

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Kerusakan jalan di Indonesia sering disebabkan oleh pembebanan kendaraan yang terjadi terlalu berlebihan, perubahan lingkungan, serta campuran beraspal di lapangan yang sering dilakukan pada temperature yang tidak tepat yaitu suhu pencampuran dan suhu pemadatan. Suhu pencampuran dan suhu pemadatan sangat mempengaruhi nilai parameter *marshall* yang dihasilkan, sehingga harus dilakukan sesuai dengan yang disyaratkan. Prasarana jalan pada umumnya menggunakan konstruksi perkerasan lentur, dimana bahan perkerasan terdiri dari campuran agregat dan aspal.

Jenis lapis permukaan yang umum digunakan adalah Laston (Lapis Tipis Aspal Beton), Laston (Lapis Aspal Beton), Lapen (Lapisan Penetrasi Makadam), Buras (Laburan Aspal), dan lain-lain. Jenis campuran yang dipakai yaitu jenis campuran laston (lapisan aspal beton) dan laston (lapis tipis aspal beton) atau yang dikenal dengan AC - WC dan HRS-WC.

AC-WC yang merupakan lapisan perkerasan lentur yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan, memiliki fleksibilitas yang tinggi, rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. HRS-WC adalah campuran aspal yang dirancang dengan kadar aspal tinggi agar perkerasan tersebut tahan terhadap kelelahan. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada laston adalah pelepasan butiran dan retak. Selain itu terlalu tingginya viskositas aspal juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kerusakan aspal.

Suhu pencampuran yang sangat tinggi dapat menyebabkan aspal kehilangan sifat viskositasnya, jika terlalu rendah menyebabkan aspal tidak seluruhnya menutupi material. Sedangkan suhu pemadatan yang lebih tinggi dari yang disyaratkan menyebabkan terjadinya bleeding pada saat pemadatan dan suhu pemadatan yang rendah dapat menyebabkan campuran aspal sulit dipadatkan karena viskositasnya yang tinggi, sehingga tidak tercapai kepadatan yang diinginkan. Campuran aspal yang di angkut ke lokasi perkerasan jalan dengan jarak tempuh yang jauh dapat menyebabkan suhu

pencampuran dan suhu pemadatan menurun, sehingga berkurangnya ikatan antar butir pada campuran beton aspal saat pemadatan.

Untuk mendapatkan suhu pemadatan dan suhu pencampuran beraspal dapat diperoleh dari hasil uji viskositas. Suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang diperoleh dari uji viskositas tersebut dapat dijadikan acuan untuk melakukan penelitian. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan suhu pemadatan dan suhu pencampuran terhadap kinerja *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dan *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS – WC) berdasarkan nilai-nilai serta dari hasil pengujian *Marshall*.

## **BAB 2**

### **PERUMUSAN MASALAH**

Berdasarkan pada uraian pada latar belakang diatas, dapat diidentifikasi perumusan masalah dalam penelitian ini adalah banyaknya kendala yang ditemui dalam pelaksanaan di lapangan dalam pekerjaan struktur perkerasan jalan raya (*pavement*) antara lain sulitnya memenuhi spesifikasi suhu pemadatan dan suhu pencampuran yang telah ditentukan dikarenakan faktor cuaca,, jauhnya jarak proyek dan AMP, kekurangtahuan kontraktor, konsultan dan owner akan pentingnya peranan suhu pemadatan dan suhu pencampuran untuk menghasilkan kinerja perkerasan yang baik yang sesuai spesifikasi.

## BAB 3

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 3.1. Penelitian Terdahulu

Mengacu pada penelitian terdahulu mengenai “Kajian variasi suhu pemadatan pada beton aspal menggunakan aspal retona blend 55” yang ditulis oleh Syarwan. Hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut suhu pemadatan sangat mempengaruhi parameter *Marshall* dan nilai durabilitas campuran beton aspal AC-BC. Untuk suhu pemadatan yang masih memenuhi persyaratan pada campuran beton aspal AC-BC menggunakan aspal Retona Blend 55 adalah pada suhu 130°C sampai dengan 150°C. Sedangkan untuk suhu dibawah 130°C tidak memenuhi persyaratan lagi dan pada suhu pemadatan yang terbaik adalah terletak pada suhu 150°C yang menghasilkan kinerja campuran yang lebih baik.

Adapun penelitian lain yang ditulis oleh Akem (2012) berjudul “Pengaruh Suhu Pemadatan Pada Lapis Perkerasan Lataston (HRS – WC) yang Menggunakan Bahan Pengikat Retona Blend 55”. Pada penelitian tersebut diperoleh kesimpulan bahwa hasil pengujian di laboratorium dengan parameter Marshall diketahui pengaruh suhu pemadatan pada suhu 135°C, 140°C, 145°C memenuhi syarat, sedangkan pemadatan pada suhu 125°C, 130°C tidak memenuhi syarat Marshall. Untuk Lataston (HRS-WC) menggunakan bahan pengikat *Retona Blend 55* bahwa dengan suhu pemadatan standar diperoleh nilai stabilitas yang baik. Demikian juga dengan nilai VIM memenuhi syarat Bina Marga. Dengan demikian, stabilitas terpenuhi dan rongga dalam campuran semakin kecil penggunaan *Retona Blend 55* terbukti mampu meningkatkan nilai ketahanan/keawetan pada campuran aspal panas jenis perkerasan Lataston (HRS-WC). Dengan demikian, direkomendasikan bahwa pemakaian aspal *Retona Blend 55* khususnya pada campuran HRS-WC layak untuk dipertimbangkan sebagai alternatif pengganti aspal pen 60/70 yang mulai langka di pasaran.

Dari penelitian - penelitian sebelumnya diatas, maka dilakukanlah penelitian dengan uji laboratorium tentang pengaruh perubahan suhu pada lapis AC-WC dan HRS-

WC melalui uji viskositas, sehingga didapat judul penelitian yaitu “Karakteristik *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* dan *Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC)* terhadap perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan Menggunakan Metode *Marshall*”.

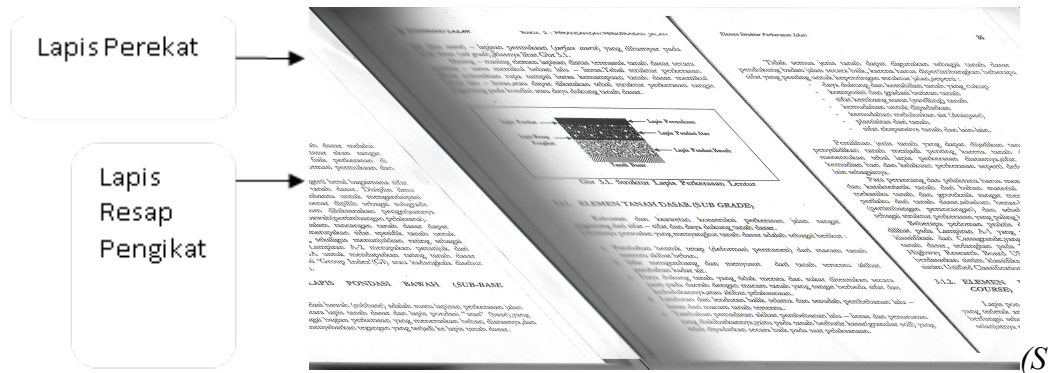
### **3.2. Jenis-jenis Perkerasan Jalan**

Untuk merencanakan struktur perkerasan jalan diperlukan data beban dan volume lalu lintas yang akan digunakan untuk menentukan umur rencana yang menjadi dasar utama dalam hal perhitungan struktur perkerasan. Perencanaan perkerasan jalan meliputi antara lain kegiatan pengukuran kekuatan serta menetapkan ketebalan permukaan perkerasan dari lapisan permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Mengingat perkerasan jalan dibangun di atas tanah dasar, maka daya tahan konstruksi perkerasan mengikuti sifat tanah dasar. Tanah dasar merupakan lapisan tanah asli atau tidak asli yang disiapkan atau diperbaiki kondisinya untuk meletakkan perkerasan jalan (*Saodang, 2005:10*). Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dipasang langsung di atas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas (*Saodang, 2005:9*). Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

#### **a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)**

Menurut Saodang (2005), perkerasan lentur dibuat secara berlapis terdiri dari elemen perkerasan terdiri dari lapisan pondasi bawah (*sub base course*) lapisan pondasi atas (*base course*) lapisan permukaan (*surface course*) yang dihampar pada tanah dasar (*sub grade*). Masing-masing elemen lapisan diatas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu – lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu – lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.

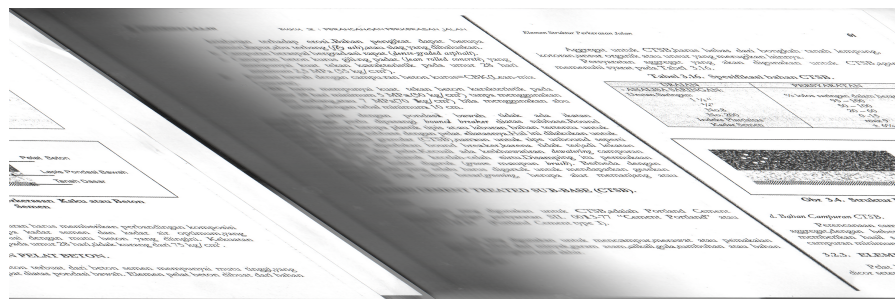


umber: Saodang, 2005)

Gambar III.1. Struktur Perkerasan Lentur

b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Dalam Saodang (2005:57) pada struktur jalan kaku (*Rigid Pavement*) disebut juga perkerasan jalan beton semen. Perkerasan jalan ini dapat dilaksanakan pada kondisi daya dukung tanah dasar yang kurang baik (kecil, misal berkisar nilai CBR 2%), atau beban lalu lintas yang harus dilayani relatif besar, maka dibuat solusi dengan konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) atau disebut juga perkerasan beton semen, karena bahan dasar terbuat dari beton semen. Struktur Perkerasan kaku terdiri atas pelat beton yang diletakkan pada lapis pondasi bawah yang menumpu pada tanah dasar, dengan atau tanpa lapis permukaan beraspal di atasnya.



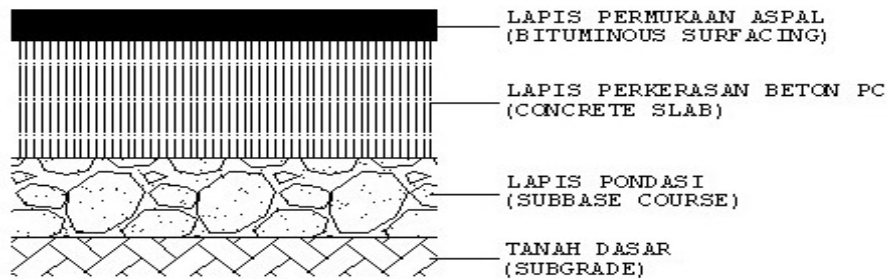
(Sumber: Saodang, 2005)

### Gambar III.2. Struktur Perkerasan Kaku

Konstruksi perkerasan ini biasanya terletak langsung di atas tanah dasar pondasi bawah ataupun langsung di atas tanah dasar (*subgrade*). Fungsi pondasi pada perkerasan kaku antara lain :

- 1) Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen
- 2) Mengurangi kerusakan sebagai akibat pembekuan
- 3) Mengurangi terjadinya bahaya retak
- 4) Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak pula digunakan jenis perkerasan gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara perkerasan lentur dengan perkerasan kaku. Konstruksi perkerasan komposit merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur. Susunan lapis perkerasan adalah seperti diperlihatkan pada Gambar III.3.



(Sumber :Sukirman, 1999)

Gambar III.3. Struktur perkerasan Komposit

### 3.3. Susunan Lapis Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) adalah sistem perkerasan dimana konstruksinya terdiri dari beberapa lapisan. Tiap-tiap lapisan perkerasan pada umumnya menggunakan bahan maupun persyaratan yang berbeda sesuai dengan fungsinya yaitu,

untuk menyebarkan beban roda kendaraan sedemikian rupa sehingga dapat ditahan oleh tanah dasar dalam batas daya dukungnya. Menurut Sukirman (1995), konstruksi perkerasan jalan terdiri dari :

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan dan berfungsi sebagai:

- 1) Lapis perkerasan penahan beban kendaraan, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- 2) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- 3) Lapis aus (*Wearing Course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- 4) Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih kecil.

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*base course*) adalah lapisan perkerasan jalan yang terletak diantara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah (*sub-base*). pondasi atas. Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai berikut:

- 1) Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda
- 2) Perletakan terhadap lapisan permukaan
- 3) Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke pondasi bawah.

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Perkerasan bawah adalah bagian dari konstruksi jalan, lapisan ini terletak diantara perkerasan tanah atas (*base course*) dan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah. Lapisan pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- 1) Sebagai bagian dari perkerasan jalan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.



- 2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan yang lainnya dapat dikurangi tebalnya sehingga dapat menghemat biaya konstruksi.
- 3) Untuk mencegah tanah dasarnya supaya jangan masuk ke dalam lapisan perkerasan jalan.

Hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat besar.

#### d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah suatu bagian dari konstruksi jalan yang berfungsi untuk mendukung seluruh bagian konstruksi jalan dan beserta gaya-gaya kendaraan yang melaluinya. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pematatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana.

### 3.4. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari penyilangan minyak bumi. Aspal dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat, dan antara aspal itu sendiri, dengan syarat daya adhesi dan kohesinya besar.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dan agregat, dengan syarat sifat plastis yang besar dan sifat kecairan yang cukup.

Aspal atau dalam istilah lainnya *Asphaltic Bitumen* tersusun dari *Asphaltene* bercampur dalam cairan yang disebut *maltene* yang memiliki kandungan unsur *carbon* (C) sebagai komponen utama yaitu sebanyak 80%, *hydrogen* (H) sebanyak 10%, dan sisanya merupakan *sulfur* (S). Aspal dihasilkan dari minyak bumi kemudian melalui

proses yang disebut destilasi residu oil. Setiap minyak bumi akan menghasilkan residu yang memiliki bahan aspal yang berbeda-beda, antara lain :

- a. Bahan dasar aspal (*asphaltic crude oil*)
- b. Bahan dasar parafin (*parafin base crude oil*)
- c. Bahan dasar campuran (*mixed base crude oil*)

Menurut *Hamirhan Saodang* (2004), Fungsi dasar aspal yang dipergunakan pada perkerasan jalan adalah :

- 1) Sebagai bahan pengikat dengan butiran agregat.
- 2) Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

### **3.5. Agregat**

Agregat adalah elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan berat, dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan (*Saodang, 2005:155*). Walaupun sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas perkerasan jalan, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pencampuran.

Sifat agregat merupakan salah satu penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan. Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan.

Metode analisis saringan dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini adalah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

#### **3.5.1. Sifat Agregat**

Ada beberapa sifat fisik agregat yang mudah untuk dilihat dengan kasat mata namun memiliki efek paling besar sebagai material perkerasan jalan yaitu :

## 1. Gradasi

Gradasi adalah susunan ukuran tiap butirnya (Saodang, 2005:155). Ada 3 macam gradasi yang dikenal, yaitu :

- a. Gradasi Seragam adalah agregat yang terdiri dari butiran yang berada pada batas yang sempit dari ukuran fraksi, biasanya dipakai untuk beton ringan jenis beton tanpa pasir, atau untuk mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk tambahan agregat dengan gradasi campuran yang kurang memenuhi syarat.
- b. Gradasi Menerus adalah agregat yang memiliki proporsi yang seimbang di tiap ukuran butiran. Dengan kata lain, seluruh ukuran fraksi terdapat dalam agregat tersebut.
- c. Gradasi Senjang adalah agregat dengan gradasi salah satu fraksi atau lebih yang berukuran tertentu tidak ada.

## 2. Daya Tahan dan Kekuatan Agregat

Kekuatan agregat berpengaruh langsung terhadap kekuatan perkerasan jalannya. Secara umum, mereka harus cukup keras dan kuat untuk menahan beban lalu lintas di atasnya yang selanjutnya akan dikirimkan ke tiap lapisan dan akhirnya ke tanah dasar. Apabila agregat tidak cukup tahan dan kuat, maka akan menyebabkan kegagalan dini pada struktural jalan.

## 3. Kadar Air, Berat Jenis dan Penyerapan

Kadar air dan penyerapan agregat sangat berpengaruh terhadap penimbangan material saat pelaksanaan. Begitu pula dengan berat jenis yang biasanya dipengaruhi oleh porositas bahan akan berdampak terhadap kadar aspal. Apabila agregat terlalu banyak mengandung air, maka perkerasan jalan pun akan menghasilkan kualitas yang buruk.

## 4. Bentuk Partikel dan Tekstur

Kedua sifat agregat ini berpengaruh terhadap kekuatan lapisan perkerasan jalan. Ada beberapa bentuk agregat dan teksturnya antara lain :

- a. Bulat, dapat ditemukan biasanya di sungai-sungai. Berbentuk bulat karena batuan tersebut mengalami pengikisan oleh air secara terus menerus.
- b. Lonjong, dapat ditemukan di sungai-sungai atau endapan sungai. Agregat dapat dikatakan berbentuk lonjong apabila ukuran terpanjangnya  $> 1,8$  dikali diameternya.
- c. Pipih, biasanya berasal dari hasil mesin pemecah batu. Dapat dikatakan agregat pipih jika ukurannya lebih tipis dari  $0,5$  dikali diameternya.
- d. Kubus, bentuk agregat seperti ini merupakan hasil dari mesin pemecah batu yang berbentuk bidang rata. Agregat jenis ini paling banyak digunakan sebagai material perkerasan jalan.

### 3.6. Klasifikasi Agregat

Menurut *Silvia Sukirman*, (1995), ditinjau dari asal kejadiannya agregat atau batuan dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen dan batuan metamorf (batuan malihan). Berikut klasifikasi agregat akan diuraikan di bawah ini :

- a. Klasifikasi berdasarkan sumber bahan (*resource*)

Berdasarkan didapatnya bahan, agregat terdiri dari agregat alam, dan agregat buatan. Agregat alam diperoleh secara alamiah di alam ini, dengan sedikit pengolahan, seperti pasir dan kerikil. Agregat alam dapat ditemukan di alam terbuka diistilahkan sebagai pitrun, dan diambil dari sungai disebut sebagai bankrun. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*), untuk dijadikan material yang memenuhi syarat sebagai bahan perkerasan jalan. Berbagai macam ukuran butir dari hasil pemecahan batu ini sesuai dengan kebutuhan gradasi komponen perkerasan. Residu dari hasil pemecahan berupa abu batu yang dapat digunakan sebagai bahan *filler* (material pengisi) campuran dari bahan-bahan agregat dan aspal tersebut. Sumber lain dari bahan *filler* berasal dari produksi semen dan kapur, berupa abu semen dan abu kapur. Masing-masing harus dicermati sifat absorbs (penyerapan) aspal.

- b. Klasifikasi berdasarkan dimensi butiran

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini sering kali berbeda. Sesuai institusi yang menentukannya. Menurut Bina Marga membedakan agregat menjadi :

- 1) Agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (= 4,75 mm).
- 2) Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (= 4,75 mm).
- 3) Bahan pengisi (*filler*) adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No.200 ( 0,075 mm).

Spesifikasi agregat campuran adalah nilai rentang gradasi agregat campuran yang diperbolehkan terjadi di lapangan. Gradasi tengah adalah gradasi agregat yang merupakan nilai tengah dari rentang gradasi agregat yang diberikan dalam spesifikasi. Gradasi tengah ini seringkali disebut gradasi ideal dari spesifikasi campuran.

Tabel III.1 Gradasi agregat untuk campuran aspal AC-WC

Ukuran ayakan (mm)	% Persen Berat Lolos terhadap total agregat dalam campuran	
	Untuk laston (AC-WC)	
	Gradasi halus	Gradasi kasar
19	100	100
12,5	90-100	90-100
9,5	72-90	72-90
4,75	54-69	43-63
2,36	39,1-53	28-39,1
1,18	31,6-40	19-25,6
0,600	23,1-30	13-19,1
0,300	15,5-22	9-15,5
0,150	9-15	6-13
0,075	4-10	4-10

Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2010 (revisi 2)

Tabel III.2. Gradasi agregat untuk campuran HRS-WC

Ukuran ayakan	% Berat yang lolos
---------------	--------------------

ASTTM	(mm)	LATASTON (HRS-WC)
¾ “	19	100
½ “	12,5	90 – 100
3/8 “	9,5	75 – 85
No.8	2,36	50 - 72
No. 16	1,18	-
No. 30	0,600	35-60
No.200	0,075	6 – 10

Sumber : Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 2)

### 3.7. Design Mix Formula (DMF)

Pada DMF yang akan dihitung yaitu penentuan kadar aspal dengan *Design Mix Formula* (DMF). Perkiraan awal kadar aspal rancangan dapat diperoleh dengan persamaan di bawah ini.

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%F) + K \dots \dots \dots \text{(Pers.III.1.)}$$

Dimana :

$P_b$  = kadar aspal perkiraan

CA = % berat material yang tertahan saringan no. 8 terhadap berat total campuran

FA = % berat material yang lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200 terhadap berat total campuran

F = % berat material yang lolos saringan no. 200 terhadap total campuran

Catatan :

\*Nilai konstanta sekitar 0,5 – 1,0 untuk AC dan 2,0 – 3,0 untuk HRS

Dari persamaan di atas dapat dihasilkan nilai kadar aspal rencana yang akan digunakan untuk menghitung kadar aspal optimum pada keadaan normal.

### 3.8. Job Mix Formula (JMF)

*Job Mix Formula* (JMF) adalah cara mendapatkan komposisi campuran agregat dalam perencanaan campuran. Untuk mendapatkan perencanaan campuran yang tepat dilakukan dengan perhitungan dengan menggunakan metode numerik yaitu sistem persamaan linier salah satunya adalah metode *Gauss Jordan* yang dapat menghitung

lebih dari 2 variabel. Dalam menghitung JMF dipakai 5 persamaan dengan 5 variabel yaitu X1, X2, X3, X4, X5 . Bentuk matriks dapat dilihat pada rumus di bawah ini.

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 + a_{15}x_5 = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 + a_{25}x_5 = b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 + a_{35}x_5 = b_3$$

$$a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 + a_{45}x_5 = b_4$$

$$a_{51}x_1 + a_{52}x_2 + a_{53}x_3 + a_{54}x_4 + a_{55}x_5 = b_5$$

Keterangan :

X1 = Batu pecah 1-2

X2 = Batu pecah 1-1

X3 = Abu batu

X4 = Pasir

X5 = Filler

Bila ditulis dalam bentuk matriks :

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.2.})$$

Langkah-langkah penyelesaiannya sebagai berikut :

I. Baris pertama dari persamaan 2.4 dibagi dengan elemen pivot, yaitu  $a_{11}$

$$\begin{bmatrix} 1 & a'_{12} & a'_{13} & a'_{14} & a'_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.3.})$$

Elemen pertama dari semua baris lainnya dibuat nol dengan cara :

- Persamaan kedua dikurangkan dengan perkalian persamaan pertama dengan elemen pertama dari persamaan kedua,  $a_{21}$
- Persamaan ketiga dikurangkan dengan perkalian persamaan pertama dengan elemen pertama dari persamaan ketiga,  $a_{31}$
- Persamaan keempat dikurangkan dengan perkalian persamaan pertama dengan elemen pertama dari persamaan keempat,  $a_{41}$
- Persamaan kelima dikurangkan dengan perkalian persamaan pertama dengan elemen pertama dari persamaan kelima,  $a_{51}$
- Persamaan keenam dikurangkan dengan perkalian persamaan pertama dengan elemen pertama dari persamaan keenam,  $a_{61}$

Operasi ini menghasilkan sistem persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & a'_{12} & a'_{13} & a'_{14} & a'_{15} \\ 0 & a'_{22} & a'_{23} & a'_{24} & a'_{25} \\ 0 & a'_{32} & a'_{33} & a'_{34} & a'_{35} \\ 0 & a'_{42} & a'_{43} & a'_{44} & a'_{45} \\ 0 & a'_{52} & a'_{53} & a'_{54} & a'_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \\ b'_4 \\ b'_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.4.})$$

**II.** Kemudian tetapkan baris kedua sebagai baris pivot dan  $a'_{22}$  sebagai elemen pivot. Prosedur di atas diulangi lagi untuk baris kedua, baris kedua dibagi dengan elemen pivot,  $a'_{22}$

$$\begin{bmatrix} 1 & a'_{12} & a'_{13} & a'_{14} & a'_{15} \\ 0 & 1 & a'_{23} & a'_{24} & a'_{25} \\ 0 & a'_{32} & a'_{33} & a'_{34} & a'_{35} \\ 0 & a'_{42} & a'_{43} & a'_{44} & a'_{45} \\ 0 & a'_{52} & a'_{53} & a'_{54} & a'_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \\ b'_4 \\ b'_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.5})$$



Elemen kedua dari semua baris lainnya dihilangkan dengan cara,

- Persamaan pertama dikurangkan dengan perkalian persamaan kedua dengan elemen kedua dari persamaan pertama,  $a'_{12}$
- Persamaan ketiga dikurangkan dengan perkalian persamaan kedua dengan elemen kedua dari persamaan ketiga,  $a'_{32}$
- Persamaan keempat dikurangkan dengan perkalian persamaan kedua dengan elemen kedua dari persamaan keempat,  $a'_{42}$
- Persamaan kelima dikurangkan dengan perkalian persamaan kedua dengan elemen kedua dari persamaan kelima,  $a'_{52}$
- Persamaan keenam dikurangkan dengan perkalian persamaan kedua dengan elemen kedua dari persamaan keenam,  $a'_{62}$

Operasi ini menghasilkan sistem persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & a'_{13} & a'_{14} & a'_{15} \\ 0 & 1 & a'_{23} & a'_{24} & a'_{25} \\ 0 & 0 & a'_{33} & a'_{34} & a'_{35} \\ 0 & 0 & a'_{43} & a'_{44} & a'_{45} \\ 0 & 0 & a'_{53} & a'_{54} & a'_{55} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \\ b'_4 \\ b'_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.6.})$$

**III.**Setelah melalui beberapa langkah perhitungan, maka akan didapatkan hasil akhirnya berupa matriks identitas yang dapat dituliskan seperti berikut :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ b'_3 \\ b'_4 \\ b'_5 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(\text{Pers. III.7.})$$

Dari sistem persamaan II.7. akan diperoleh nilai  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ , dan  $x_5$

### 3.9. Laston dan Lataston

Menurut *Hamirhan Saodang*, laston atau *Asphalt Concrete (AC)* yang bergradasi menerus ini adalah suatu lapisan permukaan, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan, dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Laston terdiri dari tiga macam, yaitu :

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)* dengan tebal minimum *AC – WC* adalah 4cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.
- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)* dengan tebal minimum *AC – BC* adalah 5 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)* dengan tebal minimum *AC-Base* adalah 6cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

Penggunaan *AC-WC* yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran *AC-WC* lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Lapisan Aspal Beton (Laston) memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (*AC-Wearing Course*) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada Laston adalah pelepasan butiran dan retak. Di samping hal tersebut, kerusakan jalan juga karena terlalu

tingginya viskositas aspal keras saat pencampuran dengan agregat akibat tidak berjalannya pengendalian mutu di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) sehingga temperatur aspal tidak terkontrol.

Lataston atau *HRS - WC* merupakan campuran beraspal panas yang dirancang dengan kadar aspal tinggi, hal ini menyebabkan *hot rolled sheet* juga memberikan suatu permukaan yang sanggup menerima beban. Lataston merupakan lapis permukaan yang menggunakan agregat bergradasi senjang dengan ukuran agregat maksimum 19 mm (3/4 inci) (Sukirman, 2010:16). *HRS* merupakan campuran *hot-mix*, sama seperti *AC*, hanya menggunakan bahan agregat dengan gradasi senjang (Saodang, 2005:12). *HRS* terdiri dari dua jenis campuran yaitu *HRS Pondasi (HRS-Base)* dan *HRS Lapis Aus (HRS-WC)*. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi. Dua kunci utama adalah :

- a. Gradasi yang benar-benar senjang. Agar diperoleh gradasi yang benar-benar senjang, maka selalu dilakukan pencampuran pasir halus dengan agregat pecah mesin.
- b. Sisa rongga udara pada kepadatan membal harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam Spesifikasi ini.

Rancangan campuran ini harus mempertimbangkan sifat-sifat kekuatan, ketahanan terhadap retak, ketahanan terhadap kelelahan, kelenturan, kedap air dan mudah dikerjakan. Tebal minimum lapisan campuran beraspal untuk lataston yaitu pada lapis aus (*HRS-WC*) 3,0 cm dan pada lapis pondasi (*HRS-Base*) adalah 3,5cm.

Tujuan dari rancangan campuran perkerasan aspal adalah mendapatkan hasil yang efektif dari campuran yang dihasilkan sehingga memiliki ;

- a. Aspal yang cukup untuk menjamin keawetan perkerasan.
- b. *Stabilitas* campuran yang cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas.
- c. Rongga yang cukup di dalam total campuran yang telah dipadatkan untuk menyediakan sedikit penambahan pemadatan oleh beban lalu lintas dan untuk menyediakan sedikit ruang pemekaran aspal akibat kenaikan suhu tanpa terjadi pembilasan, bleeding dan kehilangan stabilitas.

- d. Membatasi kadar rongga untuk membatasi *permeabilitas* bahan terhadap masuknya udara dan kelembaban yang sangat berbahaya kedalam perkerasan.

**3.10. Suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada aspal**

Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda – beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Suhu / Temperatur Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis.

Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Deformasi permanen dapat terjadi pada permukaan aspal akibat suhu yang terlalu tinggi. Beban lalu-lintas berat pada malam hari, yang terjadi pada ketika temperatur rendah dapat mereduksi umur permukaan aspal, karena itu interaksi lalu lintas dan kisaran suhu harus di pertimbangkan dalam perancangan campuran.

Suhu pemadatan merupakan faktor yang sangat penting dalam proses pemadatan pada campuran beraspal, karena akan sangat berpengaruh pada tingkat kepadatan campuran aspal beton yang selanjutnya akan mempengaruhi karakteristik beton aspal. Proses pemadatan campuran beraspal yang tidak dilakukan pada temperatur yang tepat akan mengakibatkan kepadatan (berat isi) tidak tercapai dan campuran menjadi boros.

Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan, adapun ketentuan viskositas dan temperature aspal sebagai berikut :

Tabel III.3. Ketentuan Viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pemadatan

		Viskositas	Suhu
--	--	------------	------

No.	Prosedur Pelaksanaan	aspal (P.A.S)	pencampuran (°C)
			Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,4	145 ± 1
3	Pencampuran rentang temperature sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155
4	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	+/- 0,5	135 – 150
5	Pasokan ke alat penghamparan ( <i>paver</i> )	0,5 – 1,0	130 – 150
6	Penggilasan awal (roda baja)	1 - 2	125 – 145
7	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
8	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	>95

Sumber : *Spesifikasi umum Bina Marga 2010 (revisi 2)*

Suhu pencampuran dapat ditentukan berdasarkan viskositas aspal ketika pencampuran dilaksanakan, yaitu sebesar  $170 \pm 20$  centiskotes, dan suhu pemadatan adalah suhu pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centiskotes. Setiap aspal mempunyai korelasi antara temperatur dan nilai viskositas kinematis sendiri. (Sukirman, 2012).

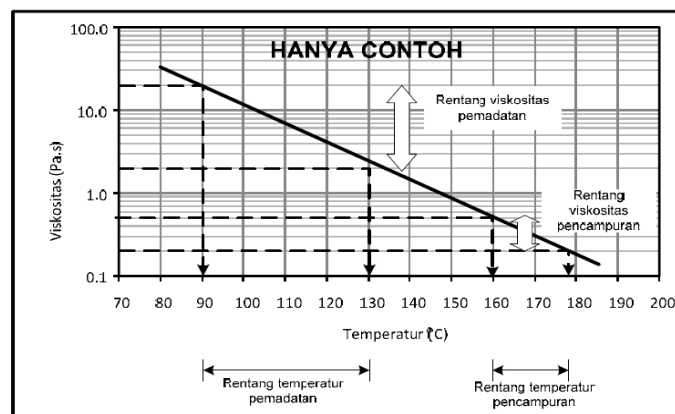
Campuran aspal yang tidak memenuhi batas temperatur yang diisyaratkan pada saat pencampuran dari AMP kedalam truk, atau pada saat pengiriman ke alat penghampar, tidak boleh diterima untuk digunakan pada pekerjaan yang permanen.

### 3.11. Viskositas

Pemeriksaan viskositas pada aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekentalan aspal. Viskositas aspal ini sangat berkaitan erat dengan tingkat material aspal dan suhu

yang digunakan. Tingkat material aspal sangat bervariasi terhadap suhu, dari tingkat padat, encer sampai tingkat cair. Hubungan antara kekentalan dan suhu sangat penting dalam perencanaan dan penggunaan material aspal. Kaitan antara kekentalan dan suhu diterapkan untuk penentuan suhu pencampuran dan pemadatan campuran aspal panas (*hotmix*).

Prinsip kerja dari pemeriksaan viskositas aspal ialah menentukan waktu yang dibutuhkan suatu benda uji mengalir melalui lubang kapiler di dalam viskometer kapiler pada temperatur tertentu. Hasil yang diperoleh adalah nilai viskositas dari benda uji pada suhu temperatur tersebut. Agar pencampuran dan pemadatan pada campuran aspal dan agregat menghasilkan campuran yang baik, maka salah satu parameter yang harus diperhatikan adalah kekentalan aspal harus cukup, sehingga peran aspal sebagai bahan pengikat bisa maksimal.



Gambar III. 4. Grafik viskositas

Pengujian viskositas menggunakan alat *Saybolt Furol*. Angka viskositas *furol* adalah suatu angka dalam detik, yang diperlukan bagi 60 cm<sup>3</sup> bahan aspal untuk melalui suatu lubang pipa sempit yang ukurannya tertentu, pada suhu tertentu. Makin tinggi

angka viskositas furol pada suatu suhu tertentu, makin pekat bahannya. Hasil dari pengukuran ini digunakan untuk menghitung viskositas saat pencampuran dan pemadatan campuran beraspal panas.



*Gambar III. 5. Saybolt Furol Viscometer*

### **3.12. Pengujian Marshall**

Kinerja dari aspal beton campuran panas dapat diukur dengan pengujian *Marshall test*. Pengujian karakteristik campuran tersebut dapat diukur parameter-parameternya sebagai berikut :

1. Stabilitas (*Stability*) (Kg)

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan/deformasi permanen seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh butir, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu pada gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan saling kunci antar butiran agregat (*interlocking*), daya lekat, dan kadar aspal dalam campuran.

2. Kelelehan (*Flow*) (mm atau 0,01 inch)

Kelelehan adalah besarnya deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, kelelehan dipengaruhi oleh kadar aspal, viscositas aspal, gradasi agregat, dan temperatur pemadatan.

3. *Marshall Quotient* (MQ)

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan nilai kelelehan, dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kekakuan campuran. Bila campuran aspal agregat mempunyai angka kelelehan rendah dan stabilitas tinggi maka campuran menunjukkan sifat kaku dan getas (*brittle*), sebaliknya jika nilai kelelehan tinggi dan nilai stabilitas rendah maka campuran cenderung plastis.

4. VFA (*Voids filled with asphalt*) (%)

VFA adalah persentase rongga yang terisi aspal pada campuran (Saodang, 2005:200). Nilai VFA secara konsisten bertambah dengan makin bertambahnya kadar aspal. Karena dalam hal ini, VMA makin banyak terisi oleh aspal.

5. VIM (*Voids in the mix*) (%)

VIM adalah persentase rongga udara dalam campuran yang telah dipadatkan (Saodang, 2005:170). VIM merupakan indikator dari durabilitas dan kemungkinan *bleeding*. Nilai VIM yang semakin tinggi menunjukkan semakin besarnya rongga udara dalam campuran, sehingga campuran bersifat porous. Hal ini dapat menyebabkan air dan udara mudah memasuki campuran dan mengakibatkan mudah terjadi oksidasi dan akan mengurangi keawetan campuran tersebut. Sebaliknya VIM yang terlalu rendah



akan muncul deformasi plastis, sehingga nilai VIM perlu ditetapkan dalam rentang tertentu.

6. VMA (*Voids in mineral aggregate*) (%)

VMA adalah persen rongga terhadap agregat yang juga merupakan indikator durabilitas (Saodang, 2005:170). Faktor-faktor yang mempengaruhi VMA antara lain adalah struktur/distribusi target gradasi (jumlah fraksi agregat dalam campuran), ukuran diameter butir terbesar, energi pemadatan, kadar aspal, tekstur permukaan, bentuk butiran dan serapan air oleh agregat.

Dalam pengujian *Marshall* terdapat tiga tahapan pengujian yang akan dilakukan yaitu, melakukan pengukuran berat jenis, pengukuran stabilitas dan *flow*, serta pengukuran kerapatan dan analisis rongga.

Sebelum dilakukan tahapan pengujian spesimen atau benda uji *Marshall*, perlulah dilakukan tahapan pra pengujian yaitu sebagai berikut :

- 1.) Benda uji harus bersih dari kotoran organik, minyak, kertas dan sebagainya.
- 2.) Setiap benda uji diberi tanda pengenal yang mencirikan minimal jumlah aspal yang diberikan.
- 3.) Ukur tinggi masing-masing benda uji dengan menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. Tinggi benda uji adalah rata-rata dari tiga kali pengukuran.

Tabel III.4. Sifat – sifat campuran Aspal HRS-WC

Sifat-sifat Campuran	Lataston
----------------------	----------

		Lapis Aus		Lapis Pondasi	
		Senjang	Semi Senjang	Senjang	Semi Senjang
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks	1,7			
Jumlah Tumbukan Per bidang		75			
Rongga dalam campuran (%)	Min	4,0			
	Maks	6,0			
Rongga dalam Agregat (%)	Min	18		17	
Rongga terisi aspal (%)	Min	68			
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800			
Pelelehan (mm)	Min	3			
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	250			
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90			
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	3			

Sumber : Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 2)

Tabel III.5. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat campuran	Laston					
	Lapis Aus		Lapis antara		pondasi	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	1,2					
Jumlah tumbukan per bidang	7,5			112		
Rongga dalam campuran (%)	3,0					
	5,0					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	15		14		13	
Rongga terisi aspal (%)	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	800				1800	
Pelelehan (mm)	3				4,5	
Marshall quention (kg/mm)	250				300	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	2					

Sumber :Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 2)

## **BAB 4**

### **TUJUAN PENELITIAN**

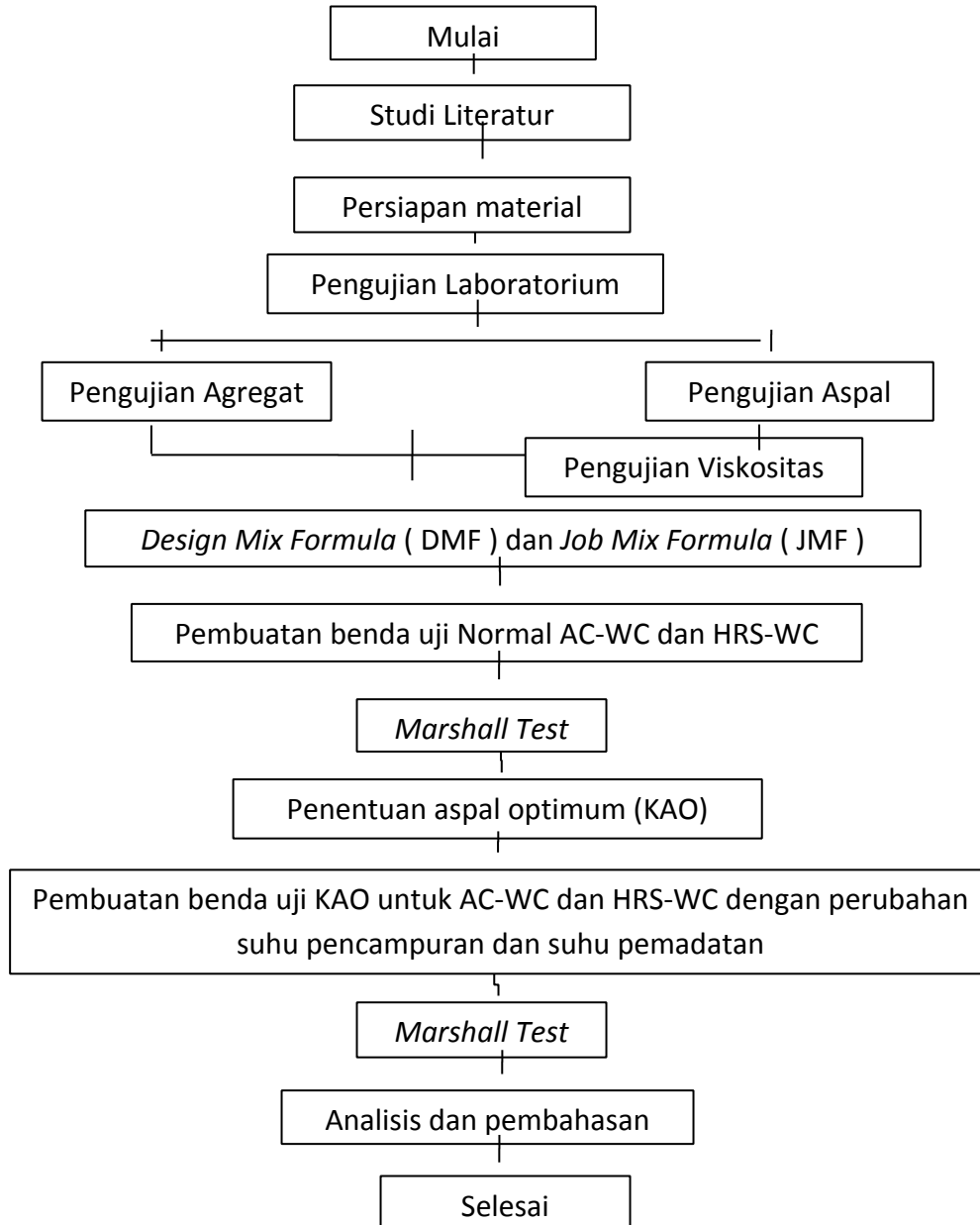
Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui jenis lapis permukaan AC dan HRS menurut spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2.
- 2) Mengetahui karakteristik pengujian *Marshall* pada campuran AC-WC dan HRS-WC terhadap perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan.
- 3) Mengetahui dampak dari perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan pada kinerja campuran AC-WC dan HRS-WC.
- 4) Mengetahui suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang paling baik dari hasil pengujian dengan menggunakan Metode *Marshall* untuk lapisan AC-WC dan HRS-WC.

## BAB 5 METODOLOGI PENELITIAN

### 5.1. Umum

Dalam merencanakan pembuatan model perkerasan, harus dilakukan beberapa pengujian material di laboratorium. Dibawah ini adalah diagram alir penelitian.



Gambar V.1 Bagan Alir Penelitian

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini pada awalnya menggunakan 15 sampel yang mencakup 5 rentang kadar aspal. Setelah mendapatkan nilai KAO, kemudian dibuat benda uji sebanyak 21 sampel untuk variasi perubahan suhu. Maka jumlah benda uji yang diperlukan dalam penelitian ini, yaitu 36 benda uji, dimana 15 benda uji normal untuk menentukan nilai KAO dan 21 benda uji campuran dengan nilai KAO untuk diberi variasi perubahan suhu.

## **5.2. Studi Literatur**

Sumber data didapat dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium, sedangkan untuk literatur digunakan buku-buku yang berkaitan dengan pengujian.

## **5.3. Persiapan Material**

Dalam melakukan persiapan material, material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas :

- 1.) *Split*.
- 2.) *Screen*.
- 3.) Abu batu.
- 4.) *Filler* berupa semen *Portland*.
- 5.) Aspal BSA dengan penetrasi 60/70.

## **5.4. Pengujian Laboratorium**

### **5.4.1 Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus**

Dilakukan pengujian agregat kasar dan halus meliputi analisa saringan, berat jenis dan penyerapan agregat, kekuatan agregat terhadap tumbukan, berat isi dan kadar lumpur agregat halus.

#### 5.4.2 Pengujian Bitumen Aspal

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum maka perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu terhadap aspal yang akan digunakan. Pengujian laboratorium terhadap bahan bitumen aspal meliputi :

1.) Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan angka penetrasi dan dilakukan pada aspal keras atau lembek, yang dimaksud dengan angka penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu.

2.) Titik Lembek (SNI M-20-1990-F)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui suhu dimana aspal mulai lembek dan dapat digunakan dengan menggunakan alat *Ring and Ball*. Suhu ini pun menjadi acuan dilapangan atas kemampuan asal menahan suhu permukaan yang terjadi untuk tidak lembek, sehingga mengurangi biaya lekatnya.

3.) Titik Nyala dan Titik Bakar (SK SNI M-19-1990-F)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala, dan temperatur dimana aspal mulai terbakar. Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk memperhatikan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar. Pemeriksaan harus dilakukan dalam ruang gelap sehingga dapat segera diketahui timbulnya nyala pertama.

4.) Daktilitas aspal (SNI M 18-1990-F)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekenyalan aspal yang dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat tercapai hingga sebelum putus. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui salah satu sifat mekanik bahan aspal yaitu seberapa besar bahan ini menahan kekuatan tarik yang diwujudkan dalam bentuk kemampuannya untuk memenuhi syarat jarak tertentu (dalam pemeriksaan ini adalah 100 cm) tanpa putus. Apabila bahan aspal tidak putus setelah melewati jarak 100 cm, maka dianggap bahan ini mempunyai kemampuan untuk menahan kekuatan tarik yang tinggi.

5.) Viskositas ( AASHTO T 72-90)

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kekentalan aspal. Prinsip kerja dari pengujian ini adalah menentukan waktu yang dibutuhkan untuk suatu larutan dengan isi tertentu mengalir dalam kapiler didalam *viscosimeter* kapiler yang terbuat dari gelas pada temperatur tertentu. Disini hubungan antara kekentalan dan suhu memegang peranan penting. Sebelum dilakukan perencanaan campuran, biasanya kekentalan material aspal harus ditentukan dulu, karena bila tidak akan mempengaruhi sifat campuran aspal itu selanjutnya. Pada suhu pencampuran tertentu apabila viskositasnya terlalu tinggi, maka akan menyulitkan dalam pelaksanaan campuran. Sebaliknya pada suhu tersebut apabila viskositasnya terlalu rendah, maka aspal tersebut menjadi kurang berperan sebagai bahan pelekat pada campuran dan ini akan mengurangi stabilitas campuran.

6.) Berat Jenis (SNI M-30-1990-F)

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, yaitu dilakukan dengan cara menggantikan berat air dengan berat aspal dalam wadah yang sama. Berat jenis aspal sangat tergantung pada nilai penetrasi dan suhu dari aspal itu sendiri.

**5.5. *Design Mix Formula (DMF) dan Job Mix Formula (JMF)***

*Design Mix Formula* merupakan berapa jumlah kadar aspal yang akan digunakan di dalam campuran (Saodang, 2005:171). Kadar aspal rencana untuk AC-WC dan HRS-WC didapat dengan perhitungan analitis menggunakan titik kontrol yang telah ditetapkan dalam spesifikasi teknis sehingga didapat kadar aspal rencana. *Job Mix Formula* adalah gradasi agregat hasil blending dari dua fraksi batuan atau lebih (Saodang, 2005:171).

**5.6. *Pembuatan Benda Uji Normal***

Setelah melakukan perhitungan *DMF*, maka akan diperoleh 5 rentang kadar aspal, dimana untuk masing-masing rentang kadar aspal dibuat 3 buah benda uji, sehingga



diperoleh 15 buah benda uji untuk kondisi normal. Di bawah ini dapat dilihat mengenai benda uji yang akan dibuat.

Tabel V.1. Jumlah Benda Uji Campuran Normal AC-WC

Kadar Aspal	4,5	5	5,5	6	6,5
Jumlah Sampel	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah

Sumber :*Penulis*

Tabel V.2. Jumlah Benda Uji Campuran Normal HRS-WC

Kadar Aspal	6,5	7	7,5	8	8,5
Jumlah Sampel	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah

Sumber :*Penulis*

### 5.7. *Marshall Test* (Untuk Mendapatkan Nilai KAO)

Sebelum melakukan test *Marshall* benda uji diukur tinggi, berat kering dan berat dalam air. Untuk berat SSD, rendam semua benda uji terlebih dahulu selama 5 menit, lalu dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat SSD. Setelah itu masukan benda uji dalam air untuk berat dalam air. Lalu setelah semua data diperoleh, masukan benda uji maka benda uji direndam didalam waterbath selama  $\pm 30$  menit. Ketika telah sampai waktu yang ditentukan, maka benda uji diangkat dan langsung diuji *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*. Lakukan hal yang sama untuk benda uji yang lainnya. Setelah diperoleh semua data, maka dilakukan analisa sehingga mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

### 5.8. Pembuatan Benda Uji untuk Perubahan Suhu dengan Nilai KAO

Setelah didapat Nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) dibuatlah 21 buah benda uji, dari analisa perhitungan ke 15 buah benda uji normal akan digunakan sebagai kadar aspal untuk benda uji perubahan suhu yang berjumlah 21 buah, yang terdiri dari suhu normal 3 buah benda uji,  $-5^{\circ}\text{C}$  sebanyak 3 buah,  $+5^{\circ}\text{C}$  sebanyak 3 buah benda uji. Untuk

lebih jelasnya variasi perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan dapat ditunjukkan pada Tabel V.3 berikut.

Tabel V.3. Jumlah Benda Uji Perubahan Suhu

Variasi suhu pencampuran	141	146	151	156	161	166	171
Variasi suhu pemadatan	127	132	137	142	147	152	157
Jumlah Sampel	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah

Sumber : *Penulis*

### 5.9. *Marshall Test* Untuk Benda Uji Variasi Perubahan Suhu

Apabila ke 21 buah benda uji telah dibuat, benda uji diukur tinggi, berat kering dan berat dalam air. Untuk berat SSD, rendam semua benda uji terlebih dahulu selama 5 menit, lalu dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat SSD. Setelah itu masukan benda uji dalam air untuk berat dalam air. Lalu setelah semua data diperoleh, masukan benda uji maka benda uji direndam didalam waterbath selama  $\pm 30$  menit. Ketika telah sampai waktu yang ditentukan, maka benda uji diangkat dan langsung diuji *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan *flow*. Lakukan hal yang sama untuk benda uji yang lainnya. Setelah diperoleh semua data, maka dilakukan analisa.

### 5.10. Analisa dan Evaluasi

Setelah dilakukan percobaan dilaboratorium didapat hasil *Marshall Test* berupa nilai stabilitas dan *flow*, kemudian dilakukan analisa dan penarikan kesimpulan. Setelah itu didapatlah hasil dari analisa yang digambarkan dalam bentuk grafik.

## BAB 6

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah kerja atau prosedur pengujian pada penelitian ini mengikuti petunjuk dalam SNI 06-2489-1991. Penelitian dilakukan mulai persiapan, pengujian mutu bahan yang berupa agregat dan aspal, perencanaan campuran kemudian dilakukan pelaksanaan pengujian dengan *Marshall Test*.

#### 6.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Sebelum menentukan komposisi campuran, perlu dilakukan pengujian agregat kasar, agregat halus dan filler. Hasil dari pengujian agregat dilaboratorium adalah sebagai berikut.

Tabel VI.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat pada AC-WC

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Syarat	Hasil	
				<i>Split</i>	<i>Screen</i>
<b>A. Agregat Kasar</b>					
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2008		2,576	2,524
2.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2008		2,589	2,559
3.	Berat Jenis Apparent	SNI 1969-2008		2,611	2,617
4.	Kadar Air	SNI 1969-2008	Maks.3%	0,535%	0,575%
5.	Keausan, LA Abrasion test, 500 Putaran	SNI 2417-2008	Maks. 40%	25,915 %	
6.	<i>Impact Value</i>	SNI 2417-2008		9 %	
<b>B. Agregat Halus</b>					
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 1970-2008		2,507	2,362
2.	Berat Jenis SSD	SNI 1970-2008		2,567	2,371
3.	Berat Jenis Apparent	SNI 1970-2008		2,667	2,383
4.	Kadar Air	SNI 1970-2008	Maks.3%	0,475%	2,81%
5.	<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min.60%	66,67%	90,91%

Sumber: *Percobaan Laboratorium 2015*

Tabel VI.2. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat pada HRS-WC

No	Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Syarat	Hasil	
<b>A. Agregat Kasar</b>				<i>Split</i>	<i>Screen</i>
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1696-1990	-	2,576	2,66
2.	Berat Jenis SSD	SNI 03-1696-1990	-	2,589	2,67
3.	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1969-1990	-	2,6111	2,69
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	Maks.3%	0,535%	0,575%
5.	Keausan, LA Abrassion test, 500 Putaran	SNI 03-2439-1991	Maks. 40%	25,915 %	
6.	<i>Impact Value</i>	SNI 03-4426-1997	< 30%	9 %	
<b>B. Agregat Halus</b>				<i>Dust</i>	<i>Sand</i>
1.	Berat Jenis Bulk	SNI 03-1696-1990	-	2,507%	2,362%
2.	Berat Jenis SSD	SNI 03-1696-1990	-	2,567%	2,371%
3.	Berat Jenis Apparent	SNI 03-1969-1990	-	3,5156%	2,9479%
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	Maks.3%	0,475%	2,81%
5.	<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min.60%	66,67%	90,91%

Sumber : Pengujian Laboratorium 2015

Dari hasil pengujian agregat halus dan agregat kasar yang telah dilakukan di laboratorium, didapatkan bahwa agregat yang akan dipakai memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2 dan standar pengujian menurut SNI.

## 6.2. Hasil Pengujian Sifat Aspal

Pengujian sifat aspal produksi PERTAMINA dengan penetrasi 60/70 yang dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional II dapat ditunjukkan dibawah ini.

Tabel VI.3. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal pada AC-WC

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Berat Jenis (25°C)	SNI 2441-2011	Min 1	1,040
2.	Daktilitas (25°C, 5cm/menit)	SNI 2432-2011	Min 100cm	145,5
3.	Penetrasi (25°C, 100gr, 5 detik)	SNI 2456-2011	60-70	63,9
4.	Titik Lembek	SNI 2434-2011	Min 48°C	50,9°C
5.	Titik Nyala	SNI 2433-2011	Min 232°C	335,5°C
6.	Titik Bakar	SNI 2433-2011	Min 232°C	340,5°C
7.	Viskositas	SNI 03-6721-2002	≥ 300 cst pada suhu 135°C	420 cst

Sumber: *Percobaan Laboratorium 2015*

Tabel VI.4. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal pada HRS-WC

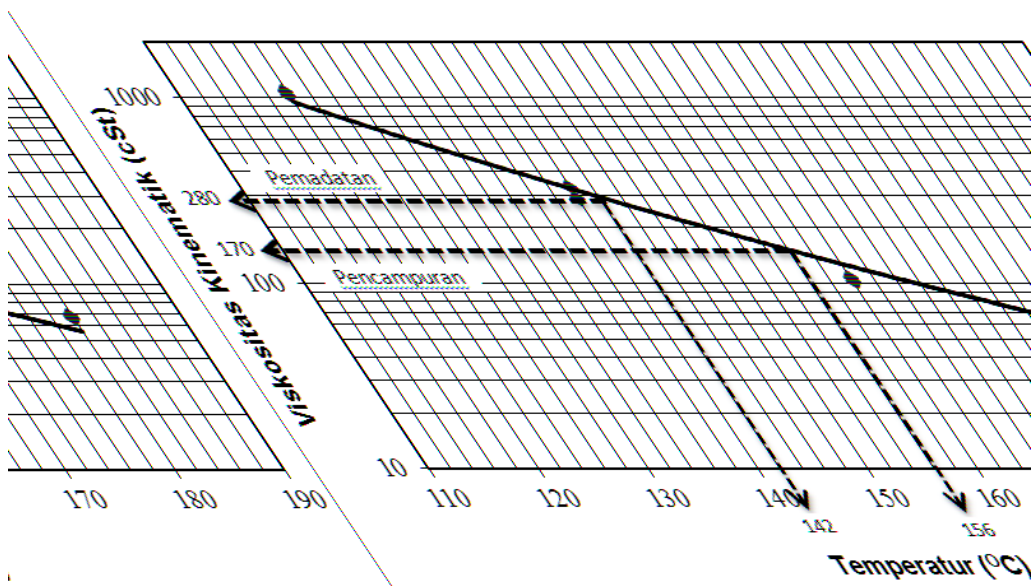
No	Karakteristik	Standar Pengujian	Syarat	Hasil
1.	Berat Jenis (25°C)	SNI 06-2441-1991	Min 1	1,040
2.	Daktilitas (25°C, 5cm/menit)	SNI 06-2432-1991	Min 100cm	142,5
3.	Penetrasi (25°C, 100gr, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60-70	63,9
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	Min 48	50,9
5.	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	Min 200	335,5
6.	Titik Bakar (°C)	SNI 06-2433-2011	-	340,5
7.	Viskositas	SNI 03-6721-2002	≥ 300 cst pada suhu 135°C	420 cst

Sumber : *Pengujian Laboratorium 2015*

Pada hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 didapatkan nilai penetrasi sebesar 63,9 mm. dimana hasil yang didapatkan telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 revisi 2.

### 6.3. Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan

Suhu pencampuran merupakan suhu yang ditentukan untuk membuat campuran benda uji sesuai spesifikasi yaitu 156°C. Suhu ini didapatkan dari hasil pengujian viskositas aspal penetrasi 60/70 dengan alat *Saybolt Furol Viscosimeter* dengan mengambil besarnya *Viskositas* sebesar 170 cst sebagai syarat SNI 03-6721-2002. Suhu pematatan juga ditentukan dengan hasil pengujian *Viskositas* dengan alat *Saybolt Furol Viscosimeter* dengan besarnya nilai suhu yaitu 142°C dimana syarat suhu pematatan sebesar 280 cst. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik dibawah ini.



Gambar VI.1. Grafik Hubungan *Viskositas* dan Temperatur

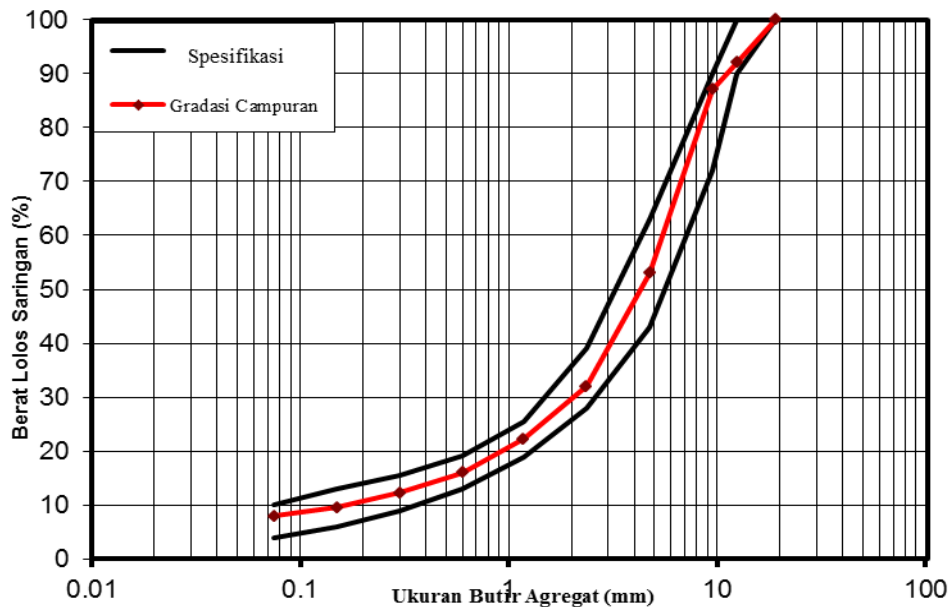
### 6.4. Komposisi Campuran (*Job Mix Formula*)

Perhitungan *Job Mix Formula* dilakukan untuk mengetahui komposisi campuran agregat yang ada di lapangan menggunakan gradasi yang berbeda-beda. Ada beberapa

macam metode numerik yang dapat digunakan, namun dalam perhitungan ini digunakan sistem persamaan linier yaitu metode *Gauss Jordan*. Prinsipnya hampir sama dengan metode Eliminasi *Gauss*, yakni mengubah matriks koefisien menjadi matriks identitas. Langkah-langkah perhitungan ditunjukkan pada lampiran dan hasil dari perhitungan komposisi campuran tersebut, yaitu :

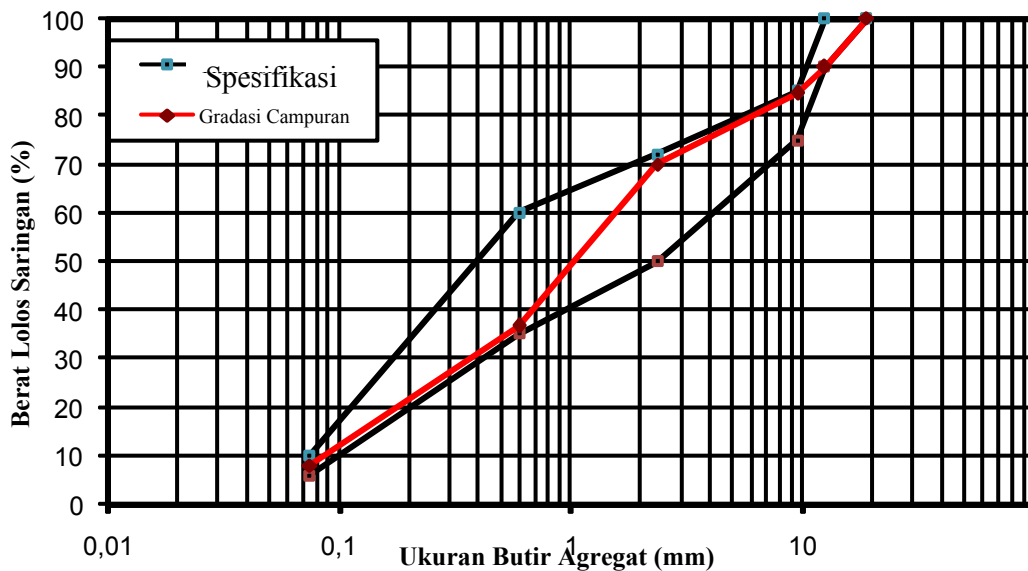
- $X_1$  (*Split*) = 18,48%
- $X_2$  (*Screen*) = 43,84%
- $X_3$  (*Abu Batu*) = 27,30%
- $X_4$  (*Pasir*) = 3,50%
- $X_5$  (*Filler*) = 6,86%

Komposisi campuran yang diperoleh dari perhitungan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan, dapat dilihat perhitungannya pada lampiran, sehingga dapat untuk digunakan dalam pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum pada benda uji normal. Berikut ini merupakan grafik spesifikasi dan hasil campuran pada AC-WC dan HRS-WC yaitu :



Gambar VI.2. Grafik Spesifikasi dan Hasil Campuran AC –WC

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa gradasi campuran agregat pada hasil perhitungan AC-WC dapat dipergunakan atau masuk dalam batas-batas spesifikasi. Garis merah menunjukkan gradasi hasil perhitungan campuran agregat, dan garis hitam menunjukkan batas-batas spesifikasi.



Gambar VI.3. Grafik Spesifikasi dan Hasil Agregat untuk HRS-WC

Berdasarkan gambar VI.3. menunjukkan bahwa pada garis hitam merupakan batas-batas spesifikasi untuk campuran agregat, sedangkan garis merah merupakan hasil gradasi



agregat dari perhitungan. Dapat dilihat bahwa hasil perhitungan campuran agregat pada HRS-WC telah memenuhi syarat spesifikasi.

### 6.5. Perhitungan Kadar Aspal Rencana (*Design Mix Formula*)

Perhitungan kadar aspal rencana dilakukan dengan menggunakan metode Bina Marga. Spesifikasi gradasi agregatnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini. *Design Mix Formula* berguna untuk menghitung kadar aspal rencana.

Tabel VI.5. Spesifikasi Gradasi Agregat Untuk AC-WC

Ukuran Saringan	Spesifikasi AC-WC Gradasi kasar
3/4"	100
1/2"	90-100
3/8"	72-90
No.4	43-63
No.8	28-39,1
No. 16	19-25,6
No. 30	13-19,1
No. 50	9-15,5
No. 100	6-13
No.200	4-10

Sumber :*Spesifikasi Umum 2010 (revisi 2)*

Ukuran Saringan	Spesifikasi Laston AC-WC
3/4"	100
1/2"	90 - 100
3/8"	72 - 90
No.4	43 - 63
No.8	28 - 39,1

$CA_{min} = 72$       18       $C_{max} = 60,9$

10      0      10      1

No.16		19 – 25,6
No.30	66,5	13 – 19,1
No.50	$FA_{min} = 24$ 4 3,6 $FA_{max} = 29,1$	9 – 15,5
No.100	3 2,5	6 – 13
No.200	2 3	4 – 10
	$Filler_{min} = 4$	$Filler_{max} = 10$

Tabel VI.6. Tabulasi Perhitungan AC-WC dengan Metode Bina Marga

Sumber: *Analisa Perhitungan*

Perkiraan awal kadar aspal rancangan pada AC-WC diperoleh dengan rumus dibawah ini:

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

Dari tabulasi perhitungan di atas, diperoleh :

Batas Bawah

$$Pb_{\min} = 0,035 (72) + 0,045 (24) + 0,18 (4) + 0,6$$

$$= 4,92 \%$$

Batas Atas

$$Pb_{\max} = 0,035 (60,9) + 0,045 (29,1) + 0,18 (10) + 0,6$$

$$= 5,841$$

Maka,  $Pb_{\text{rata-rata}} = \frac{P_{\min} + P_{\max}}{2}$

$$= \frac{4,92 \% + 5,841 \%}{2}$$

$$= 5,38 \% \approx 5,5 \%$$

Tabel VI.7. Variasi Nilai Kadar Aspal Rencana pada AC-WC

Pengurangan (%)		Kadar Aspal Rencana (%)	Penambahan (%)	
-1,0	-0,5	Pb	+0,5	+1,0
4,5	5	5,5	6	6,5

Sumber: *Analisa Perhitungan*

Perhitungan kadar aspal untuk lapis Lataston HRS-WC menggunakan metode bina marga 2010 revisi 2. Setelah dilakukan perhitungan, didapatlah kadar aspal rencana sebesar 7,5%, selanjutnya dilakukan perhitungan rentang kadar aspal yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum.

Tabel VI.8. Spesifikasi Gradasi Agregat pada HRS-WC

Ukuran Saringan	Spesifikasi <i>HRS – WC</i> Gradasi Senjang
¾"	100
½"	90 – 100
3/8"	75 – 85

No. 8	50 – 72
No. 30	35 – 60
No. 200	6 - 10

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2

Tabel VI.9. Tabulasi Perhitungan HRS-WC dengan Metode Bina Marga

Ukuran Saringan	Spesifikasi HRS-WC Gradasi Senjang	
$\frac{3}{4}$ "		100
$\frac{1}{2}$ "	1090-100	0
$\frac{3}{8}$ "	15 CA=50	75-85
No.8	25	50-72
No.30	15	35-60
No.200	FA=44 296-10	50 FA=62
	F=6	F=10

Sumber: Analisa Perhitungan

Berdasarkan data dari Tabel VI.9. maka diketahui:

Untuk batas minimum :

CA = 50 %, FA = 44 %, F = 6 %, K = 2,2

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

$$Pb_{\min} = 7,01\%$$

Untuk batas maksimum :

$$CA = 28 \%, FA = 62 \%, F = 10 \%, K = 2,2$$

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

$$Pb_{\max} = 7,77 \%$$

Maka diperoleh hasil :

$$\text{Batas Bawah : } Pb_{\min} = 7,01 \%$$

$$\text{Batas Atas : } Pb_{\max} = 7,77 \%$$

$$\text{Maka, } Pb_{\text{rata-rata}} = \frac{P_{\min} + P_{\max}}$$

$$2$$

$$= \frac{7,01 \% + 7,77 \%}{2} = 7,39 \% \approx 7,5 \%$$

$$2$$

Tabel VI.10. Nilai Kadar Aspal Rencana

Pengurangan (%)		Kadar Aspal Rencana	Penambahan (%)	
-1	-0,5	Pb	+0,5	+1
6,5	7	7,5	8	8,5

Sumber : Hasil Perhitungan

## 6.6. Pengujian Marshall

### 6.6.1. Hasil Pengujian Marshall Untuk Menentukan KAO.

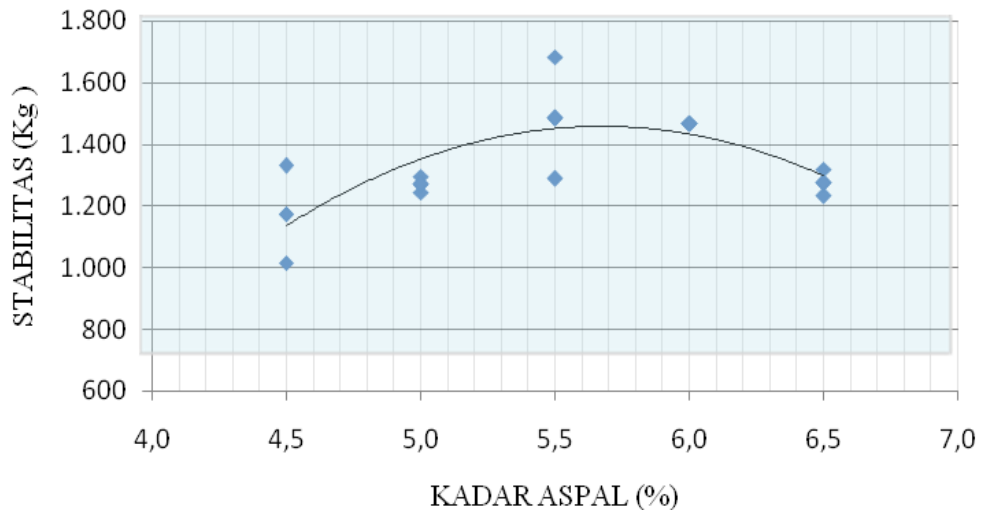
Pada pengujian *Marshall* dilakukan dengan 5 variasi kadar aspal, dimana berat agregat untuk setiap sampel dibuat 1200 gram. Pada aspal campuran normal dibuat 3 sampel benda uji pada setiap kadar aspalnya, sehingga diperoleh 15 benda uji campuran normal. Adapun langkah-langkah perhitungan pengujian *Marshall* untuk AC-WC dapat dilihat pada bagian lampiran hasil pengujiannya pada Tabel VI.11.

Tabel VI.11. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji Campuran Normal pada AC-WC

Kode Briket	Spec.	Stabilitas (kg)	Kelelehan (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)
	Kadar Aspal (%)						
		≥ 800	≥ 3	≥ 250	3,0-5,0	≥ 15	≥ 65
A-1	4,50	1330,73	5,67	234,78	9,27	19,34	52,07
A-2	4,50	1173,18	4,46	262,78	10,07	20,05	49,79
A-3	4,50	1015,64	3,26	311,45	7,80	18,03	56,76
Rata-rata	4,50	1173,18	4,46	269,67	9,04	19,14	52,87
B-1	5,00	1294,02	3,76	344,25	5,63	17,14	67,14
B-2	5,00	1269,55	3,99	317,94	5,72	17,21	66,78
B-3	5,00	1245,07	4,23	294,55	5,40	16,94	68,10
Rata-rata	5,00	1269,55	3,99	318,91	5,58	17,10	67,34
C-1	5,50	1681,51	5,23	321,57	4,28	16,99	74,78
C-2	5,50	1484,71	4,55	326,60	5,20	17,78	70,74
C-3	5,50	1287,90	3,86	333,39	4,99	17,60	71,64
Rata-rata	5,50	1484,71	4,55	327,19	4,83	17,46	72,39
D-1	6,00	1467,37	4,29	342,36	4,85	18,49	73,79
D-2	6,00	1466,86	3,98	368,60	4,83	18,04	73,21
D-3	6,00	1466,35	3,67	399,22	4,85	18,06	73,13
Rata-rata	6,00	1466,86	3,98	370,06	4,84	18,19	73,38
E-1	6,50	1231,82	4,86	253,41	4,46	19,16	76,71
E-2	6,50	1274,65	4,91	259,73	4,43	18,70	76,31
E-3	6,50	1317,47	4,95	265,94	4,69	18,92	75,22
Rata-rata	6,50	1274,65	4,91	259,69	4,53	18,93	76,08

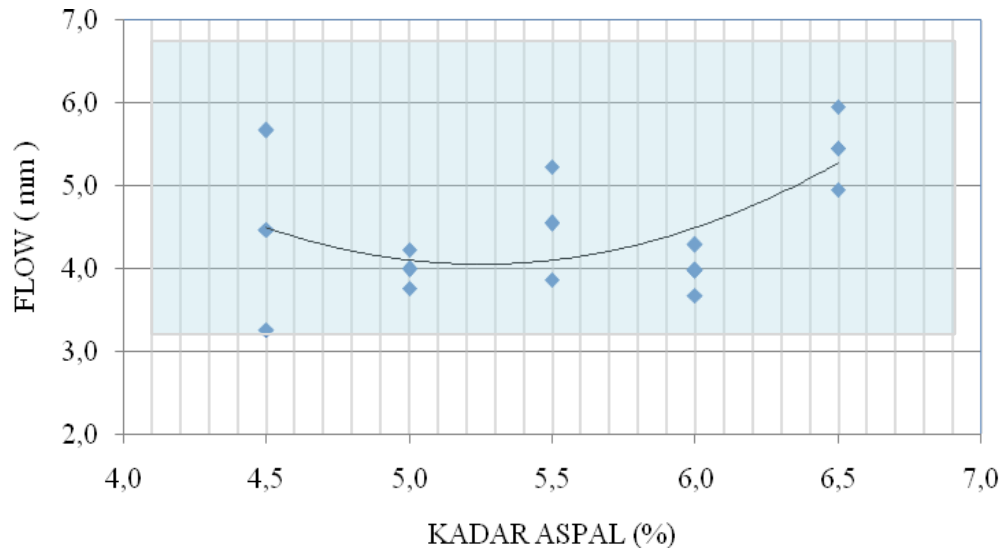
Sumber: *Analisa Perhitungan*

Dari data hasil pengujian Marshall diperoleh bahwa pada kadar aspal rencana 4,5 % nilai VIM, VMA dan VFA tidak memenuhi syarat spesifikasi yang ditentukan. Berdasarkan data hasil pengujian *Marshall* yang telah didapat, maka data setiap parameter *Marshall* digambarkan dalam bentuk grafik. Adapun grafik hasil pengujian *Marshall* untuk campuran aspal normal dapat dilihat pada gambar VI.4.sampai gambar VI.10 sebagai berikut:



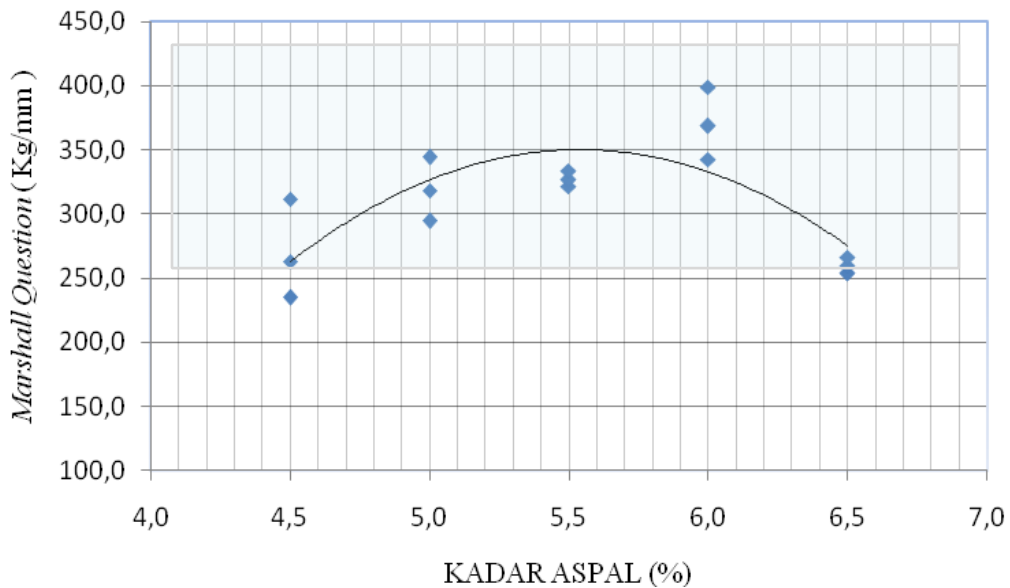
Gambar VI.4. Grafik Pengujian *Marshall* untuk Stabilitas

Pada grafik gambar VI.4. menunjukkan hasil dari pengujian marshall untuk nilai stabilitas dari 15 buah benda uji normal. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semua benda uji memiliki nilai stabilitas yang diizinkan yaitu  $\geq 800$  kg. Untuk kadar aspal 5,5% memiliki nilai stabilitas yang tertinggi dan untuk kadar aspal 4,5% memiliki nilai stabilitas terendah dari yang lain.



Gambar VI.5. Grafik Pengujian *Marshall* untuk Kelelehan

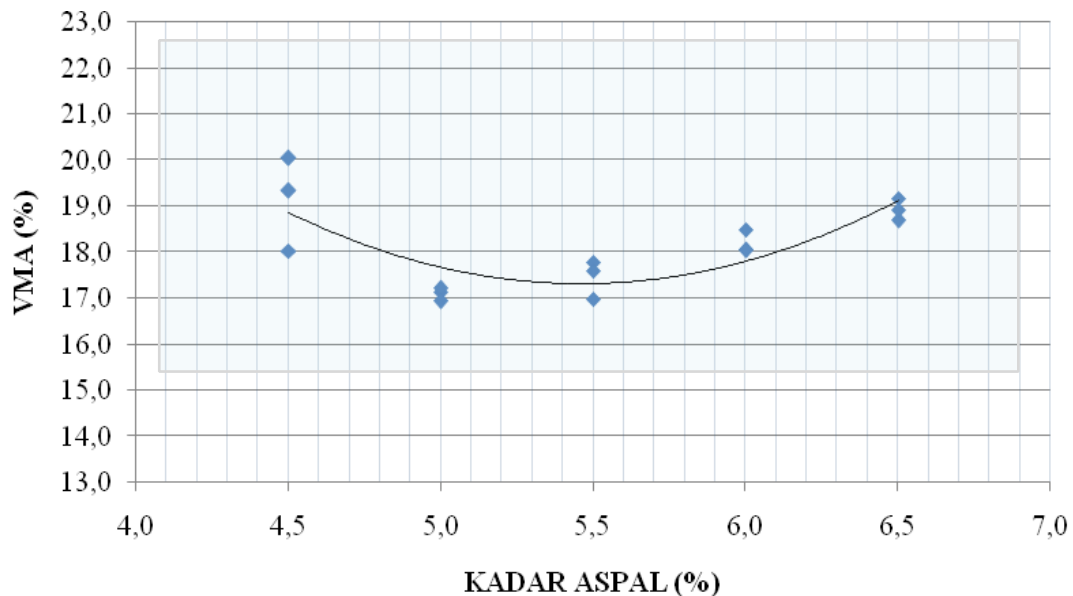
Pada grafik VI.5. menunjukkan nilai kelelehan dari hasil pengujian Marshall. Pada grafik terlihat untuk benda uji dengan kadar aspal 4,5% sampai dengan 6,5% memenuhi syarat yang diizinkan yaitu  $\geq 3$  mm. Untuk benda uji dengan kadar aspal 6,5% memiliki nilai kelelehan terbesar dan untuk kadar aspal 4,5% memiliki nilai kelelehan terkecil.





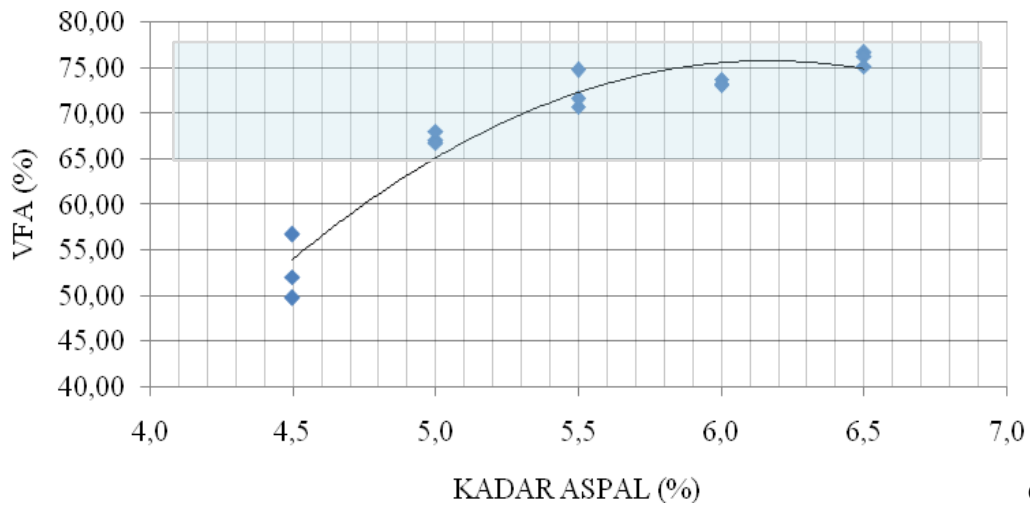
Gambar VI.6. Grafik Pengujian *Marshall* untuk MQ

Pada gambar grafik VI.6. terlihat bahwa nilai MQ untuk benda uji 5% sampai 6,5% kadar aspal memenuhi spesifikasi yang diizinkan yaitu  $\geq 250$  kg/mm. Untuk benda uji dengan kadar aspal 6% memiliki nilai MQ yang terbesar dan untuk benda uji dengan kadar aspal 4,5% memiliki nilai MQ yang terkecil.



Gambar VI.7. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VMA

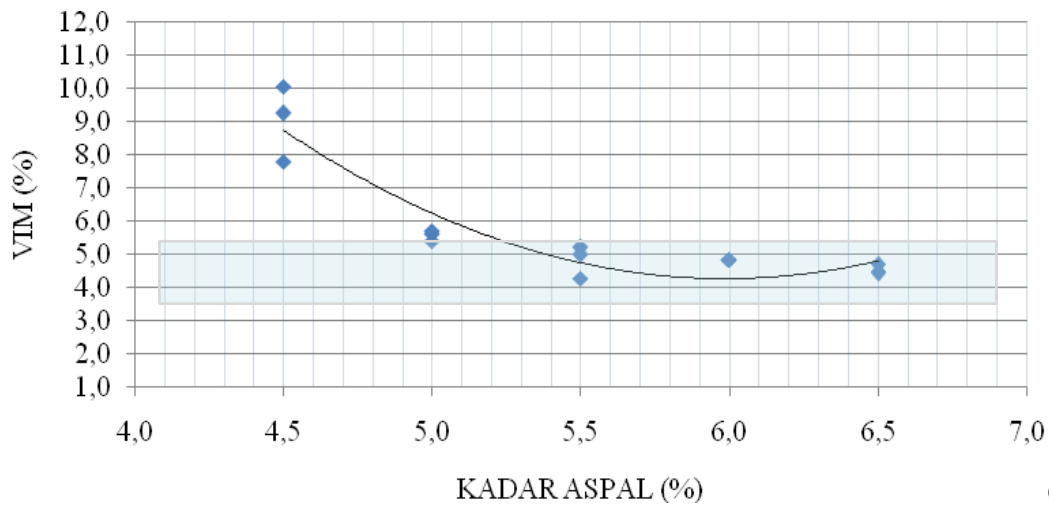
Pada grafik VMA gambar VI.7. menunjukkan untuk semua benda uji dengan kadar aspal 4,5% sampai 6,5% memenuhi nilai VMA yang diizinkan yaitu  $\geq 15\%$ . Pada benda uji dengan kadar aspal 5% memiliki nilai VMA terkecil, untuk kadar aspal 4,5% memiliki nilai VMA terbesar.



Gambar

#### VI.8. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VFA

Dilihat dari gambar VI.8 menunjukkan bahwa untuk benda uji dengan kadar aspal 5% sampai 6,5% memenuhi nilai VFA yang diizinkan yaitu  $\geq 65\%$ . Pada benda uji dengan kadar aspal 4,5% memiliki nilai VFA dibawah syarat yang diizinkan, dan untuk nilai VFA tertinggi berada pada benda uji dengan kadar aspal 6,5%.



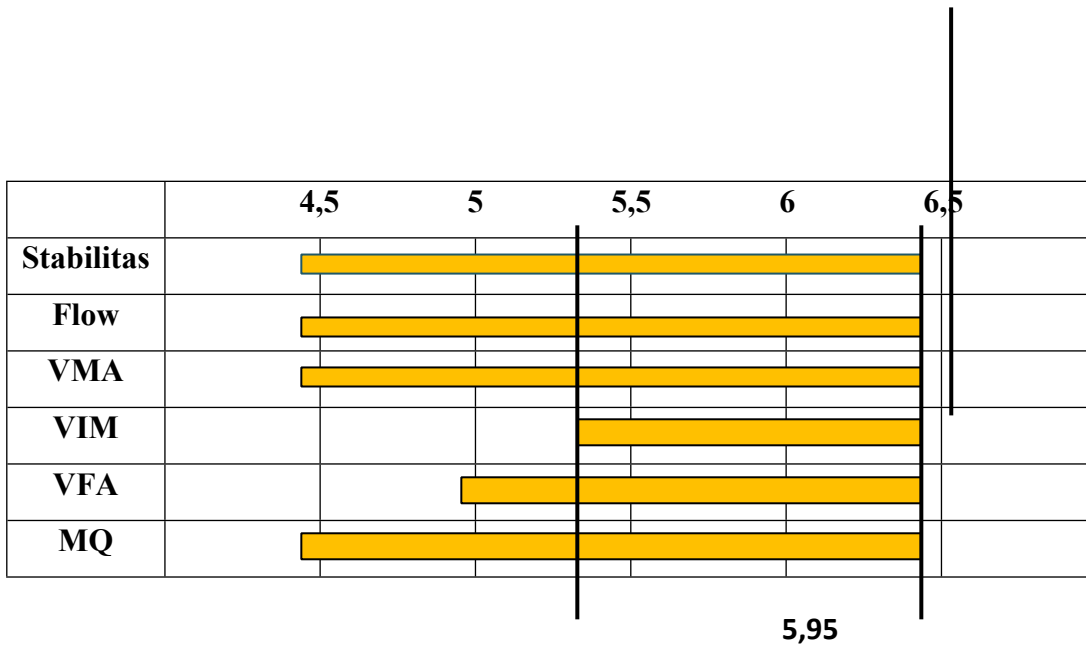
Gambar

#### VI.9. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VIM

Berdasarkan gambar VI.9 dapat dilihat bahwa benda uji dengan nilai kadar aspal 4,5% dan 5% tidak mempunyai nilai VIM yang diizinkan. Nilai VIM yang diizinkan, yaitu 3-5%. Untuk benda uji dengan kadar aspal 4,5% memiliki nilai VIM tertinggi namun tidak masuk dalam syarat yang diizinkan, dan untuk nilai VIM terkecil berada pada kadar aspal 6,5% namun masuk dalam syarat yang diizinkan.

Pada grafik hasil pengujian *Marshall* kondisi campuran normal yang diambil guna membandingkan serta menetapkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu nilai rata-rata dari masing-masing parameter *Marshall*. Selanjutnya dibuat grafik batang yang berasal dari hasil pengujian di laboratorium. Dalam menentukan hasil tersebut maka diambil batas nilai yang terkecil dari rentang kadar aspalnya yaitu nilai VIM dengan rentang 5,4 % sampai 6,5%, dimana dapat dilihat pada gambar VI.10 berikut.

Variabel	Kadar Aspal
----------	-------------



Gambar VI.10. Grafik Parameter *Marshall* Rata-Rata AC-WC

Nilai stabilitas, *flow*, dan VMA dari semua benda uji yang telah dibuat masuk ke dalam batas nilai yang telah diizinkan. Sedangkan untuk nilai VFA, VIM dan MQ yang sesuai dengan batas izin berturut-turut, yaitu benda uji dengan kadar aspal 5% - 6,5 untuk VFA, 5,4% - 6,5% untuk VIM dan 4,5% - 6,5% untuk MQ. Sehingga kadar aspal yang memenuhi semua parameter *Marshall* adalah kadar aspal dengan rentang 5,4%-6,5%. Kemudian diperoleh kadar aspal optimum 5,95%. Nilai kadar aspal optimum inilah yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan benda uji untuk variasi perubahan suhu.

Pengujian *Marshall* pada lapisan HRS-WC dilakukan untuk 5 variasi kadar aspal rencana yang didapat pada tabel VI.9. Adapun hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel VI.12 berikut :

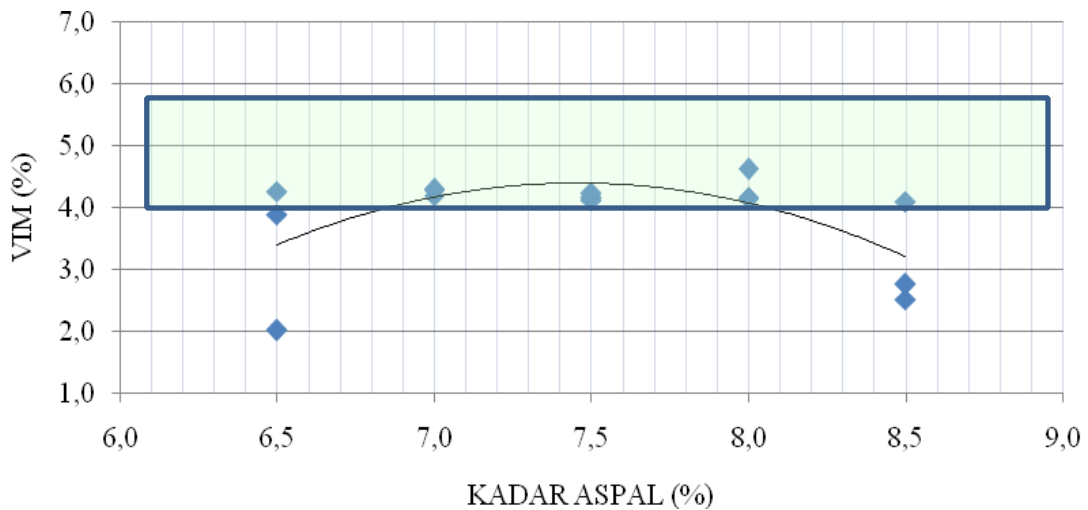
Tabel VI.12. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji Campuran Normal (*HRS-WC*)

Kode Briket	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)
		≥ 800	≥ 3	≥ 250	4,0-6,0	≥ 18	≥ 68
6,5-1	6.50	1587.70	3.43	463.16	4.27	17.85	76.10
6,5-2	6.50	1642.76	3.75	437.95	3.90	17.54	77.77
6,5-3	6.50	3055.33	3.69	828.00	2.02	15.93	87.31
Rata-rata	6.50	2095.26	3.62	576.37	3.39	17.11	80.40

7-1	7.00	3527.20	3.74	942.09	4.29	18.82	77.22
7-2	7.00	3663.84	4.52	810.58	4.20	18.75	77.62
7-3	7.00	2908.23	4.05	718.97	4.31	18.84	77.14
Rata-rata	7.00	3366.42	4.10	823.88	4.26	18.80	77.33
7,5-1	7.50	1972.13	4.38	450.26	4.13	19.63	78.97
7,5-2	7.50	2236.24	4.21	530.92	4.16	19.66	78.84
7,5-3	7.50	2228.08	5.32	419.21	4.23	19.72	78.55
Rata-rata	7.50	2145.48	4.64	466.79	4.17	19.67	78.79
8-1	8.00	2345.35	4.70	498.80	4.18	20.60	79.72
8-2	8.00	1946.64	4.71	413.04	4.14	20.57	79.88
8-3	8.00	1858.94	4.77	389.72	4.63	20.98	77.92
Rata-rata	8.00	2050.31	4.73	433.85	4,32	20.72	79.17
8,5-1	8.50	1672.33	5.10	327.72	4.11	21.46	80.87
8,5-2	8.50	1833.45	5.17	354.63	2.53	20.17	87.47
8,5-3	8.50	1492.86	5.76	259.18	2.77	20.37	86.42
Rata-rata	8.50	1666.22	5.34	313.84	3.13	20.67	84.92

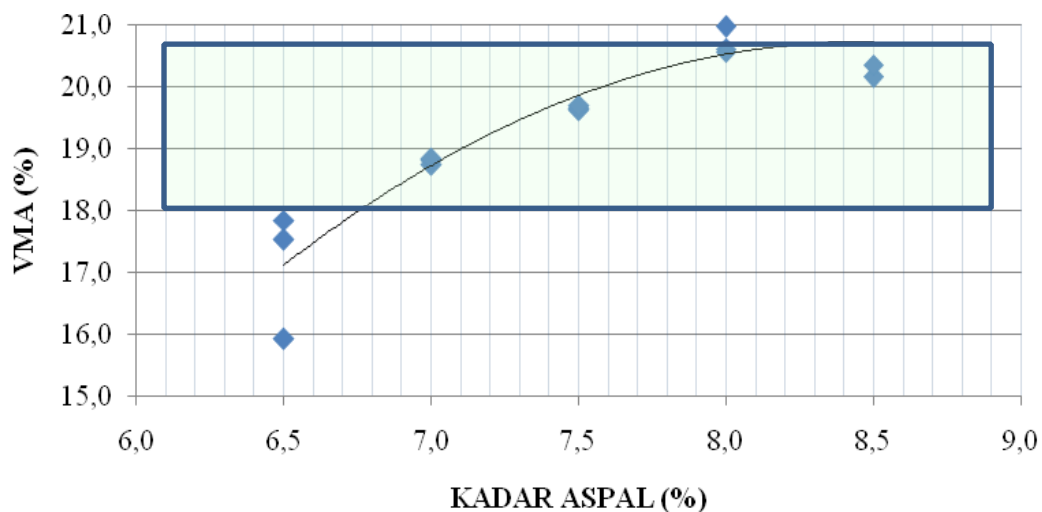
Sumber : Penulis

Berdasarkan data hasil pengujian *Marshall* diatas, maka setiap parameter *Marshall* digambarkan dalam bentuk grafik agar dapat melihat batas-batas maksimum dan minimum berdasarkan spesifikasi. Berikut akan ditampilkan grafik pada tiap parameter pengujian *Marshall* untuk benda uji pada suhu normal.



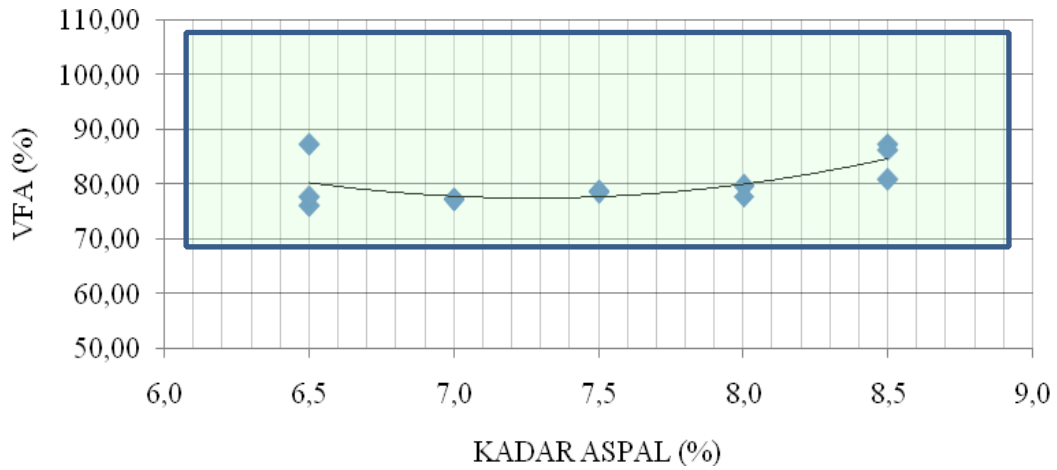
Gambar VI.11. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VIM

Pada gambar VI.11 menunjukkan bahwa benda uji campuran normal untuk nilai VIM telah memenuhi spesifikasi yaitu dengan nilai 4,0 sampai 6,0, namun untuk kadar aspal 6,5% dan 8,5% berada di bawah batas yang diizinkan. Sedangkan untuk benda uji dengan kadar aspal 7% sampai 8% mempunyai nilai VIM yang diizinkan. Nilai VIM terbesar yaitu terdapat pada kadar aspal 8% dengan nilai 4,63 %.



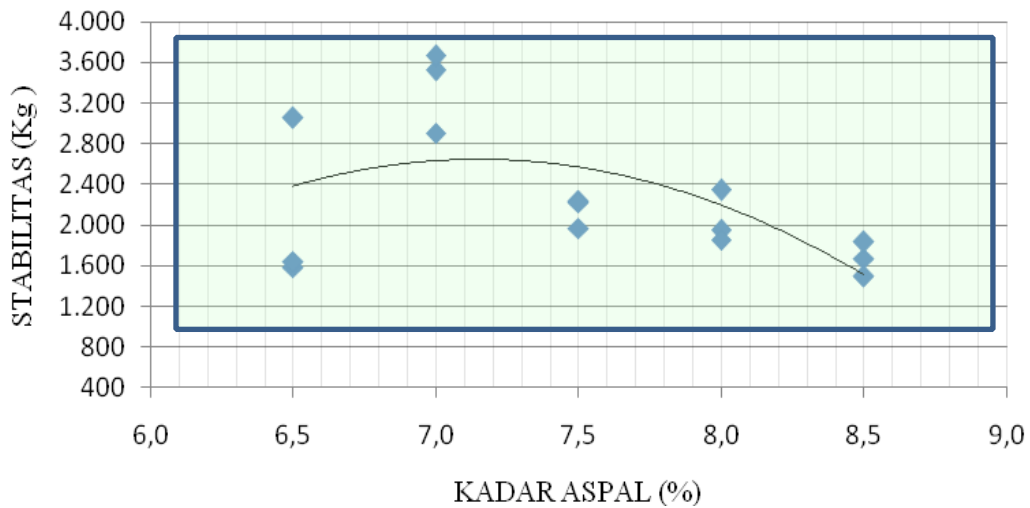
Gambar VI.12. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VMA

Pada grafik VMA menunjukkan bahwa hanya benda uji dengan kadar aspal 6,5% yang tidak memenuhi nilai VMA yang diizinkan, namun pada kadar aspal 7% sampai 8,5% menunjukkan bahwa kadar aspal memenuhi nilai VMA yang diizinkan. Dimana nilai VMA yang diizinkan yaitu  $\geq 18\%$ , untuk kadar aspal rencana 8% memiliki nilai VMA yang terbesar yaitu 20,98 %.



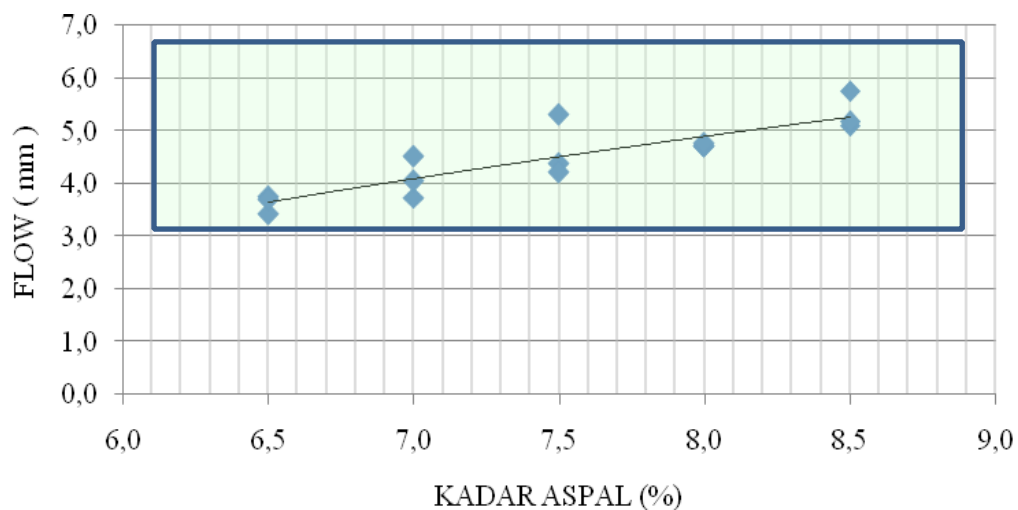
Gambar VI.13. Grafik Pengujian *Marshall* untuk VFA

Pada gambar VI.13 menjelaskan bahwa untuk semua benda uji dengan kadar aspal 6,5% sampai 8,5% mempunyai nilai rata-rata VFA yang diizinkan. Nilai VFA yang diizinkan yaitu lebih dari 68% dengan nilai VFA terbesar 87,47 % pada kadar aspal 8,5% dan untuk nilai VFA terkecil berada pada kadar aspal 6,5%



Gambar VI.14. Grafik Pengujian *Marshall* untuk Stabilitas

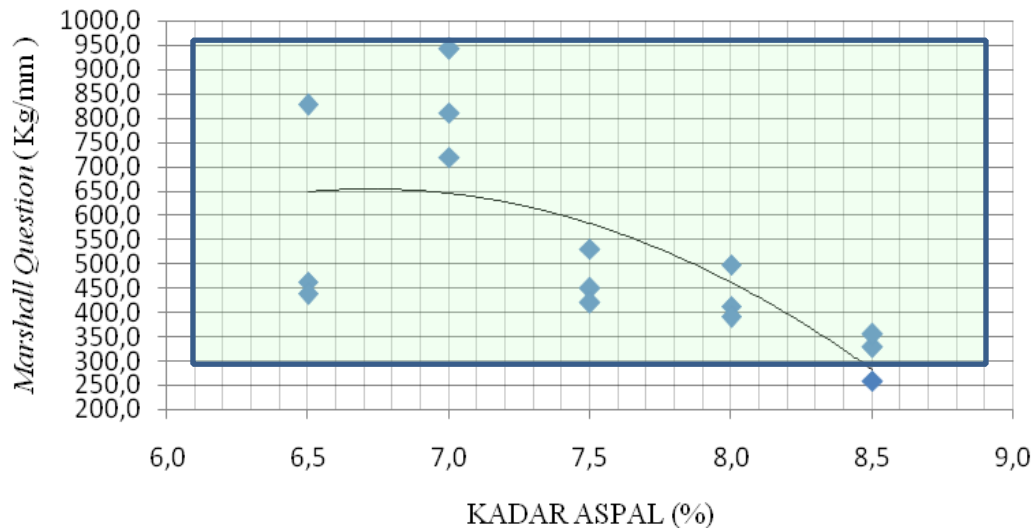
Pada grafik stabilitas diatas menjelaskan bahwa dari semua benda uji yang telah dibuat pada suhu kondisi normal memiliki nilai stabilitas yang diizinkan, nilai yang diizinkan yaitu lebih dari 800 kg dengan nilai stabilitas terbesar pada kadar aspal 7,0% dan untuk nilai terkecil berada pada kadar aspal 8,5%.



Gambar VI.15. Grafik Pengujian *Marshall* untuk Kelelehan (Flow)

Pada gambar VI.15 dapat dilihat bahwa semua benda uji yang dibuat memiliki nilai kelelehan yang diizinkan, yaitu lebih dari 3mm dengan nilai kelelehan terbesar yaitu 5,76 mm pada kadar aspal rencana 8,5 %. Untuk nilai terkecil berada pada kadar aspal 6,5%.

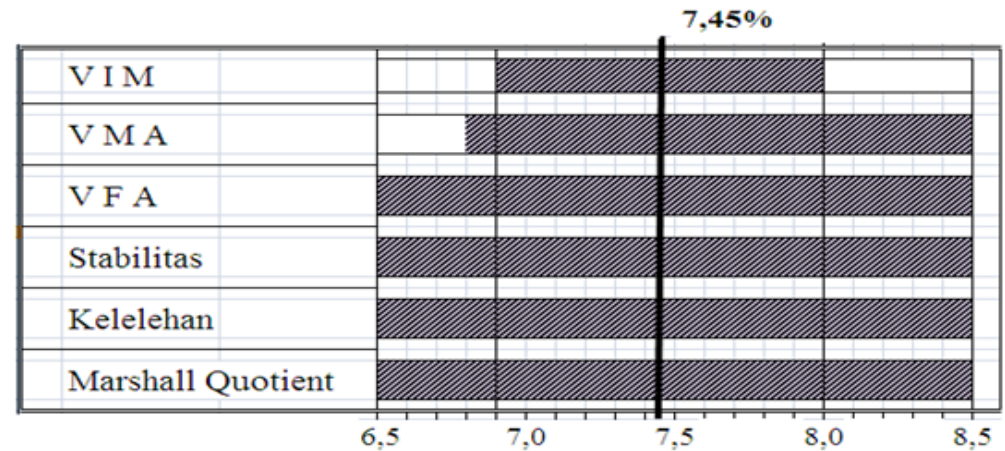




Gambar VI.16. Grafik Pengujian *Marshall* untuk MQ

Berdasarkan gambar VI.16 dapat dilihat bahwa benda uji dengan nilai kadar aspal 6,5% sampai 8,5% mempunyai nilai MQ yang diizinkan yaitu  $\geq 250$  kg/mm dengan nilai MQ terbesar 942,09 kg/mm pada kadar aspal rencana 7%. Untuk nilai terendah berada pada kadar aspal 8,5%.

Setelah diketahui grafik hasil pengujian *Marshall* campuran Lataston (*HRS-WC*) kemudian ditentukan untuk mencari nilai kadar aspal optimum yaitu dengan cara mengambil nilai rata-rata dari setiap parameter pengujian *Marshall*. Selanjutnya dibuat grafik batang untuk menentukan kadar aspal optimumnya berdasarkan hasil minimum dan maksimum dari parameter diatas, hasilnya dapat dilihat pada gambar VI.17 berikut ini :



Gambar VI.17. Grafik Kadar Aspal Optimum pada Campuran Agregat

Dari data grafik diatas, untuk nilai stabilitas, kelelehan (*Flow*), MQ, dan VFA pada semua benda uji dengan kadar aspal 6,5 % sampai 8,5% masuk kedalam batas nilai yang diizinkan sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2. Untuk nilai VIM benda uji berkadar aspal 6,9 % sampai 8% yang masuk batas izin. Sedangkan untuk nilai VMA, hanya benda uji dengan kadar aspal 6,8 % hingga 8,5 % yang sesuai dengan batas izin.

Pada grafik diatas ditarik garis dari nilai parameter *marshall* yang sama-sama memiliki batas yang diizinkan. Dapat dilihat bahwa kadar aspal yang memenuhi semua parameter *Marshall* adalah kadar aspal dengan rentang 6,9 % - 8,0 %, lalu rentang tersebut diambil nilai tengahnya dan didapatkan kadar aspal optimumnya yaitu sebesar 7,45%. Nilai kadar aspal optimum ini yang digunakan untuk membuat benda uji dengan perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan sebanyak 21 benda uji.

#### 6.6.2. Hasil Pengujian *Marshall* Setelah dilakukan Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pemadatan.

Pada hasil perhitungan serta pengujian dilaboratorium sebelumnya didapatkan nilai kadar aspal optimum AC-WC sebesar 5,95% dan HRS-WC sebesar 7,45%. Selanjutnya

dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum untuk perubahan suhu pencampuran dan pematang yang akan dibandingkan dengan benda uji dengan suhu normal yaitu 156°C untuk suhu pencampuran dan 142°C untuk suhu pematangan. Variasi suhu pencampuran yang digunakan adalah 141°C, 146°C, 151°C, 161°C, 166°C, dan 171°C. Suhu pematangannya adalah 127°C, 132°C, 137°C, 147°C, 152°C dan 157°C. Adapun hasil pengujian *Marshall* campuran sebagai berikut :

Tabel VI.13. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji Setelah Perubahan Suhu Pencampuran dan Pematangan pada AC-WC

Kode briket	Kadar aspal	VIM %	VMA	VFA %	Stabilitas Kg	Kelelahan mm	MQ Kg/mm
		3,0-5,0	≥15	≥65	≥800	≥3	≥250
156 – 142 (1) (normal)	5,95	4,94	18,02	72,59	1172,67	5,45	215,17
156 – 142 (2) (normal)	5,95	4,83	17,92	73,07	1274,65	4,34	293,70
156 – 142 (3) (normal)	5,95	4,95	18,03	72,52	1184,91	3,64	325,52
Rata-rata	5,95	4,91	17,99	72,73	1210,74	4,14	294,25

Lanjutan Tabel VI.13. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji Setelah Perubahan Suhu Pencampuran dan Pematangan pada AC-WC

Kode briket	Kadar aspal	VIM %	VMA	VFA %	Stabilitas Kg	Kelelahan mm	MQ Kg/mm
		3,0-5,0	≥15	≥65	≥800	≥3	≥250
161 – 147 (1)	5,95	4,88	17,97	72,83	1098,23	4,34	253,05
161 – 147 (2)	5,95	4,49	17,63	74,54	1097,72	4,32	254,22
161 – 147 (3)	5,95	4,94	18,02	72,58	1097,21	4,30	255,40
Rata-rata	5,95	4,77	17,87	73,32	1097,72	4,32	254,22
166 – 152 (1)	5,95	4,75	17,85	73,42	977,91	5,41	180,86
166 – 152 (2)	5,95	4,74	17,84	73,45	859,62	4,65	184,86
166 – 152 (3)	5,95	5,04	18,10	72,16	937,12	5,00	187,46
Rata-rata	5,95	4,84	17,93	73,01	924,88	5,02	184,40
171 – 157 (1)	5,95	5,39	18,41	70,72	891,23	5,01	177,75
171 – 157 (2)	5,95	5,36	18,38	70,84	759,69	6,40	118,70
171 – 157 (3)	5,95	4,88	17,96	72,86	949,36	5,40	175,87
Rata-rata	5,95	5,21	18,25	71,47	866,76	5,60	157,44
151 – 137 (1)	5,95	4,65	17,77	73,84	1179,81	4,68	251,88

151 – 137 (2)	5,95	4,82	17,91	73,10	1104,35	4,92	224,46
151 – 137 (3)	5,95	4,75	17,85	73,41	1278,72	4,36	293,42
Rata-rata	5,95	4,74	17,84	73,45	1187,63	4,65	256,59
146 – 132 (1)	5,95	5,01	18,07	72,28	816,79	4,50	181,43
146 – 132 (2)	5,95	4,84	17,92	72,99	839,23	4,78	175,46
146 – 132 (3)	5,95	4,80	17,89	73,16	772,94	5,06	152,64
Rata-rata	5,95	4,88	17,96	72,81	809,65	4,78	169,84
141 – 127 (1)	5,95	5,68	18,64	69,55	761,73	5,90	129,13
141 – 127 (2)	5,95	5,80	18,75	69,08	678,11	5,82	116,54
141 – 127 (3)	5,95	6,18	19,08	67,60	704,62	5,74	122,80
Rata-rata	5,95	5,89	18,82	68,74	714,82	5,82	122,82

Sumber: *Analisa Perhitungan*

Dari analisa tersebut akan dibuat rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* benda uji campuran normal dan benda uji perubahan suhu pada kadar aspal optimum (KAO) 5,95 %. Pada tabel di bawah ini yang diambil adalah nilai rata-rata dari setiap parameter pengujian *Marshall* lapisan AC-WC.

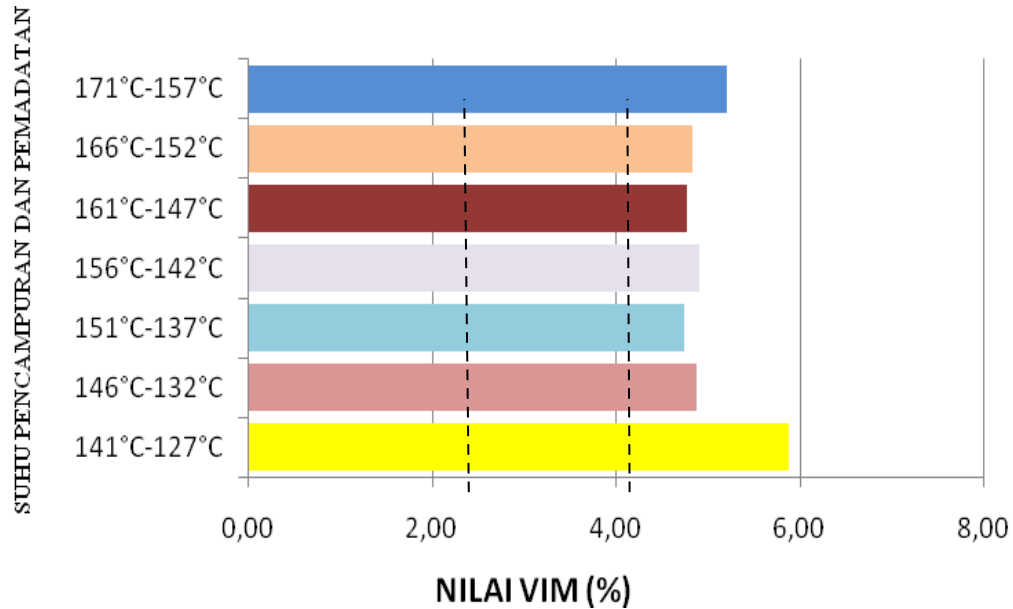
Tabel VI.14. Nilai Rata-rata Hasil Pengujian *Marshall*

Benda Uji	Spec.	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)
	Kadar Aspal (%)						
		3,0-5,0	≥ 15	≥ 65	≥ 800	≥ 3	≥ 250
Normal 156°-142°	5,95	4,91	17,99	72,73	1210,74	4,14	294,25
161°-147°	5,95	4,77	17,87	73,32	1097,72	4,32	254,22
166°-152°	5,95	4,84	17,93	73,01	924,88	5,02	184,40
171°-157°	5,95	5,21	18,25	71,47	866,76	5,60	157,44
151°-137°	5,95	4,74	17,84	73,45	1187,63	4,65	256,59

146°-132°	5,95	4,88	17,96	72,81	809,65	4,78	169,84
141°-127°	5,95	5,89	18,82	68,74	714,82	5,82	122,82

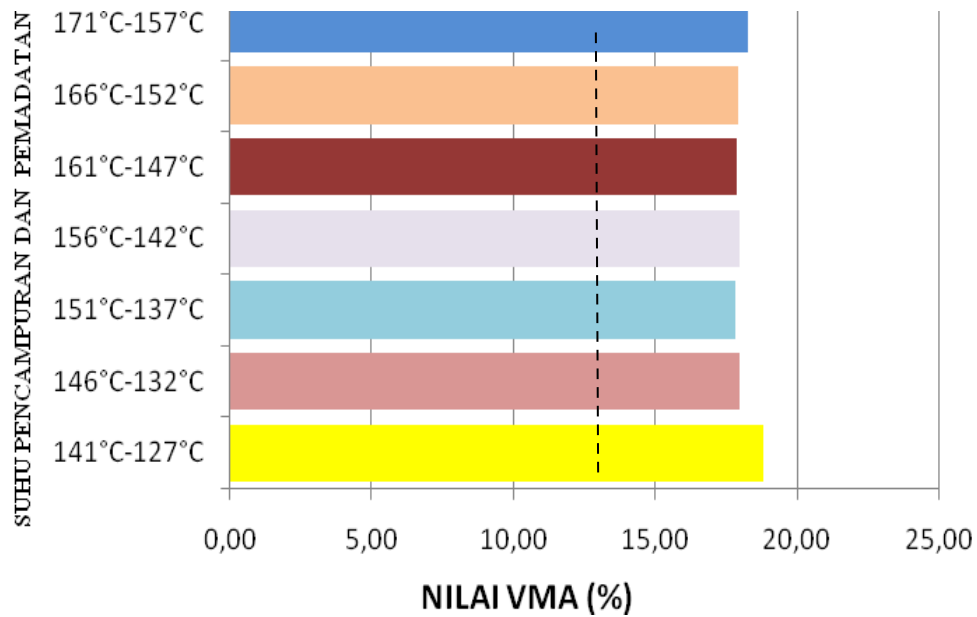
Sumber: *Analisa Perhitungan*

Berikut ini adalah grafik hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji suhu normal dan benda uji perubahan suhu pada lapisan AC-WC.



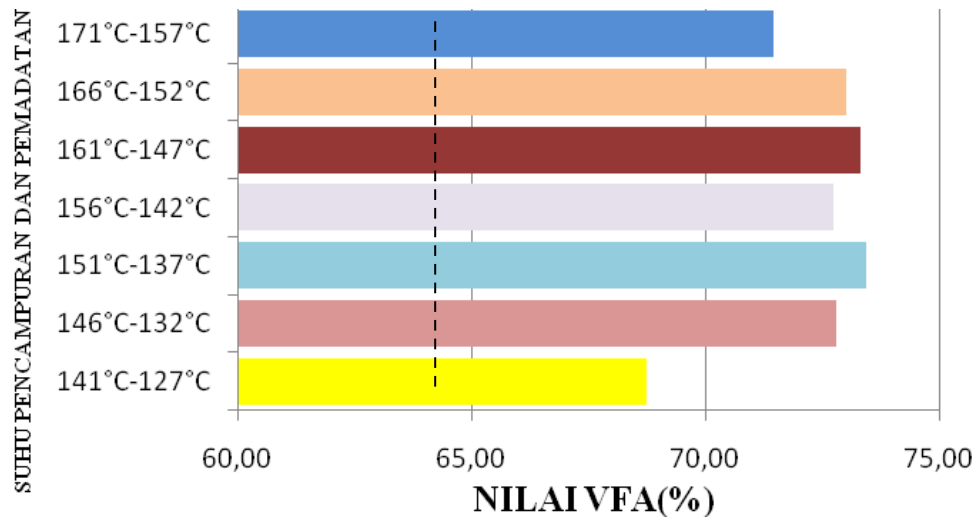
Gambar VI.18. Grafik Perbandingan Benda uji parameter VIM

Pada grafik Gambar VI.18. dapat dilihat untuk suhu pencampuran pematatan 141-127 dan 171-157 memiliki nilai VIM yaitu 5,89 % dan 5,21%, nilai tersebut tidak termasuk dalam spesifikasi yang mempunyai batas 3 – 5%. Untuk suhu pencampuran pematatan benda uji cenderung mengalami penurunan terhadap benda uji pada suhu normal.



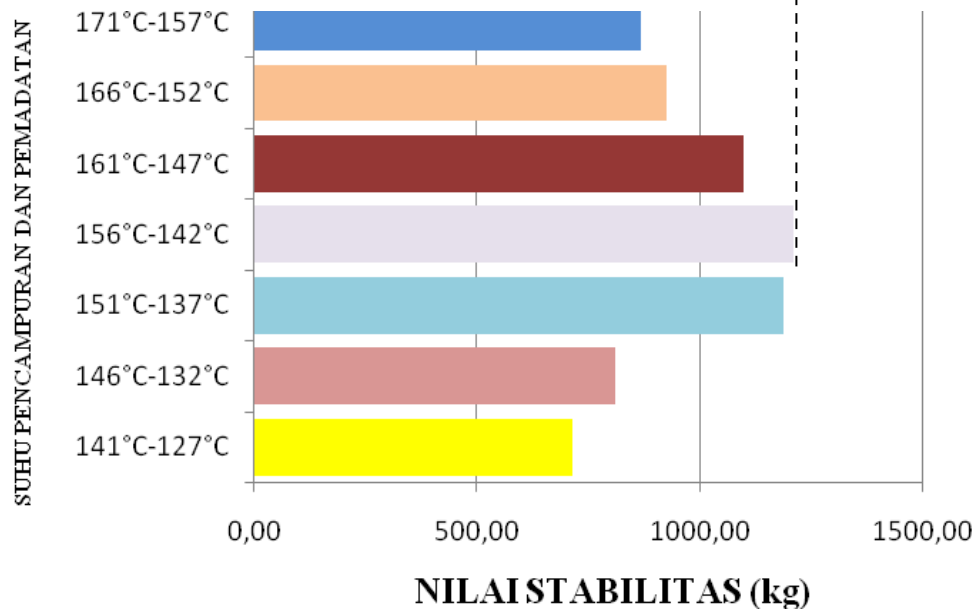
Gambar VI. 19. Grafik Perbandingan Benda Uji Parameter VMA

Pada hasil nilai VMA cenderung meningkat terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Nilai VMA terbesar yaitu pada suhu pencampuran pematatan 141-127 dengan nilai 18.82 %, sedangkan untuk nilai VMA terkecil yaitu pada suhu pencampuran pematatan 151 – 137 dengan nilai 17.84 %. Nilai VMA untuk semua benda uji memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 15 %.



Gambar VI. 20. Grafik Perbandingan Benda Uji Parameter VFA

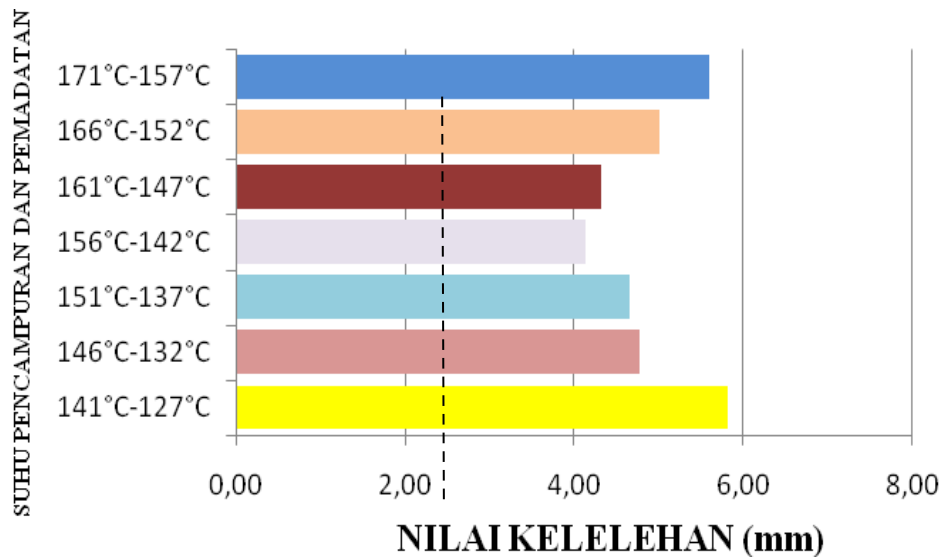
Berdasarkan grafik Gambar VI.20 nilai parameter VFA cenderung meningkat terhadap perubahan suhu pencampuran dan pemadatan. Pada suhu pencampuran pemadatan 151-137 memiliki nilai VFA terbesar dengan nilai 73,45 %, kemudian pada suhu pencampuran pemadatan mengalami penurunan terkecil pada suhu 141-127 dengan nilai 68,74 %. Semua nilai VFA yang di dapatkan memenuhi syarat spesifikasi



Gambar VI.21. Grafik Perbandingan Benda Uji Parameter Stabilitas

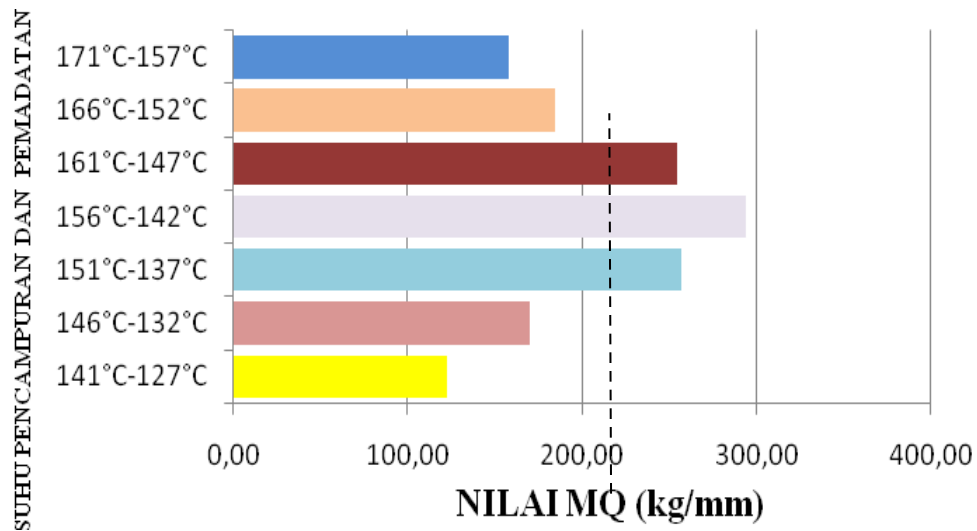
Pada hasil nilai stabilitas cenderung menurun terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Nilai stabilitas terbesar yaitu pada suhu pencampuran pematatan 156 - 142 dengan nilai 1210,74 kg sedangkan untuk nilai stabilitas terkecil yaitu pada suhu pencampuran pematatan 141 - 127 dengan nilai 714,82 kg.





Gambar VI. 22. Grafik Perbandingan Benda Uji Parameter Kelelahan

Berdasarkan grafik Gambar VI.22 nilai parameter kelelahan cenderung meningkat terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Pada suhu pencampuran pematatan 141 - 127 memiliki nilai kelelahan terbesar dengan nilai 5,82 mm, kemudian pada suhu pencampuran pematatan memiliki nilai kelelahan terkecil pada suhu 156 - 142 dengan nilai 4,14 mm. Semua nilai kelelahan yang di dapatkan memenuhi syarat spesifikasi yaitu lebih dari 3 mm.



Gambar VI.23. Grafik Perbandingan Benda Uji Parameter *Marshall*

Pada hasil nilai MQ cenderung menurun terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Nilai MQ terbesar yaitu pada suhu pencampuran pematatan 156 - 142 dengan nilai 294,25 kg/mm sedangkan untuk nilai MQ terkecil yaitu pada suhu pencampuran pematatan 141 - 127 dengan nilai 122,82 kg/mm.

Selanjutnya dilakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji pada lapisan HRS-WC. Adapun hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada Tabel VI.15.

Tabel VI.15. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Simulasi Perubahan Suhu Pencampuran dan Suhu Pematatan

Kode Briket	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)
		≥ 800	≥ 3	≥ 250	4,0-6,0	≥ 18	≥ 68

Normal							
156° - 142°	7,45	1015.64	3.51	289.36	4.74	20.05	76.38
156° - 142°	7,45	1017.68	3.18	320.02	8.42	23.14	63.60
156° - 142°	7,45	913.67	3.49	261.80	4.07	19.49	79.10
Rata-rata	7,45	982.33	3.39	289.49	5.74	20.89	73.03
Suhu (-5°)							
151° - 137°	7,45	916.72	3.86	237.49	4.09	19.50	79.04
151° - 137°	7,45	799.46	3.04	262.98	5.89	21.01	71.99
151° - 137°	7,45	1000.34	4.00	250.09	4.03	19.45	79.31
Rata-rata	7,45	905.51	3.63	250.19	4.67	19.99	76.78

Lanjutan Tabel VI.15. Hasil Pengujian *Marshall* Benda Simulasi Perubahan Suhu

Pencampuran dan Suhu Pematatan

Kode Briket	Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)
		≥ 800	≥ 3	≥ 250	4,0-6,0	≥ 18	≥ 68
Suhu (-5°)							
146° - 132°	7,45	864.72	5.30	163.06	5.73	20.88	72.56
146° - 132°	7,45	749.49	4.82	155.59	4.94	20.22	75.55
146° - 132°	7,45	912.65	3.64	250.73	4.92	20.21	75.63
Rata-rata	7,45	842.29	4.59	189.79	5.20	20.44	74.58
Suhu (-5°)							
141° - 127°	7,45	766.83	5.41	141.77	7.49	22.36	66.49
141° - 127°	7,45	521.07	5.60	93.08	7.48	22.35	66.54
141° - 127°	7,45	691.37	4.72	146.48	7.63	22.48	66.04
Rata-rata	7,45	659.76	5.24	127.11	7.53	22.40	66.36
Suhu (+5°)							
161° - 147°	7,45	975.87	4.12	236.86	4.46	19.81	77.51
161° - 147°	7,45	803.54	4.04	198.90	3.51	19.02	81.54
161° - 147°	7,45	1008.50	4.00	252.12	4.11	19.53	78.93
Rata-rata	7,45	929.30	4.05	229.29	4.03	19.45	79.33
Suhu (+5°)							
166° - 152°	7,45	811.69	5.01	162.01	8.11	22.88	64.56
166° - 152°	7,45	766.83	5.13	149.48	4.11	19.52	78.95
166° - 152°	7,45	755.61	5.11	147.87	5.17	20.41	74.68
Rata-rata	7,45	778.04	5.08	153.12	5.79	20.94	72.73
Suhu (+5°)							

171° - 157°	7,45	627.13	4.10	152.96	4.10	19.51	79.01
171° - 157°	7,45	719.92	5.99	120.19	10.48	24.87	57.85
171° - 157°	7,45	635.28	4.77	133.18	9.28	23.86	61.11
Rata-rata	7,45	660.78	4.95	135.44	7.95	22.75	65.99

Sumber: *Analisa Perhitungan*

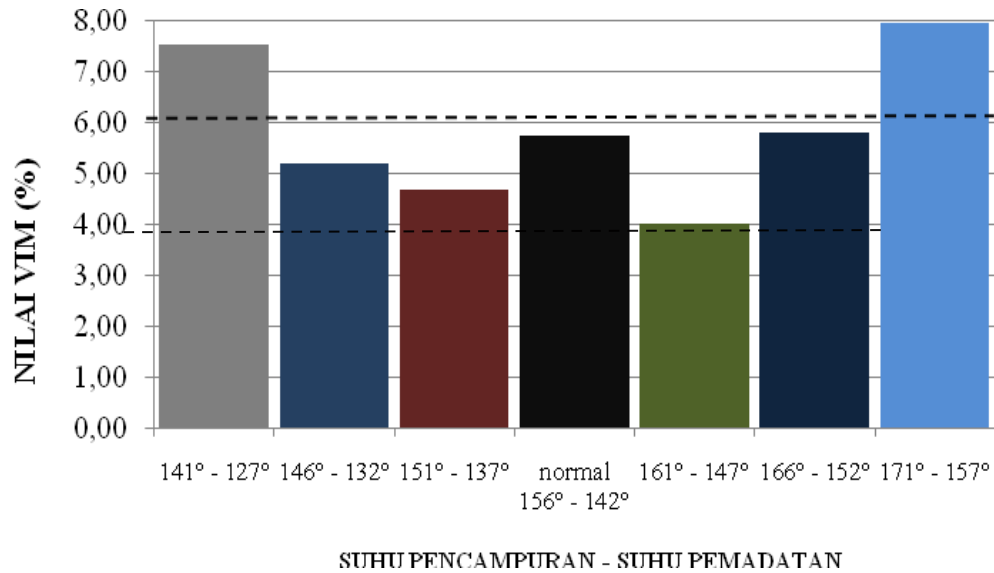
Dari hasil pengujian variasi perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan terhadap benda uji lataston diperoleh data berupa nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Kemudian dari hasil pengujian untuk tiap perubahan simulasi suhu pencampuran dan suhu pemadatan diambil nilai rata-rata untuk ketiga benda uji tersebut, nilai tersebut dapat dilihat pada tabel VI.16 di bawah ini.

Tabel VI.16. Nilai Rata-rata Hasil Pengujian Setiap Parameter *Marshall*

Benda Uji		Spec.						
		Kadar Aspal (%)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Kelelahan (mm)	MQ (kg/mm)
Suhu Pencampuran	Suhu Pemadatan		4,0-6,0	≥ 18	≥ 68	≥ 800	≥ 3	≥ 250
Normal (156°)	Normal (141°)	7,45	5,74	20,89	73,03	982,33	3,39	289,49
151°	137°	7,45	4,67	19,99	76,78	905,51	3,63	250,19
146°	132°	7,45	5,20	20,44	74,58	842,29	4,59	189,79
141°	127°	7,45	7,53	22,40	66,36	659,76	5,24	127,11
161°	147°	7,45	4,03	19,45	79,33	929,30	4,05	229,29
166°	152°	7,45	5,79	20,94	72,73	778,04	5,08	153,12
171°	157°	7,45	7,95	22,75	65,99	660,78	4,95	135,44

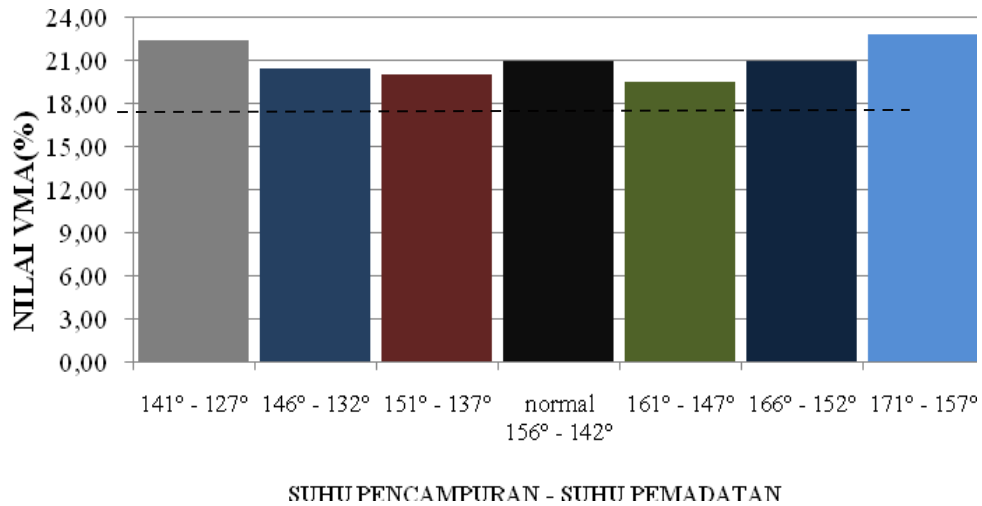
Sumber: *Analisa Perhitungan*

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel VI.16 maka dapat dilihat untuk nilai VMA dan kelelahan telah memenuhi spesifikasi yang ada. Dari hasil tiap parameter akan dibuat kembali grafik hasil dari pengujian.



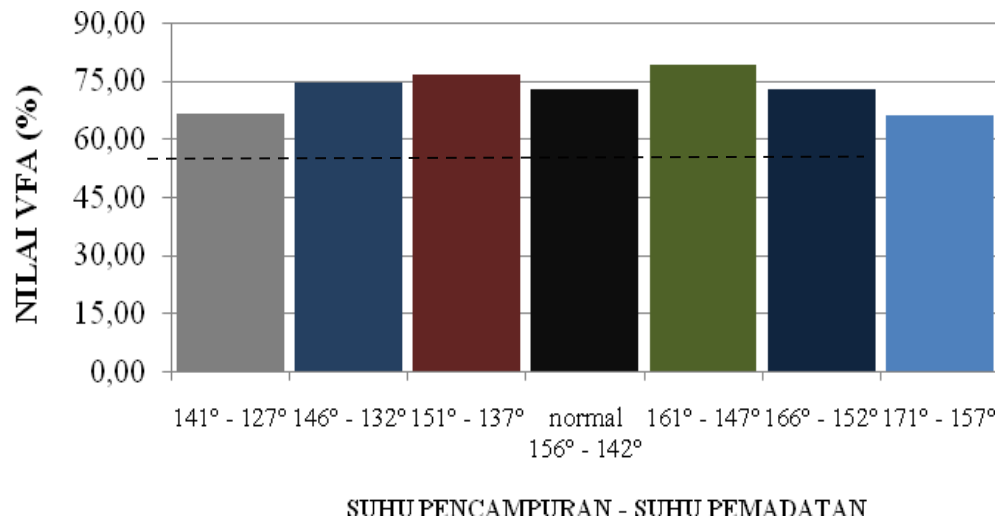
Gambar VI.24. Grafik Nilai VIM Hasil Simulasi Perubahan Suhu

Pada gambar VI.24 nilai VIM cenderung mengalami peningkatan terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Pada suhu pencampuran 171°C suhu pematatan 157°C memiliki nilai VIM terbesar terhadap benda uji normal namun sebesar 7,95 % namun hasil ini tidak memenuhi spesifikasi yaitu antara 4 – 6 % untuk nilai VIM. Sedangkan untuk suhu pencampuran 161°C suhu pematatan 147°C memiliki nilai VIM yang terkecil yaitu 4,03 % dan hasil ini masuk dalam spesifikasi.



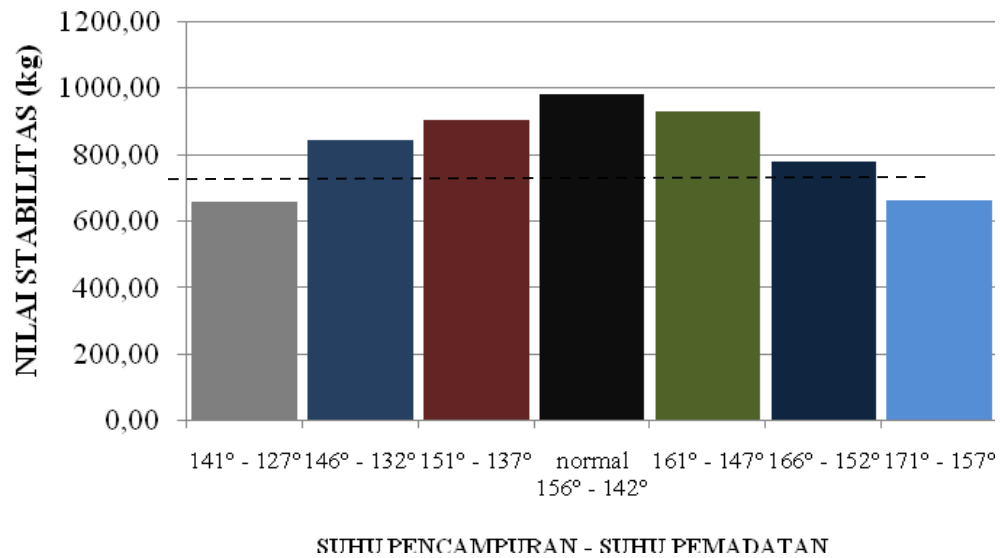
Gambar VI.25. Grafik Nilai VMA Hasil Simulasi Perubahan Suhu

Berdasarkan grafik hasil nilai VMA terhadap perubahan suhu cenderung mengalami peningkatan, untuk suhu pencampuran 171<sup>0</sup>C suhu pematatan 157<sup>0</sup>C memiliki nilai VMA terbesar yaitu 22,75 %, sedangkan untuk suhu pencampuran 161<sup>0</sup>C suhu pematatan 147<sup>0</sup>C memiliki nilai VMA terkecil yaitu 19,45 % . nilai VMA untuk tiap benda uji memenuhi spesifikasi.



Gambar VI.26. Grafik Nilai VFA Hasil Simulasi Perubahan Suhu

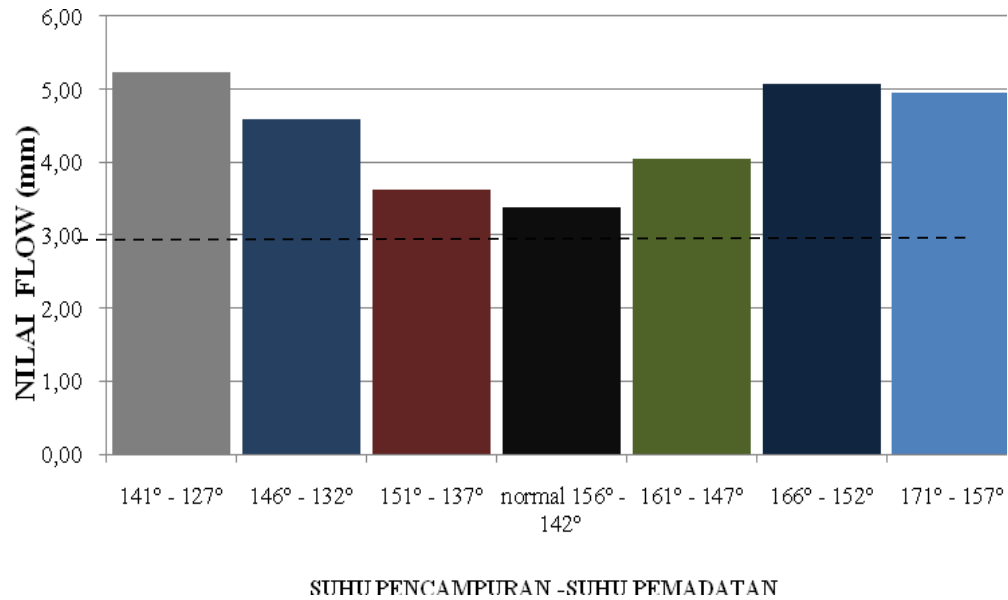
Pada grafik di atas nilai VFA cenderung mengalami peningkatan terhadap perubahan suhu pencampuran dan pematatan. Pada suhu pencampuran 161°C suhu pematatan 147°C memiliki nilai terbesar yaitu 79,33 %. Namun untuk suhu pencampuran 141°C dan 171°C suhu pematatan 127°C dan 157°C mengalami penurunan dan hasilnya tidak memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 68 %.



Gambar VI.27. Grafik Nilai Stabilitas Hasil Simulasi Perubahan Suhu

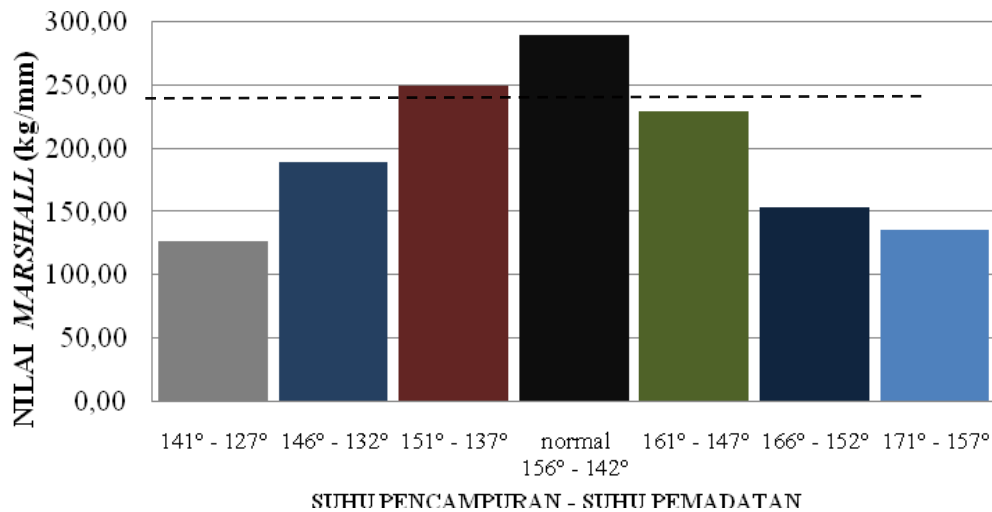
Untuk nilai stabilitas mengalami penurunan terhadap benda uji suhu normal, untuk suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C, 166<sup>0</sup>C dan 171<sup>0</sup>C mengalami penurunan nilai stabilitas dan tidak masuk dalam spesifikasi. Namun untuk suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C, 146<sup>0</sup>C dan 161<sup>0</sup>C nilai stabilitas memenuhi spesifikasi.





Gambar VI.28. Grafik Nilai Kelelahan Hasil Simulasi Perubahan Suhu

Berdasarkan grafik di atas nilai kelelahan mengalami peningkatan terhadap benda uji suhu normal. Untuk suhu pencampuran 141°C suhu pemadatan 127°C memiliki nilai kelelahan terbesar yaitu 5,24 mm dan nilai kelelahan terkecil yaitu 3,63 mm terletak pada suhu pencampuran 151°C dan suhu pemadatan 137°C.



Gambar VI.29. Grafik Nilai Marshall Quotient Hasil Simulasi Perubahan Suhu

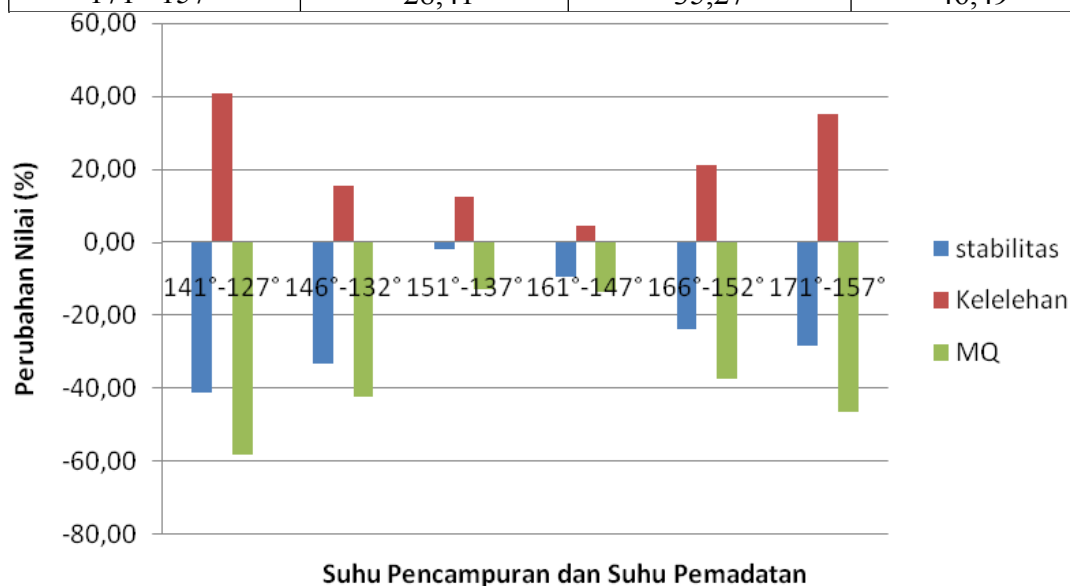
Pada grafik diatas untuk nilai Marshall Quotient (MQ) mengalami penurunan terhadap benda uji suhu normal. Nilai terkecil MQ terletak pada suhu pencampuran 141°C dan suhu pematatan 127°C dengan nilai 127,11 kg/mm nilai ini tidak memenuhi spesifikasi. Untuk suhu pencampuran 151°C suhu pematatan 137°C memiliki nilai MQ terbesar terhadap benda uji suhu normal yaitu 250,19 kg/mm hasil ini memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm.

### 6.7. Analisa dan Pembahasan

Pada subab ini akan membahas mengenai hasil dari pengujian Marshall yang meliputi besarnya nilai parameter-parameter pada benda uji, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai parameter benda uji normal.

Tabel VI.17. Perubahan Nilai Parameter Benda Uji untuk Stabilitas, kelelahan dan MQ pada AC-WC

Benda Uji	Perubahan Nilai (%)		
	Stabilitas	Kelelahan	MQ
141°-127°	-40,96	40,58	-58,26
146°-132°	-33,13	15,46	-42,28
151°-137°	-1,91	12,32	-12,80
161°-147°	-9,33	4,35	-13,60
166°-152°	-23,61	21,26	-37,33
171°-157°	-28,41	35,27	-46,49



Gambar VI.30. Grafik Hasil Perubahan Nilai Stabilitas, Kelelahan, dan MQ terhadap Benda Uji Normal

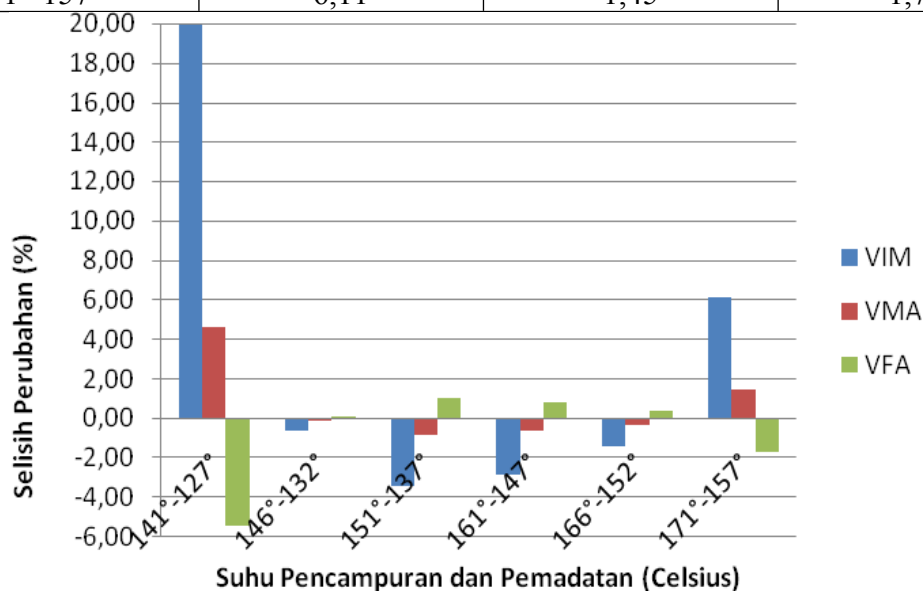
Dari Grafik hasil VI.30 diketahui Nilai Variasi suhu memiliki pengaruh terhadap nilai stabilitas, kelelahan, MQ. Dimana hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pencampuran dan suhu pematatan maka akan mempengaruhi nilai stabilitas, kelelahan, dan MQ. Hal ini disebabkan karena suhu yang tinggi menyebabkan kehilangan dan kerusakan ikatan-ikatan aspal dan agregat. Bila terjadi proses pencampuran dan

pemadatan terhadap suhu yang tinggi maka akan terjadi bleeding (kenyang aspal) dalam proses pencampuran agregat dan aspal.

Jika semakin rendah suhu yang digunakan akan mengakibatkan menurunnya nilai stabilitas, kelelahan, dan MQ dibandingkan dengan nilai dalam kondisi normal. Pada suhu rendah mengakibatkan agregat dan aspal tidak tercampur merata pada proses pencampuran dan pemadatan sehingga mengurangi kekuatan antara agregat dan aspal tersebut.

Tabel VI.18. Perubahan Nilai Parameter Benda uji untuk VIM, VMA, VFA pada AC-WC

Benda Uji	Selisih Perubahan (%)		
	VIM	VMA	VFA
141°-127°	19,96	4,61	-5,49
146°-132°	-0,61	-0,17	0,11
151°-137°	-3,46	-0,83	0,99
161°-147°	-2,85	-0,67	0,81
166°-152°	-1,43	-0,33	0,38
171°-157°	6,11	1,45	-1,73



Gambar VI.31. Grafik Hasil Perubahan Nilai VIM, VMA, VFA terhadap Benda Uji Normal

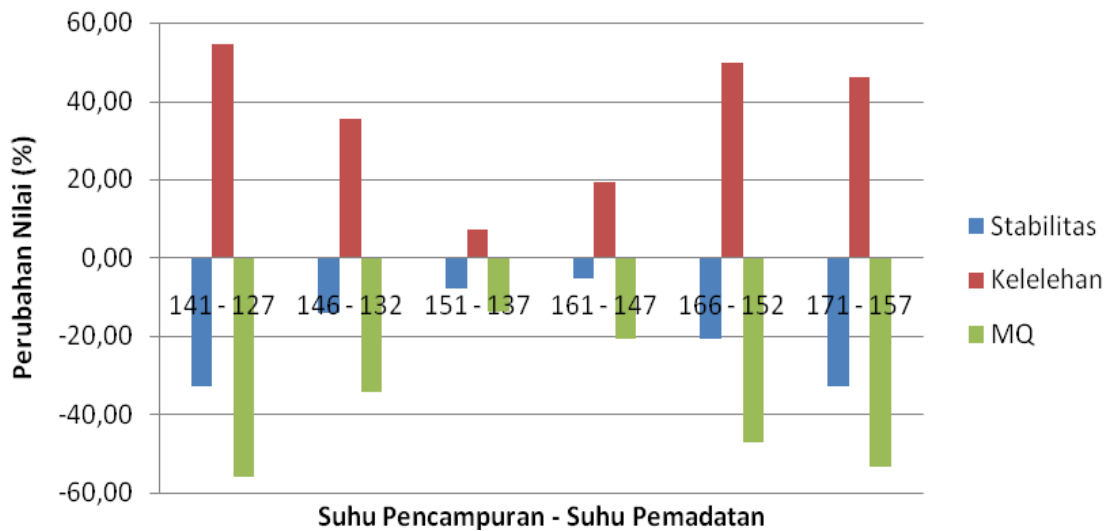
Dari Grafik hasil VI.31 diketahui Nilai Variasi suhu memiliki pengaruh terhadap nilai VIM, VMA, VFA. Dimana hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan akan mengakibatkan rongga pori-pori pada agregat akan membesar dan aspal mengalami penguapan, sehingga tidak semua aspal akan mengisi rongga-rongga pada agregat. Hal ini mengakibatkan penurunan kekuatan pada benda uji. Untuk mengisi rongga pada agregat tersebut, nilai VIM, VFA dan VMA dibandingkan dengan nilai dalam kondisi normal, dimana hanya pada variasi suhu pencampuran 146°C, 151°C, 156°C dan 161°C suhu pemadatan 132°C, 137°C, 142°C, dan 147°C yang memenuhi semua spesifikasi campuran yang disyaratkan.

Tabel VI.19. Nilai Perubahan Parameter Terhadap Benda Uji Normal pada HRS-WC

Suhu Pencampuran - Suhu Pemadatan	Selisih Perubahan (%)		
	Stabilitas	Kelelahan	MQ
141 - 127	-32.84	54.57	-56.09
146 - 132	-14.26	35.40	-34.44
151 - 137	-7.82	7.08	-13.58
161 - 147	-5.40	19.47	-20.80
166 - 152	-20.80	49.85	-47.11
171 - 157	-32.73	46.02	-53.21

(Sumber : Analisa Perhitungan )

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan terhadap nilai parameter MQ dan nilai stabilitas terhadap benda uji suhu normal. Nilai stabilitas yang mengalami penurunan terendah yaitu pada suhu pencampuran 161°C suhu pemadatan 147°C sebesar 5,40%, nilai kelelahan terbesar mengalami peningkatan sebesar 54,57 % pada suhu pencampuran 141°C dan suhu pemadatan 127°C dan untuk nilai MQ mengalami penurunan terkecil pada suhu pencampuran 151°C dan suhu pemadatan 137°C sebesar 13,58%.



Gambar VI.32. Grafik Nilai Perubahan Parameter Hasil Simulasi Perubahan Suhu

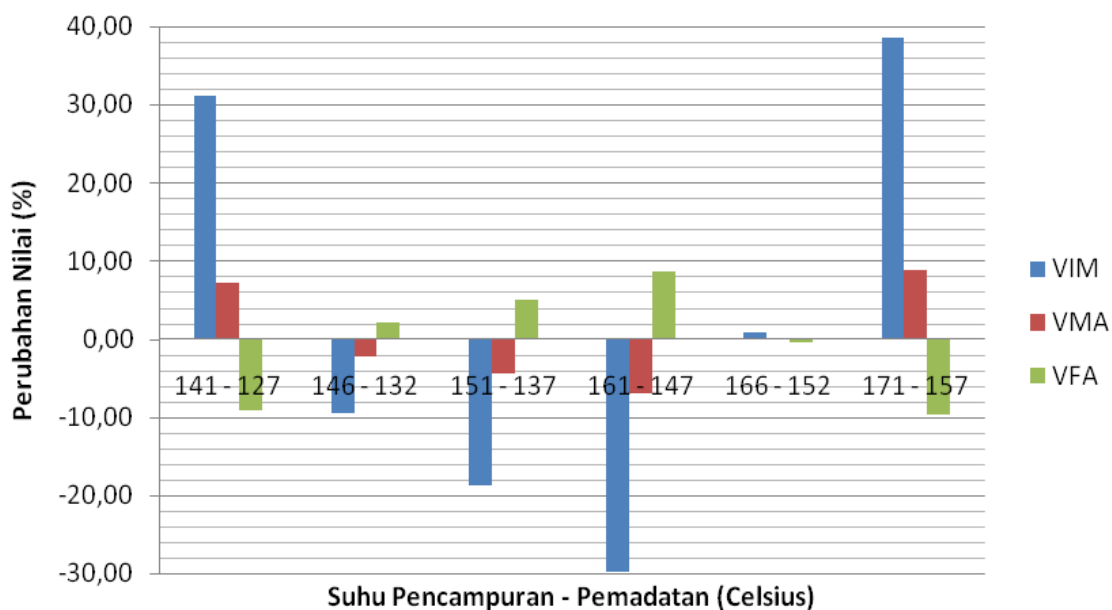
Pada grafik Gambar VI.32. dapat dilihat bahwa untuk suhu pencampuran dan suhu pematatan yang lebih besar maupun lebih kecil cenderung mempengaruhi nilai stabilitas, kelelahan dan MQ. Suhu serta sifat viskositas aspal akan berubah-ubah, akibat adanya peningkatan nilai kelelahan pada aspal. Maka nilai stabilitas, kelelahan dan MQ pada suhu pencampuran 151°C, 161°C dan suhu pematatan 137°C, 147°C sesuai dengan spesifikasi. Namun pada suhu pencampuran 151°C dan suhu pematatan 137°C relatif mengalami penurunan lebih sedikit, spesifikasi suhu yang baik dalam proses pematatan dan pencampuran.

Tabel VI.20. Nilai Perubahan Parameter VIM, VMA, VFA Terhadap Benda Uji Normal

Suhu Pencampuran - Suhu Pematatan	Selisih Perubahan (%)		
	VIM	VMA	VFA
141 - 127	31.18	7.23	-9.13
146 - 132	-9.41	-2.15	2.12
151 - 137	-18.64	-4.31	5.13
161 - 147	-29.79	-6.89	8.63
166 - 152	0.87	0.24	-0.41
171 - 157	38.50	8.90	-9.64

(Sumber : Analisa Perhitungan )

Berdasarkan hasil pengujian test Marshall diperoleh untuk nilai VIM mengalami peningkatan terbesar pada saat suhu pencampuran 171°C suhu pemadatan 157°C dengan nilai 38,50%, namun untuk suhu pencampuran 161°C suhu pemadatan 147°C mengalami penurunan terbesar yaitu 29,79%. Untuk nilai VMA mengalami kenaikan terbesar sebesar 8,90% pada suhu pencampuran 171°C suhu pemadatan 157°C dan pada suhu pencampuran 161°C suhu pemadatan 147°C mengalami penurunan sebesar 6,89%, dan untuk nilai VFA suhu pencampuran 161°C suhu pemadatan 147°C mengalami peningkatan terbesar yaitu 8,63% dan saat suhu pencampuran 171°C suhu pemadatan 157°C mengalami penurunan sebesar 9,64%.



Gambar VI.33. Grafik Nilai Perubahan VIM, VMA, VFA Terhadap Benda Uji Normal

Berdasarkan grafik Gambar VI.33. perbandingan suhu normal dengan suhu simulasi pada nilai VIM, VMA, VFA yang masuk spesifikasi terletak pada suhu pencampuran 145°, 151°, 161°, 166° dan suhu pemadatan 132°, 137°, 147°, 152°.

Pada grafik Gambar VI.16. dapat dilihat bahwa untuk suhu pencampuran dan suhu pemadatan yang tinggi mempengaruhi nilai VIM, VFA dan VMA hal ini diakibatkan oleh besarnya rongga akibat penguapan yang terjadi pada campuran sedangkan untuk aspal mengalami pencairan sehingga aspal masuk ke dalam rongga agregat dan mengisi pori-pori yang ada dalam campuran.

Sedangkan untuk suhu yang lebih kecil mempengaruhi nilai VIM, VMA, VFA hal ini disebabkan karena aspal sulit mencair sehingga sulit untuk mengisi rongga-rongga yang ada di dalam agregat dan campuran.



## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan penelitian di laboratorium diperoleh perhitungan karakteristik campuran aspal Laston *AC-WC* dan Lataston *HRS-WC* terhadap pengaruh perubahan suhu pencampuran dan suhu pemadatan menggunakan pengujian *Marshall*, didapat kesimpulan yaitu:

1. Laston atau *Asphalt Concrete* (AC) terdiri dari tiga macam yaitu lapisan aus atau AC-WC, lapisan pengikat AC-BC dan lapisan pondasi atau AC-Base yang berfungsi sebagai lapisan permukaan pada konstruksi jalan raya. Pada lapisan perkerasan *Hot Rolled Sheet* (HRS) terdiri dari lapis permukaan (HRS-WC) dan lapis pondasi (HRS-Base).
2. a. Dari hasil pengujian Marshall dengan nilai kadar aspal optimum (KAO) pada AC-WC sebesar 5,95%, maka didapatlah nilai VIM terbesar pada suhu pencampuran 141°C dan suhu pemadatan 127°C dengan nilai sebesar 5,89%, nilai VMA terbesar 18,82% pada suhu pencampuran 141°C dan suhu pemadatan 127°C, nilai VFA terbesar terletak pada suhu pencampuran 151°C dan suhu pemadatan 137°C sebesar 73,45%. Pada HRS-WC untuk nilai VIM dan nilai VMA terbesar terdapat pada suhu pencampuran 171°C suhu pemadatan 157°C dengan nilai 7,95% dan 22,75 %, dan untuk nilai VFA terbesar dengan nilai 79,33 % terletak pada suhu pencampuran 161°C dan suhu pemadatan 147°C.  
b. Pada AC-WC berdasarkan hasil pengujian untuk nilai stabilitas dan nilai MQ terbesar yaitu 1187,63 kg dan 256,59 kg/mm terletak pada suhu pencampuran 151°C dan suhu

pemadatan 137<sup>0</sup>C, untuk nilai kelelahan terbesar yaitu 5,82 mm terletak pada suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C dan suhu pemadatan 127<sup>0</sup>C. Pada HRS-WC nilai stabilitas, kelelahan dan MQ yang optimum dan memenuhi spesifikasi diperoleh pada suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C dan suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C dengan nilai masing-masing 905,51 kg, 3,63 mm dan 289,49 kg/mm dalam kadar aspal optimum sebesar 7,45%.

3. a. Nilai stabilitas dan nilai MQ untuk AC-WC mengalami penurunan terbesar pada suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C suhu pemadatan 127<sup>0</sup>C sebesar 40,9% dan 58,25%, namun untuk suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C mengalami penurunan yang sangat kecil sebesar 1,9% dan 12,79%. Nilai *flow* mengalami peningkatan terbesar yaitu 40,57% pada suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C suhu pemadatan 127<sup>0</sup>C. Pada suhu pencampuran 161<sup>0</sup>C suhu pemadatan 147<sup>0</sup>C mengalami peningkatan terkecil sebesar 4,34%. Untuk HRS-WC Pada suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C suhu pemadatan 127<sup>0</sup>C mengalami penurunan terbesar terhadap nilai stabilitas, kelelahan dan nilai MQ dengan masing-masing penurunan sebesar 32,84%, 54,57% dan 56,09 % dan penurunan terkecil untuk nilai MQ dan nilai kelelahan terletak pada suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C dengan penurunan sebesar 13,58% dan 7,08 %, sedangkan penurunan nilai stabilitas terkecil terdapat pada suhu pencampuran 161<sup>0</sup>C, suhu pemadatan 147<sup>0</sup>C dengan nilai sebesar 5,40%.
  - b. Untuk AC-WC pada suhu pencampuran 141<sup>0</sup>C suhu pemadatan 127<sup>0</sup>C nilai stabilitas tidak memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 800 kg, dan untuk nilai MQ hanya pada suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C dan suhu pencampuran 161<sup>0</sup>C suhu pemadatan 147<sup>0</sup>C masuk dalam spesifikasi yaitu lebih dari 250 kg/mm. Untuk HRS-WC Pada nilai MQ untuk suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C termasuk dalam spesifikasi yaitu sebesar lebih dari 250 kg/mm, dan untuk suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C, suhu pencampuran 146<sup>0</sup>C dan suhu pemadatan 132<sup>0</sup>C, suhu pencampuran 161<sup>0</sup>C suhu pemadatan 147<sup>0</sup>C nilai stabilitas memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 800 kg.
4. Berdasarkan hasil pengujian parameter Marshall pada AC-WC untuk suhu pencampuran 151<sup>0</sup>C dan suhu pemadatan 137<sup>0</sup>C merupakan suhu yang baik untuk proses pelaksanaan

pembuatan konstruksi jalan. Untuk HRS-WC diperoleh bahwa suhu pencampuran 151°C dan suhu pemadatan 137°C merupakan toleransi suhu yang baik untuk digunakan pada proses pencampuran dan pemadatan sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 2.

## **7.2. Saran**

- 1.) Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan jumlah benda uji variasi suhu pencampuran dan pemadatan yang lebih rendah variasi yang berbeda.
- 2.) Untuk mengetahui seberapa jauh pengaruhnya suhu pemadatan dan suhu pencampuran, perlu dilakukan penelitian dengan selisih penurunan suhu yang lebih rendah dan menambah jumlah benda uji.

**BAB 8**  
**JADWAL PELAKSANAAN**

Penelitian ini dilaksanakan dengan jadwal sebagai berikut :

No.	Urutan Kegiatan	Tahun 2015											
		M a r e t	A p r i l	M e i	J u n i	J u l i	A g s	S e p	O k t	N o v	D i s e m b e r	J a n u a r	
1	Persiapan												
2	Penyusunan Rencana Penelitian												
3	Pengumpulan Data dan Bahan Uji												
4	Percobaan Laboratorium												
5	Analisis Data dan Pembahasan												
6	Penulisan Laporan												

**BAB 9**  
**PERSONILIA PENELITIAN**

1. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Mirka Pataras, ST., MT.
- b. Jenis Kelamin : Laki-Laki
- c. NIP : 198112012008121001
- d. Disiplin Ilmu : Teknik Sipil
- e. Pangkat / Golongan : Penata Muda / III b
- f. Jabatan Fungsional : Tenaga Pengajar
- g. Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
- h. Waktu Penelitian : 15 Jam / Minggu

2. Anggota Peneliti

- a) Mahasiswa yang terlibat : Noorfaiza Malindo  
Indriani Aprilia

3. Tenaga Laboran/Teknisi : Staf Lab. Jalan Unsri & Balai PU. Bina Marga

4. Tenaga Administrasi : Agustini

**BAB 10**  
**URAIAN BIAYA PENELITIAN**

Uraian biaya untuk pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel VIII.1 Perincian Biaya Penelitian

<b>No</b>	<b>Jenis</b>	<b>Jumlah</b>	<b>Satuan</b>	<b>Besar (Rp)</b>	<b>Jumlah (Rp)</b>
1	Penelusuran Referensi	1	Ls	1.000.000	1.000.000
2	Bahan & Peralatan	1	Ls	5.500.000	5.500.000
3	Laboratorium	1	Ls	2.500.000	2.500.000
5	Perjalanan	1	Ls	1.000.000	1.000.000
4	Komunikasi	1	Ls	500.000	500.000
4	Dokumentasi	1	Ls	500.000	500.000
5	Penyusunan Laporan	1	Ls	500.000	500.000
6	Penggandaan Laporan	1	Ls	500.000	500.000
7	Seminar & Publikasi	1	Ls	500.000	500.000
				<b>T o t a l</b>	<b>12.500.000</b>
<b>Terbilang : Dua Belas Juta Rupiah</b>					

## DAFTAR PUSTAKA

- Saodang, Hamirhan, 2004. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Nova: Bandung ..
- Oemar Bakrie, H. Ir., Msc., MIHT. *Bahan Perkerasan Jalan. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya Palembang*.
- Sukirman, S, 2003. *Aspal Beton Campuran Panas*. Nova: Bandung.
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Tebal Perkerasan Lentur*. Nova: Bandung.
- Akem. 2012. *Pengaruh Suhu Pematatan Pada Lapisan Perkerasan Lataston (HRS – WC) yang Menggunakan Bahan Pengikat Retonaa Blend 55*. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tanjungpura.
- Imam Aschuri. 2009. *Kajian Suhu Optimum Pada Proses Pematatan untuk Campuran Beraspal dengan Menggunakan Modifikasi Bitumen Limbah Plastik*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik-Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Arifin, M. Zainul dkk. 2008. *Pengaruh Penurunan Suhu (Dengan dan Tanpa Pemanasan Ulang) Terhadap Parameter Marshall Campuran Aspal Beton*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik – Universitas Brawijaya Malang.

Departemen Perkerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas*. 1999.

Departemen Perkerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, *Spesifikasi Umum*. 2010 Revisi 2.

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### A. Ketua Peneliti

1. Nama : Mirka Pataras, ST. MT.
2. Tempat Tanggal Lahir : Palembang, 01 Desember 1981
3. Alamat Kantor : Jur. Teknik Sipil Fakultas Teknik UNSRI  
Jl. Raya Prabumulih – Palembang KM. 32  
Inderalaya – Ogan Ilir
4. Telp. / Fax : (0711) 580139 / (0711) 580139
5. Alamat Rumah : Jl. Kapt. A. Anwar Arsyad Lr. Famili 4 No. 1513  
Rt. 05 Rw. 06 Kel. Siring Agung Palembang 30138
6. Telp : +6285267000572
7. Email : mirka\_pataras@yahoo.com
8. Riwayat Pendidikan :

No	Universitas	Kota / Negara	Tahun	Bidang Keahlian
1	S1 – UNSRI	Palembang, Indonesia	1999-2004	Teknik Sipil
2	S2 – ITB	Bandung, Indonesia	2004-2007	Sistem&Teknik Jalan Raya



## 9. Penelitian dan Publikasi

<b>No</b>	<b>Judul</b>	<b>Publikasi</b>
1	Tinjauan Laboratorium Campuran Beton Aspal Hasil Recycling Lapis Pengikat (AC-BC) Terhadap Flexure Fatigue Test (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Jalan Palembang-Tanjung Api-Api)	Tesis S2 Sistem dan Teknik Jalan Raya ITB 2007
2	Evaluasi Kondisi Perkerasan Jalan dengan Cara Manual Menggunakan Metode Binkot dan URMS	Penelitian Dosen Muda DIPA Fak Teknik 2010
3.	Kajian Kapasitas Ruas Jalan Nasional Lahat-Palembang Terhadap Pengaruh Angkutan Batubara	Penelitian Dosen Muda SATEKS Unsri 2012
4.	Kajian Kinerja Struktur Perkerasan Jalan Raya (Pavement) Campuran Lataston (HRS) Dengan Variasi Bahan Filler Menggunakan Metode Marshall	Penelitian Dosen Muda SATEKS Unsri 2014

Inderalaya, 14 Desember 2015

Mirka Pataras, S.T., M.T.  
NIP. 198112012008121001