.....	71
11. Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA batas bawah.....	72
12. Grafik hubungan kadar aspal dengan VFA batas bawah	73
13. Grafik hubungan kadar aspal dengan VIM batas bawah	74
14. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan stabilitas batas bawah.....	77
15. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan <i>flow</i> batas bawah	77
16. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan MQ batas bawah.	78
17. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan VMA batas bawah.....	78
18. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan VFA batas bawah.....	79

19. Grafik hubungan antara penambahan kadar aspal dengan VIM batas bawah	79
20. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan stabilitas	84
21. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan <i>flow</i>	86
22. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan MQ	87
23. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan VMA	88
24. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan VFA	90
25. Grafik hubungan antara variasi tumbukan dengan VIM.....	91

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang segala bagian jalan, termasuk bagian pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Pada saat ini, Indonesia sudah menggunakan lapis perkerasan campuran beraspal panas (*hotmix*) baik untuk kegiatan peningkatan maupun pembangunan jalan baru. Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal pada suhu tinggi. Pencampuran dilakukan di Unit Pencampur Aspal (UPA) sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Salah satu jenis campuran beraspal panas yang sering digunakan adalah laston (Lapis Aspal Beton/AC/*Asphalt Concrete*).

Lapis aspal beton (Laston) sebagai pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base Course*) dengan lapis aus (*Wearing Course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu

lintas yang cukup berat.

Lapisan aspal memiliki karakteristik campuran yaitu *stability*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, tahanan geser (*skid resistance*), kedap air, kemudahan pekerjaan (*workability*), ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*). Dalam pencampuran, jumlah tumbukan dalam pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall. Pada perencanaan Marshall tersebut menetapkan parameter jumlah tumbukan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5-5,5%.

Oleh karena itu untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian uji pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap lapisan aspal beton. Dan lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Binder Coarse* (AC-BC) menggunakan aspal keras produksi Pertamina pen 60/70.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah yang di kaji pada penelitian ini adalah apakah ada pengaruh variasi jumlah tumbukan di dalam campuran aspal beton dengan standar tumbukan sebanyak 2x75 tumbukan terhadap karakteristik campuran laston (AC-BC).

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh yang diberikan variasi tumbukan terhadap karakteristik campuran laston (AC-BC) dengan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 .

D. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)* bergradasi halus dengan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010.
2. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal keras produksi pertamina pen 60/70.
3. *Filler* yang digunakan adalah *Portland Cement*.
4. Permasalahan yang diamati adalah parameter-parameter *Marshall*.
5. Variasi jumlah tumbukan yang digunakan adalah 2x 55 tumbukan, 2x 65 tumbukan, 2x 75 tumbukan, 2x 85 tumbukan, 2x 95 tumbukan.

E. Manfaat Penelitian

Diharapkan bisa memberikan informasi kepada pihak - pihak terkait mengenai pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap lapisan aspal beton pada campuran aspal panas AC-BC untuk gradasi halus yang ditinjau terhadap sifat *Marshall {stability, flow, void in mineral agregat (VMA), void in the mix (VIM), void filled with asphalt (VFA) dan Marshall Quotient}* yang

nantinya dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan tentang pentingnya pemilihan material dan pengaruhnya pada kualitas perkerasan terhadap perubahan variasi gradasi agregat campuran aspal panas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan, umumnya terdiri dari tiga lapis atau lebih. Lapisan-lapisan tersebut adalah lapisan permukaan (*surface coarse*), lapisan pondasi atas (*base coarse*), lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton (*slab concrete*).

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Dalam mencampur dan mengerjakannya, keduanya dipanaskan pada temperatur tertentu.

Lapisan Aspal Beton adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Lapisan ini harus bersifat kedap air, memiliki nilai struktural dan awet. Lapisan Aspal Beton (*Asphalt Concrete*) dapat dibagi kedalam 3 macam campuran sesuai dengan fungsinya, yaitu (Sukirman,2003) :

- a. Laston Lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course,AC-WC*)
- b. Laston Lapis Permukaan Antara (*Asphalt Concrete-Binder Course,AC-BC*)
- c. Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete-Base, AC-Base*)

Laston sebagai lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course,AC-WC*) merupakan lapis yang mengalami kontak langsung dengan beban dan lingkungan sekitar, maka diperlukan perencanaan dari beton aspal AC-WC yang sesuai dengan spesifikasi sehingga lapis ini bersifat kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai stabilitas yang tinggi.

Laston sebagai lapis permukaan antara (*Asphalt Concrete-Binder Course,AC-BC*) adalah :

- a. Beton aspal sebagai lapis pondasi dan pengikat (*binder*)

- b. Lapis ini lebih kaya aspal (sekitar 5-6%) dibanding dengan lapis dibawahnya
- c. Berfungsi secara struktural sebagai bagian dari lapis perkerasan jalan
- d. Umumnya bersifat tahan beban
- e. Mampu menyebarkan beban roda kendaraan kelapisan di bawahnya
- f. Diusahakan agar kedap air untuk mempersulit air permukaan yang tembus lewat retak-retak atau lubang-lubang permukaan yang tidak segera ditambal, sehingga air tidak mudah dapat mencapai tanah dasar.

Laston sebagai lapis pondasi (*Asphalt Concrete-Base, AC-Base*) adalah beton aspal yang berfungsi sebagai pondasi atas (*base course*). Aspal disini sebagai pelicin pada waktu pemadatan (biasanya sekitar 4-5%), sehingga pemadatan mudah tercapai. Lapisan ini tidak perlu terlalu kedap air. Fungsi lapis pondasi adalah untuk menahan gaya lintang akibat beban roda kendaraan.

Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal dikeluarkan oleh Dinas Perumahan dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, ketentuan sifat-sifat campuran beraspal jenis Laston yang juga menjadi acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal (LASTON)

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-BC		AC-WC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75				112	
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa setelah Perendaman 24 jam , 60 C (%)	Min.	90					
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	Min.	2,5					

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII , Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.3.(1c)

B. Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari konstruksi perkerasan jalan yang berfungsi sebagai kerangka atau tulangan yang memikul beban yakni beban kendaraan yang melewati jalan tersebut.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

- a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
- b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.

- c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

- a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan. Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya agar mampu terikat dengan baik pada campuran aspal. Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah Tabel 2.2 yang berisi tentang ketentuan untuk agregat kasar.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 ¹
Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)			80/75 ¹
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII , Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.2.(1a)

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm) dan tertahan saringan no. 200 (0.075 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan ikatan yang baik terhadap campuran aspal. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Berikut ini adalah Tabel 2.3 yang berisi tentang ketentuan mengenai agregat halus.

Tabel 3. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan \square 10 cm)		Min. 40

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.2.(2a)

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah *Portland cement*.

C. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (*cair*) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat rmasuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume.

Jenis-jenis aspal buatan hasil penyulingan minyak bumi terdiri dari:

a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras/panas (*asphalt cement*, AC) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100.

Tabel 4. Penetrasi Aspal untuk Berbagai Kondisi Iklim

Perkerasan untuk	Iklim			
	Panas kering	Panas lembab	Sedang	Dingin
Jalan Raya (lalu lintas)				
LL Berat	60-70	60-70	85-100	85-100
LL Sedang & ringan	85-100	85-100	85-100	85-100

Sumber : *Asphalt Institute* (1995)

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

Berikut ini adalah Tabel 2.5 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70.

Tabel 5. Spesifikasi Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dlm <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber: Dokumen *Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Tabel 6.3.2.5*

D. Persyaratan dan Analisis Campuran Beton Aspal Campuran Panas (AC)

Secara umum berdasarkan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2010, Departemen Pekerjaan Umum, campuran beton aspal campuran panas terdiri dari 3 macam, antara lain :

- a. Beton aspal lapis aus atau *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*, dengan agregat ukuran butir maksimum $\frac{3}{4}$ inchi atau 19mm.
- b. Beton aspal lapis antara atau *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, dengan agregat ukuran maksimum 1 inchi atau 25,4mm.

- c. Beton aspal lapis pondasi atau *Asphalt Concrete Base Course (AC-Base)*, dengan agregat ukuran butir maksimum 1 ½ inchi atau 37,5 mm.

Gradasi agregat mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap beton aspal yang dihasilkan, campuran yang bergradasi menerus mempunyai sifat volume rongganya lebih sedikit dibanding dengan gradasi senjang (*gap graded*).

Sifat yang demikian ini menjadikan beton aspal lebih peka terhadap variasi kadar aspal dalam suatu proporsi campuran.

Sifat yang diperlukan dari beton aspal, disesuaikan dengan penggunaannya sebagai pelapis permukaan konstruksi jalan yang harus memenuhi sifat teknis dan non teknis, artinya bahwa beton aspal harus dapat dibuat dari bahan-bahan yang tidak mahal akan tetapi dapat memenuhi sifat-sifat teknis sesuai dengan yang diinginkan (memenuhi spesifikasi). Dalam perencanaan, secara umum sifat-sifat teknis beton aspal, adalah :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal, kehancuran agregat, dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat

pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. *Voids In The Mix* (VIM) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. *Void In Mineral Aggregate* (VMA) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Kelenturan (*Flexibility*)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir meskipun dalam keadaan basah. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, kadar aspal yang tepat, gradasi agregat.

6. Kedap air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan perkerasan untuk tidak dapat dimasuki air dan udara. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan aspal dari permukaan agregat.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah sudahnya suatu campuran aspal beton untuk dihamparkan dan dipadatkan untuk memperoleh kepadatan yang diinginkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

E. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Yang dimaksud disini volume campuran aspal beton adalah volume benda uji campuran setelah 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), dan Volume aspal yang diserap agregat.

1. Rongga Udara dalam Campuran / *Voids In Mix* (VIM)

Voids In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakteraturan bentuk agregat.

Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. Rongga udara dalam campuran yang terlalu kecil dapat menimbulkan *bleeding*. *Bleeding* disebabkan oleh penurunan rongga udara yang tidak diikuti oleh penurunan kadar aspal, jika penurunan rongga udara seiring dengan penurunan kadar aspal maka campuran tersebut mempunyai kemampuan menahan deformasi permanen sekaligus memberikan durabilitas yang baik. Semakin kecil rongga udara maka campuran beraspal akan makin kedap terhadap air, tetapi udara tidak dapat masuk ke dalam lapisan beraspal sehingga aspal menjadi rapuh dan getas. Semakin tinggi rongga udara dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan lebih cepat.

Untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka ditentukan pengujian kepadatan yaitu pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak. Dan untuk mengendalikan kepadatan, maka diperkenalkan kriteria kadar rongga minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran, terutama campuran beraspal panas sebagai lapisan permukaan jalan. Rongga dalam campuran disyaratkan yaitu

3,5% - 5% untuk *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC). (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c))

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

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

2. Rongga pada Campuran Agregat / *Void Mineral Aggregate* (VMA)

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

Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran VMA yang kecil dan menghasilkan stabilitas yang tinggi tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil menyebabkan aspal menyelimuti agregat terbatas, sehingga menyebabkan lapisan perkerasan tidak kedap air jadi oksidasi mudah terjadi dan menyebabkan terjadinya kerusakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Seluruh jenis campuran aspal mempunyai cukup aspal menyelimuti partikel agregat dan juga cukup rongga udara dalam campuran (VIM) untuk mencegah adanya bentuk kerusakan alur plastis. Oleh sebab itu Bina Marga memberikan persyaratan

untuk nilai VMA yaitu minimal 14% untuk *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC). (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c))

Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan (Terhadap Berat Campuran Total) :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

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

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

3. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Keawetan campuran ditentukan oleh jumlah volume aspal dalam campuran (VFA). Jika presentase aspal terlalu rendah pada campuran, maka konstruksi akan rapuh dan sebaliknya bila terlalu tinggi maka akan menjadi plastis. Nilai VFA disyaratkan minimal 63% untuk *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC). (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c))

Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{G_{mm}}$$

Keterangan:

VFA (<i>void filled with asphalt</i>)	= Rongga terisi aspal
VMA (<i>voids in mineral agregat</i>)	= Rongga diantara mineral agregat
VIM (<i>void in mix</i>)	= Rongga udara campuran, persen total campuran

4. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis *bulk (dry)*, berat jenis bulk campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaan ketiga istilah ini disebabkan karena perbedaan asumsi kemampuan agregat menyerap air dan aspal.

a. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda. Berat jenis *Bulk* agregat total (G_{sb}) dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

Keterangan berat jenis *bulk agregate*:

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

$P_1, P_2 \dots P_n$ = Persentase masing-masing fraksi agregat

$G_1, G_2 \dots G_n$ = 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. Bila berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) diukur dengan AASHTO T-209-90, maka berat jenis efektif agregat (G_{se}), kecuali rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Persentase berat total campuran (= 100%)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum (%)

G_b = Berat jenis aspal

c. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran (G_{mm}) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T-209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Berat jenis maksimum campuran secara teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}}$$

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_{mm} = Persentase berat total campuran (= 100%)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

F. Metode Pengujian *Marshall*

1. Uji *Marshall*

Metode *Marshall* pertama kali ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas *Marshall* (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test* . Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam

kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelehan (*Flow*)

Nilai kelelehan (*flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Berikut ini persamaan untuk nilai MQ:

$$MQ = \frac{S}{F}$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai flow (mm)

d. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

e. Rongga diantara mineral agregat/*Void in Mineral Agregat* (VMA)

Rongga diantara mineral agregat/*Void in Mineral Agregat* (VMA) adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

f. Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM)

Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal.

G. Pemadatan Lapisan Aspal

a) Pengendalian suhu

1. Secepatnya setelah campuran tersebut telah disebar dan menurun, permukaan tersebut harus diperiksa dan setiap kualitas tidak baik harus diperbaiki.
2. Suhu campuran lepas terpasang harus dipantau dan penggilasan akan dimulai ketika suhu campuran tersebut turun dibawah 110° C dan harus diselesaikan sebelum suhu turun di bawah 65° C.
3. Penggilasan campuran tersebut akan terdiri dari operasi terpisah, bekerja sedekat mungkin kepada urutan penggilasan pada table 2.6 berikut :

Tabel 6. Urutan Penggilasan.

No.	Tahapan penggilasan	Waktu sesudah penghamparan	Suhu penggilasan °C
1	Tahap awal penggilasan	0 – 10 menit	110 - 100
2	.Penggilasan kedua/antara	10 – 20 menit	100- 80
3	Penggilasan akhir	20 – 45 menit	80 - 65

b) Prosedur Pematatan

1. Tahap awal penggilasan dan penggilasan final akan dikerjakan semuanya dengan mesin gilas roda baja.
2. Kecepatan mesin gilas tidak boleh melebihi 4 km/jam untuk mesin gilas roda baja, dan 6 km/jam untuk mesin gilas ban pneumatic serta akan selalu cukup lambat untuk menghindari pergeseran campuran panas.
3. Penggilasan kedua atau penggilasan antara mengikuti sedekat sepraktis mungkin dibelakang penggilasan pematatan awal dan harus dilaksanakan sementara campuran tersebut masih pada satu temperatur bahwa akan menghasilkan pematatan maksimum.
4. Penggilasan akan dimulai secara memanjang pada sambungan dan dari dari pinggiran sebelah luar yang akan berlangsung sejajar dengan sumbu lapangan, penggilasan dimulai dari sisi rendah maju menuju

sisi tinggi. Lintasan berikutnya dari mesin gilas akan bertumpang tindih pada paling sedikit separuh lebar mesin gilas dan lintasan tidak boleh berhenti pada titik-titik ditempat satu meter dari titik ujung lintasan-lintasan tersebut.

5. Bila menggilas sambungan memanjang, mesin gilas pemadat pertama-tama harus bergerak diatas lintasan yang sudah dilewati sebelumnya sedemikian sehingga tidak lebih dari 15 cm dari roda kemudi jalan/leawt di atas pnggir perkerasan yang tidak terpadatkan.
6. Penggilasan akan bergerak maju secara terus-menerus sebagaimana diperlukan untuk mendapatkan pemadatan yang seragam selama waktu bahwa campuran tersebut dalam kondisi dapat dikerjakan dan sampai semua tanda-tanda bekas mesin gilas, roda-roda tersebut harus dijaga selalu basah tetapi air yang berlebihan tidak diijinkan.

c). Pengertian Tumbukan

Tumbukan adalah pukulan suatu partikel berukuran relatif besar terhadap partikel lain yang ukurannya lebih kecil. Karena itu, tumbukan hanya memegang peranan penting jika ada perbedaan ukuran yang berarti antara partikel yang menumbuk dengan partikel yang tertumbuk. Jika perbedaan ukuran itu cukup jauh dan jika suatu system didominasi oleh partikel besar, maka partikel kecil akan mengalami penghancuran dalam waktu singkat .

Metode Marshall konvensional yang menggunakan 2x75 tumbukan belum cukup untuk menjamin kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lalu lintas berat dan padat dengan suhu tinggi. Masalah kepadatan campuran beraspal panas untuk perkerasan jalan yang dirancang dengan metode Marshall konvensional adalah ketergantungannya terhadap pencapaian rongga udara yang disyaratkan. Pencapaian rongga udara perkerasan jalan hanya dapat dievaluasi bila setelah beberapa tahun dilalui kendaraan. Bila rongga udara tidak tercapai oleh pemadatan lalu lintas, maka rongga dalam campuran akan relatif lebih tinggi sehingga penuaan aspal relatif akan lebih cepat akibat oksidasi, perkerasan menjadi kurang lentur dan akan cepat retak. Sebaliknya bila rongga dalam campuran beraspal masih terlalu rendah, maka akan menyebabkan *bleeding* atau keluarnya aspal karena campuran tidak cukup ruang untuk mengakomodasi aspal dalam rongganya.

Pemadatan di laboratorium sangat berbeda dengan pemadatan di lapangan, pemadatan di lapangan dapat diakibatkan pemadatan oleh lalu lintas, tetapi pemadatan secara mekanis di laboratorium dengan metode Marshall masih relevan mensimulasikan pemadatan oleh beban lalu lintas, asalkan jumlah tumbukkan pada benda uji harus disesuaikan dan untuk menambah kesempurnaan dalam prosedur perencanaan campuran maka di tentukan pengujian tambahan, yaitu: pemadatan ultimit pada benda uji sampai mencapai kepadatan mutlak (*refusal density*).

Sedangkan untuk mengendalikan kepadatan maka diperkenalkan kriteria kadar rongga minimum dan maksimum dalam persyaratan campuran,

terutama untuk campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan jalan. Rongga dalam campuran dirancang dapat dicapai tidak kurang dari 3,5% untuk lalu lintas berat. Pemadatan contoh uji harus dilakukan dengan jumlah tumbukan yang berlebih sebagai simulasi adanya pemadatan oleh lalu lintas, sampai benda uji tidak bertambah padat lagi. Kepadatan yang mutlak ini berguna untuk menjamin bahwa dengan pendekatan adanya pemadatan oleh lalu lintas setelah beberapa tahun umur rencana, lapis permukaan tidak akan mengalami perubahan bentuk plastis (*plastic deformation*). Bila pengujian ini diterapkan maka kinerja perkerasan jalan beraspal yang dicampur secara panas akan meningkat.

Sejak tahun 1995 Bina Marga telah menyempurnakan konsep spesifikasi campuran beraspal panas bersama-sama dengan Puslitbang Jalan. Dalam Spesifikasi baru diperkenalkan perencanaan campuran beraspal panas dengan pendekatan kepadatan mutlak. Kepadatan mutlak adalah massa per satuan volume termasuk rongga contoh uji yang dipadatkan sampai mencapai tertinggi yang dicapai sehingga campuran tersebut praktis tidak dapat menjadi lebih padat lagi. Hal tersebut sesuai dengan metode pengujian yang ditentukan dalam “Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak”

Pada tahun 1999, Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah Telah mengeluarkan SK.No.76 / KPTS / Db / 1999 tentang Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas pada tahun 2001. Semua Campuran

dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi. Beberapa Jenis Campuran Aspal dalam spesifikasi tersebut adalah : Latasir (*Sand Sheet*) , Lataston (*Hot Roller Sheet*) dan Laston (Lapis Aspal Beton). Laston merupakan salah satu jenis lapis perkerasan yang sesuai pada jenis perkerasan lentur yang sebagian besar digunakan sebagai perkerasan jalan yang ada di Indonesia. Perkerasan ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air dan dapat memikul beban yang besar. Akan tetapi hal ini tidak selalu dapat dipenuhi karena pengaruh beberapa hal seperti cuaca, beban yang melebihi beban rencana, atau kualitas aspal dan gradasi agregat yang tidak baik. Oleh karena itu, dalam upaya meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan di samping perlu adanya penggunaan campuran beraspal panas dengan spesifikasi baru, pemilihan jenis material yang digunakan adalah sangat penting.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) Tanjungan, Lampung Selatan.
2. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement*.
3. Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal keras produksi Pertamina pen 60/70.

C. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Satu set saringan

Alat ini digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat.

2. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji kehilangan berat, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan).

3. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji pemeriksaan agregat yang digunakan antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), saringan standar (terdiri dari ukuran 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200), alat pengering (oven), timbangan berat alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).

4. Alat uji karakteristik campuran beraspal

Alat uji karakteristik campuran beraspal yang digunakan adalah seperangkat alat dalam pengujian untuk metode *Marshall*, meliputi :

- a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji *flowmeter*.
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).
- c. *Marshall automatic compactor* yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah).
- d. Ejektor untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah proses pemadatan.
- e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.

- f. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan pencampur, kompor, *thermometer*, *oven*, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, panci pencampur, timbangan, dan jangka sorong dan tipe-ex yang digunakan untuk menandai benda uji.

D. Prosedur Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir yaitu :

1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu persiapan bahan dan juga persiapan alat yang digunakan untuk mendukung. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* (berupa semen)) dengan mendatangkan bahan-bahan yang diperlukan ke laboratorium inti jalan raya Fakultas Teknik Universitas Lampung dan kemudian menyiapkan peralatan dan bahan sebelum digunakan dalam campuran beraspal.

2. Pengujian Bahan

a. Pengujian aspal

Pengujian aspal meliputi :

1) Uji Penetrasi

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan penetrasi aspal keras dengan menggunakan seperangkat alat uji penetrasi.

2) Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer.

3) Titik Lembek Aspal

Titik lembek adalah suhu pada bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun sehingga lapisan aspal yang tertahan dalam ukuran cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak dibawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat dari pemanasan yang dilakukan.

4) Pengujian Berat yang Hilang

Pengujian ini dilakukan untuk menetapkan kehilangan berat minyak dalam aspal dengan cara pemanasan pada tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen dari berat semula.

5) Daktilitas Bahan-Bahan Aspal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan kuat tarik aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

Tabel 7. Standar Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Syarat
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	60 - 70
2	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Berat yang Hilang	SNI 06-2441-1991	maks 0,4%
5	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	≥ 100

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

b. Pengujian agregat

1) Analisis saringan agregat halus dan kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui butiran (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

2) Berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis pada agregat kasar dan halus pada kondisi SSD (*Surface Saturated Dry*), kondisi kering (*Bulk Specific Gravity Dry*), kondisi semu (*Apperant Specific Gravity*), dan penyerapan (*absorbtion*) dari agregat kasar dan halus.

3) Pengujian Keausan Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mempergunakan mesin *Los Angeles*..

4) *Aggregate Impact Value* (AIV)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan relative agregat terhadap tumbukan dengan menyatakan nilai AIV.

5) *Aggregate Crushing Value* (ACV)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan relative agregat terhadap tekanan dengan menyatakan nilai ACV.

6) Indeks Kepipihan (*Flakyness*)

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan indeks kepipihan agregat.

Tabel 8. Standar Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji	Syarat
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat jenis dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1969-1990	Bj Bulk < 2.5
3	Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990	Penyerapan > 3% Bj Bulk < 2.5
4	Tes Abrasi	SNI 03-2417-1990	Penyerapan > 5% Maks. 40%
5	Aggregate Impact Value (AIV)	BS 812:part 3:1975	Maks. 30%
6	Aggregate Crushing Value (ACV)	BS 812:part 3:1975	Maks. 30%
7	Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
8	Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

3. Menentukan Fraksi Agregat

Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-BC (*Asphalt Concrete -Binder Course*).

Tabel 9. Gradasi Agregat untuk Campuran LASTON

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos					
		LASTON (AC)					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
(inch)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 $\frac{1}{2}$ "	37,5	-	-	100	-	-	100
1"	25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
3/4"	19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
1/2"	12.5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
3/8"	9.5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
No.4	4.75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
No.8	2.36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
No.16	1.18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
No.30	0.6	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
No.50	0.3	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
No.100	0.15	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
No.200	0.075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi
BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

4. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal

- a. Menghitung perkiraan awal kadar aspal (P_b) sebagai berikut :

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

Keterangan:

Nilai konstanta kira-kira 0,5 sampai 1,0 untuk Laston dan 2,0 sampai 3,0 untuk Laston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 sampai 2,5.

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

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

Filler : Persen agregat minimal 75% lolos No.200

K : Konstanta 0,5 – 1,0 untuk laston.

- b. Menyiapkan benda uji Marshall pada kadar aspal dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10. Jumlah Benda Uji Pada Kadar Aspal.

Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji	Total Benda Uji
Batas Bawah	Pb - 1%	3	15
	Pb - 0,5%	3	
	Pb	3	
	Pb + 0,5%	3	
	Pb + 1%	3	
Batas Tengah	Pb - 1%	3	15
	Pb - 0,5%	3	
	Pb	3	
	Pb + 0,5%	3	
	Pb + 1%	3	

- b. Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum (BJ Max) dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
- c. 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.
- d. Mencampur agregat dengan aspal pada suhu di sarankan berdasarkan spesifikasi umum Bina marga 2010.

- e. Melakukan pemadatan standar dengan Automatic Marshall Compactor sebanyak 2 x 75 kali tumbukan.
- f. Setelah itu benda uji di tes Marshall dan di dapat nilai KAO (Kadar Aspal Optimum)
- g. Setelah di dapat nilai KAO maka dilakukan pemadatan dengan Automatic Marshall Compactor dengan variasi jumlah tumbukan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 11. Pencampuran setelah di dapat Nilai KAO.

Variasi Tumbukan	Gradasi Batas Bawah	Gradasi Batas Tengah
2 x 55	3 buah	3 buah
2 x 65	3 buah	3 buah
2 x 75	3 buah	3 buah
2 x 85	3 buah	3 buah
2 x 95	3 buah	3 buah
Jumlah	15 buah	15 buah

- h. Mendinginkan benda uji terlebih dulu agar mulai mengeras sebelum mengeluarkannya dari cetakan, dan kemudian mendinginkannya selama kurang lebih 24 jam.
- i. Mengukur ketebalan, menimbang, dan kemudian merendam benda uji dalam air pada suhu normal selama 24 jam.
- j. Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
- k. Sebelum menguji benda uji dengan alat *Marshall*, merendam benda uji terlebih dahulu dalam *waterbath* pada suhu 60 °C selama 30 menit.

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah pada masing-masing variasi kadar aspal sehingga jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 15 buah untuk satu kelompok benda uji. Jadi total keseluruhan benda uji pada penelitian ini sebanyak 60 buah.

Tabel 12. Komposisi Agregat dalam Campuran

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos				
(inchi)	(mm)	AC-BC	% Lolos Batas Atas	% Lolos Batas Bawah	% Lolos Batas Tengah	
1 1/2"	37.5	-	-	-	-	CA
1"	25	100	100	100	100	
3/4"	19	90 - 100	100	90	95	
1/2"	12.5	74 - 90	90	74	82	
3/8"	9.5	64 - 82	82	64	73	
No.4	4.75	47 - 64	64	47	55,5	
No.8	2.36	34,6 - 49	49	34,6	41,8	FA
No.16	1.18	28,3 - 38	38	28,3	33,15	
No.30	0.6	20,7 - 28	28	20,7	24,35	
No.50	0.3	13,7 - 20	20	13,7	16,85	
No.100	0.15	4 - 13	13	4	8,5	
No.200	0.075	4 - 8	8	4	6	
Pan			0	0	0	FF

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal.

5. Pemeriksaan dengan Alat Marshall

a. Pemeriksaan berat jenis campuran

Setelah dilakukan pencampuran material, pembuatan benda uji dan pemadatan kedua sisi dilaksanakan, benda uji dikeluarkan dari cetakan

kemudian diukur pada tiga sisi setiap benda uji dan ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji kering. Kemudian merendam benda uji di dalam bak selama 3-5 menit dan ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air. Kemudian benda uji diangkat dan dilap sehingga kering permukaan dan didapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD).

b. Pengujian

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap (*flow*) dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T- 245-90. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat *Marshall* :

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 30 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 di tengah 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 kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- 4) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.

- 5) Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inchi) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas marshall.
- 6) Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.

6. Menghitung Parameter *Marshall*

Setelah pengujian *Marshall* selesai serta nilai stabilitas dan *flow* didapat, selanjutnya menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lainnya sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.

7. Analisa Data Hasil Penelitian

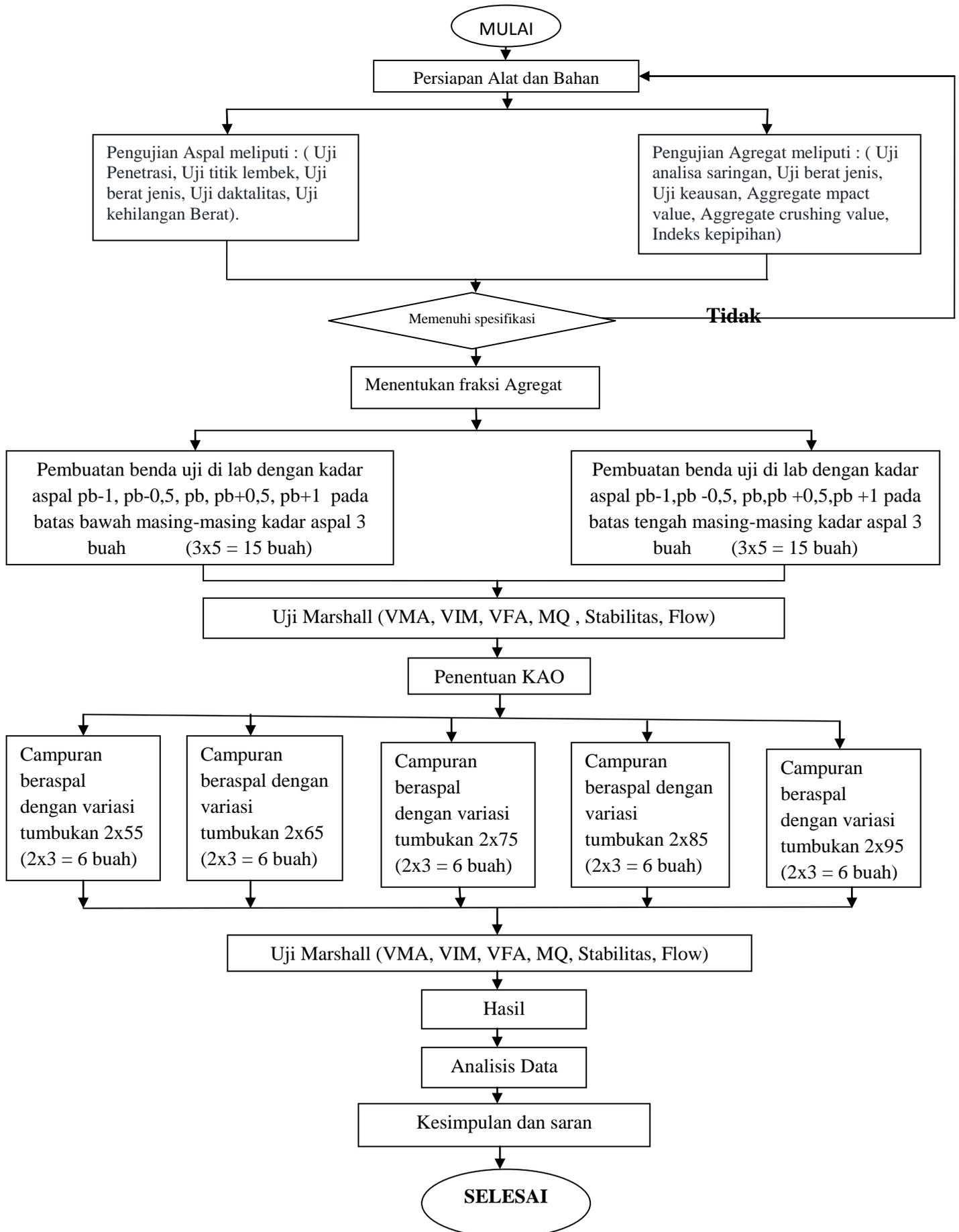
Dari hasil penelitian di laboratorium akan diperoleh nilai parameter marshall (*Stability, Flow, Void in Mineral Agregat (VMA), Void in The Mix (VIM), Void Filled with Asphalt (VFA)* dan (*Marshall Quotient.*) dari campuran perkerasan Laston (AC-BC) bergradasi kasar dengan perbedaan jumlah tumbukan saat pemadatan campuran.

Kemudian menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar hubungan antara:

- a) Kadar aspal dengan stabilitas

- b) Kadar aspal dengan *flow*
- c) Kadar aspal dengan VIM
- d) Kadar aspal dengan VMA
- e) Kadar aspal dengan VFA
- f) Kadar aspal dengan *Marshall Quotient* (MQ).

E. Diagram Alir Penelitian



V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil pengujian, analisis dan pembahasan penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Hasil pemeriksaan sifat fisik agregat (agregat kasar, agregat halus, *filler*) dan aspal didapat bahwa hasil uji memenuhi persyaratan standar spesifikasi Bina Marga 2010 sehingga dapat digunakan dalam campuran beraspal.
2. Dari pengujian batas bawah tidak diperoleh kadar aspal optimum sehingga sampel ditambah dan diperoleh kadar aspal optimum sebesar 6,85%.
3. Karakteristik campuran laston (AC-BC) yang didapat dengan variasi jumlah tumbukan yaitu:
 - a. Stabilitas

Nilai stabilitas untuk variasi tumbukan pada gradasi batas tengah dan batas bawah telah memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 800 kg. Semakin bertambah jumlah tumbukan maka nilai stabilitas akan semakin kecil.
 - b. Kelelehan (*Flow*).

Nilai flow yang memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 berada pada gradasi batas tengah sedangkan nilai flow pada batas bawah hanya sebagian yang memenuhi spesifikasi bina marga 2010. Untuk batas bawah nilai flow cenderung menurun seiring dengan penambahan tumbukan sedangkan pada batas bawah nilai *flow* cenderung membentuk cembung seiring tingginya jumlah tumbukan dan kembali turun pada jumlah tumbukan selanjutnya.

c. Kekakuan (*Marshall Quotient*).

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) untuk variasi tumbukan pada gradasi batas tengah tidak memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 sedangkan pada batas bawah hanya sebagian yang memenuhi spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada batas tengah dan batas bawah cenderung menurun seiring dengan penambahan tumbukan.

d. VIM (*Void in Mix*)

Nilai VIM untuk variasi tumbukan pada gradasi batas tengah dan batas bawah telah memenuhi spesifikasi bina marga 2010 yaitu antara 3,5% - 5%. Semakin besar variasi tumbukan maka nilai VIM akan menurun.

e. VMA (*Void In Mineral Agregate*)

Nilai VMA untuk variasi tumbukan pada gradasi batas tengah dan batas bawah telah memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 15%. Dengan peningkatan jumlah tumbukan yang diberikan maka nilai VMA yang diperoleh akan semakin kecil.

f. VFA (*Voids Filled with Asphalt*)

Nilai VFA untuk variasi tumbukan pada gradasi batas tengah tidak ada yang memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 65%. Dengan peningkatan jumlah tumbukan yang diberikan maka nilai VFA yang diperoleh akan semakin besar.

B. Saran

Saran yang dapat di berikan setelah dilakukan penelitian ini baik dari segi prosedur, hal-hal penunjang dalam penelitian, serta penelitian lanjutan diantaranya adalah;

1. Sebaiknya kontrol suhu dilakukan dengan lebih teliti saat pencampuran dan pemadatan campuran aspal.
2. Harus berhati-hati pada saat menuangkan aspal ke dalam cetakan agar jumlahnya tidak berkurang.
3. Perlu adanya pengaturan jadwal yang tetap bagi mahasiswa yang sedang praktikum, mahasiswa yang sedang penelitian dan pihak-pihak lain dari luar.
4. Perlu adanya penambahan alat praktikum berupa satu set ayakan demi efisiensi penelitian.
5. Pembacaan pada saat pengujian menggunakan alat *Marshall* agar lebih teliti, dan didampingi pengurus laboratorium / asisten dosen.

DAFTAR PUSTAKA

- 1991. *Metode Pengujian Agregat, SNI*. Departemen Pekerjaan Umum. Standar Nasional Indonesia.
- 1991. *Metode Pengujian Aspal, SNI*. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia.
- 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- 2010. *Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6*. Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta.
- 2011. *Format Penulisan Karya Ilmiah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 60 hlm.
- 2012. *Panduan Praktikum Pelaksanaan Perkerasan Jalan (PPJ)*. Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung. 59 hlm.
- Amal, Andi Saiful. 2010. *Variasi Jumlah Tumbukan Pada Campuran beton Aspal Terhadap Nilai Density Dan Void In The Mix*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sastra, Hadi. 2009. *Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAH) dengan Modifikasi Campuran Dingin (COLD MIX) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Maeshall*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*, Bandung.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sugiarto, RE. 2003. *Pengaruh Variasi Tingkat Kepadatan Terhadap Sifat Marshall Dan Indek Kekuatan Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Pada Laston (AC-WC) Menggunakan Jenis Aspal Pertamina Dan Aspal Esso Penetrasi 60/70*. Semarang: Universitas Diponegoro.

Sarisa, Liona Dwi. 2013. *Campuran Beraspal Panas Dengan Menggunakan Variasi Gradasi Agregat Mengacu Pada Spesifikasi Bina Marga 2010*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Ariawan, I Made A. dan Widhiawati, I. A. Rai. 2010. *Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Laston*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14, No. 2. Universitas Udayana. Denpasar.