

**PENGGUNAAN SLAG BESI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN  
AGREGAT HALUS PADA ASPAL PANAS UNTUK  
PERKERASAN AC-WC (ASPHALT CONCRETE  
WEARING COURSE) DENGAN  
METODE MARSHALL  
(Studi Penelitian)**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan  
Ujian Sarjana**

**oleh :**

**DEDI RAHMAD**  
**09.811.0065**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2014**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

**PENGUNAAN SLAG BESI SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN  
AGREGAT HALUS PADA ASPAL PANAS UNTUK  
PERKERASAN AC-WC (ASPHALT CONCRETE  
WEARING COURSE) DENGAN  
METODE MARSHALL  
(Studi Penelitian)**

**SKRIPSI**

oleh :

**DEDI RAHMAD**  
**09.811.0065**

Disetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. H. Edy Hermanto, MT)

(Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT)

**Mengetahui**



Dekan

(Ir. Hj. Haniza, MT)

Ka. Program Studi,



(Ir. Kamauluddin Lubis, MT)

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
  2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
  3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

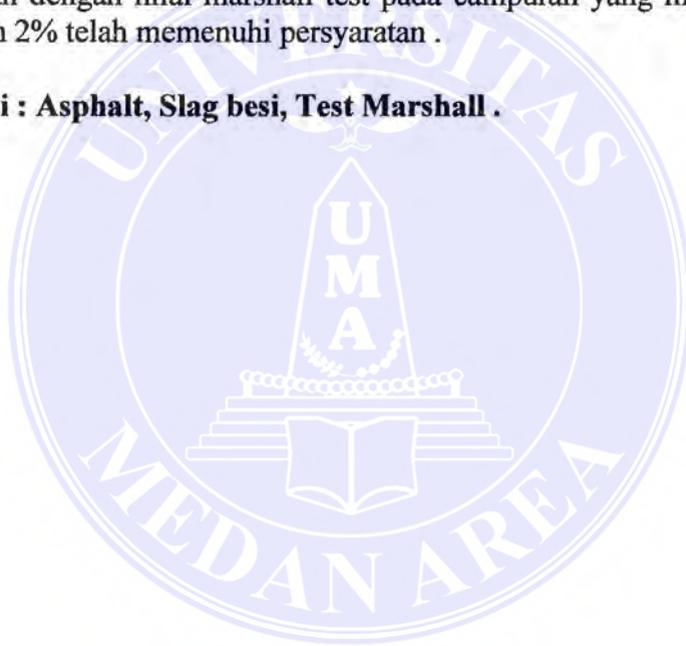
## ABSTRAK

Jalan raya adalah sarana transportasi yang paling banyak digunakan dibandingkan dengan sarana transportasi lainnya . karena kemampuan strukturalnya lapis aspal beton (LASTON) banyak dipergunakan sebagai lapisan permukaan jalan melayani lalu lintas sedang sampai tinggi . ada beberapa jenis lapis perkerjaan jalan , dan dalam tugas akhir ini penulis hanya menggunakan lapis aspal beton (LASTON) AC-WC (Asphalt concrete wearing course) .

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan slag besi sebagai bahan tambahan agregat halus untuk lapis aspal beton (LASTON) AC-WC . penelitian ini juga untuk mengetahui apakah slag baja dapat dipergunakan sebagai bahan tambahan agregat halus .

Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium jalan raya PT Adhi karya jalan Patumbak . bahwasanya pemakaian slag baja sebagai bahan tambahan agregat halus dapat digunakan pada campuran aspal beton AC-BC (asphalt concrete wearing course) berdasarkan beberapa kesimpulan dari penelitian yang dilaksanakan dengan nilai marshall test pada campuran yang menggunakan slag besi 1% dan 2% telah memenuhi persyaratan .

**Kata Kunci : Asphalt, Slag besi, Test Marshall .**



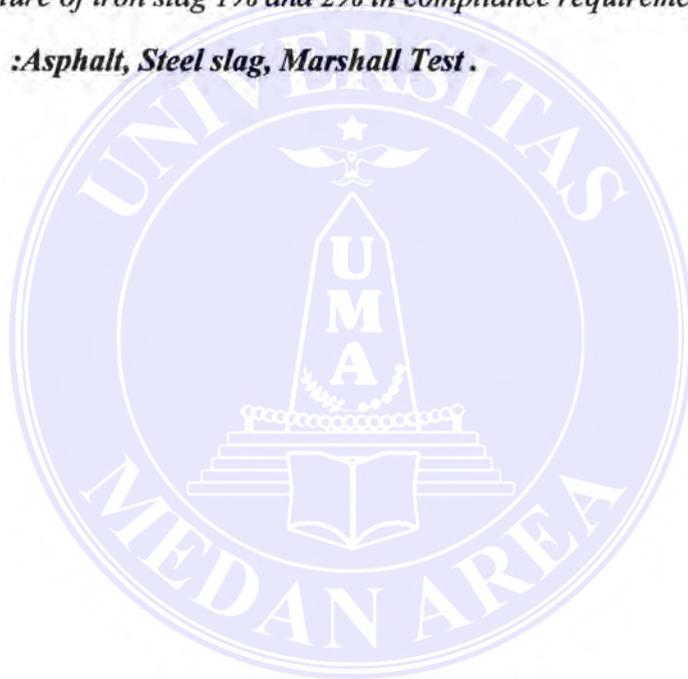
## ABSTRACT

*Transportation highway is the most widely used compared to other means of transportation, because of its structural capabilities commonly used asphalt concrete road surface (LASTON) layer serving as a medium to high traffic. there are several types of layers of road work, and in this paper the author only uses asphalt concrete (LASTON) AC-WC (asphalt concrete wearing course).*

*Purpose of this study was to determine the effect of the use of iron slag as an additive for asphalt fine aggregate concrete (LASTON) AC-WC. This study is also to determine whether the steel slag can be used as an additional fine aggregate materials.*

*the results of research conducted in laboratory highway PT. Adhi Karya patumbak way, that the use of steel slag as fine aggregate additional material can be used in the concrete mix asphalt AC-WC (asphalt concrete wearing course) based on some of the conclusions of a study carried out by marshall test the value of using a mixture of iron slag 1% and 2% in compliance requirements.*

**Key Word** : *Asphalt, Steel slag, Marshall Test.*



## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar belakang masalah.....	1
1.2 Tujuan dan manfaat penelitian .....	3
1.2.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.2.2 Manfaat penelitian.....	4
1.3 Perumusan masalah .....	4
1.4 Batasan masalah .....	4
1.5 Metodologi penelitian .....	5
1.6 Kerangka Berpikir .....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>8</b>
2.1 Karakteristik Umum Aspal Beton .....	8
2.1.1 Klasifikasi Aspal Beton .....	8
2.1.2 Karakteristik Campuran aspal beton .....	9
2.2 Agregat .....	10
2.2.1 Klasifikasi agregat .....	10

2.2.2	Sifat Agregat .....	14
2.2.3	Gradasi agregat.....	14
2.2.4	Daya tahan agregat .....	15
2.2.5	Bentuk dan tekstur agregat .....	16
2.2.6	Specific gravity agregat (Berat Jenis Agregat) .....	17
2.3	Bahan pengisi (Filler) .....	18
2.4	Slag Besi.....	18
2.4.1	Komposisi Kimia Agregat Slag.....	19
2.4.2	Manfaat Slag besi untuk aspal beton.....	20
2.5	Aspal .....	22
2.5.1	Aspal Alam.....	22
2.5.2	Aspal Buatan .....	23
2.6	Karakteristik Campuran Aspal .....	25
2.6.1	Stabilitas.....	25
2.6.2	Durabilitas .....	26
2.6.3	Fleksibilitas .....	27
2.6.4	Tahanan Geser.....	27
2.6.5	Ketahanan Kelelehan.....	28
2.6.6	Kemudahan Pelaksanaan.....	28
2.7	Metode pengujian Rencana Campuran .....	29
2.7.1	Metode Marshall .....	29
2.7.2	Peralatan dan bahan benda Uji marshall .....	30
2.7.3	Pelaksanaan Benda Uji.....	31
2.8	Parameter Pengujian .....	36

2.8.1	Marshall Density .....	37
2.8.2	Rongga Udara Dalam Campuran (VIM).....	37
2.8.3	Rongga Udara Antara Agregat Padat (VMA) .....	38
2.8.4	Rongga Udara yang Terisi Aspal (VFB).....	38
2.8.5	Marshall Stability .....	39
2.8.6	Marshall Flow .....	39
2.8.7	Marshall Quetient.....	39
2.8.8	Berat Jenis Maksimum Teoritis (GMM).....	40
2.9	Kadar Aspal Dalam Campuran .....	41
2.9.1	Pembuatan Sampel .....	41
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>43</b>
3.1.	Metodologi Penelitian .....	43
3.2.	Tempat Penelitian .....	43
3.3.	Prosedur penelitian .....	44
3.4.	Pemeriksaan Bahan Campuran.....	44
3.5.	Metode pengujian sampel.....	45
3.5.1	Penentuan Bulk Spesific Gravity (Berat Jenis Kering) Sampel .....	46
3.5.2	Pengujian Stabilitas dan kelelahan.....	47
<b>BAB IV ANALISA DATA .....</b>		<b>49</b>
4.1.	Gradasi Agregat .....	49
4.2.	Berat Jenis .....	52
4.3.	Aspal .....	54
4.4.	Perencanaan dan pembuatan .....	55



4.5. Perhitungan parameter pengujian.....	58
4.6. Pembahasan .....	59
4.6.1. Pengaruh Penggunaan Slag Besi Sebagai Bahan Tambahan Agregat Halus Pada Aspal Panas Untuk Perkerasan <i>AC-WC</i> .....	59
A. Stability .....	60
B. Kelelehan / Flow .....	61
C. Rongga Dalam Campuran / VIM .....	62
D. Rongga Terisi Aspal / VFB .....	63
E. Rongga Antara Partikel Agregat / VMA.....	64
F. Marshall Quetiont (MQ).....	66
G. Kepadatan / Density .....	67
H. Kadar Aspal Optimum / <i>Asphalt</i> .....	68
4.6.2. Kelayakan Penggunaan Slag Besi Dalam Campuran <i>Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)</i> yang digunakan Sebagai Bahan Tambahan Agregat Halus ..	69
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>71</b>
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang masalah

Masalah Transportasi saat ini merupakan masalah yang sering dihadapi oleh berbagai Negara , baik Negara yang usadah maju maupun Negara yang berkembang seperti Indonesia , maka setiap Negara ingin menciptakan transportasi yang dapat menjamin pergerakan manusia atau barang secara lancar , aman , teratur , mudah cepat dan nyaman .

Konstruksi jalan raya merupakan suatu komponen yang mempunyai peranan penting terhadap perkembangan pembangunan suatu wilayah , satu diantara indikasi suatu kota sudah maju adalah adanya pembangunan yang mampu melayani kebutuhan penduduknya daengan aman , nyaman dan lancar . seusia dengan perkembangan suatu wilayah , konstruksi jalan raya terus mengalami peningkatan baik dari segi kualitas pelayanan maupun jumlahnya .

Lapis aspal beton Adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus , dicampur , dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu . karena kemampuan strukturalnya laston banyak dipergunakan sebagai lapisan permukaan jalan yang melayani lalu lintas sedang sampai tinggi .

Lapis aspal beton terdiri dari kombinasi agregat mineral dengan bitumen sebagai bahan pengikat . agregat mineral yang terdiri dari agregat kasar , agregat

sedang , agregat halus , bahan pengisi (*filler*) ditambah dengan bitumen yang dipanaskan, dicampur, kemudian dipanaskan pada suhu standart.

Agregat adalah sekumpulan butir-butir pecah, kerikil , pasir , atau mineral lainnya , baik berupa hasil alam maupun buatan . Agregat yang digunakan pada campuran laston harus terdiri dari material yang bersih, kering , kuat , awet ,dengan butiran berbentuk kubus/bersudut , mempunyai permukaan kasar dan bebas dari kotoran atau bahan yang tidak dikehendaki .

Agregat kasar terdiri batu pecah atau kerikil atau campuran yang memadai dari batu pecah. Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan atau pasir terak . bahan pengisi (*Filler*) terdiri dari abu batu , abu batu kapur , semen Portland atau mineral non plastis lainnya .

Pada penelitian Ini Spesifikasi lapis perkerasan yang diteliti adalah lapis *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* , alasan penggunaan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* adalah karena penelitian ini masih baru atau dalam arti masih pemula .

Lapis *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* difungsikan menahan beban maksimum akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup untuk mendapatkan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang memenuhi mutu yang diharapkan , maka diperlukan suatu pengetahuan tentang sifat , pengadaan , dan pengolahan bahan yang diperlukan . secara umum bahan perkerasan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* terdiri dari agregat kasar , agregat sedang , agregat halus , bahan pengisi (*filler*) dan aspal . agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah dengan

spesifikasi tertentu yang merupakan hasil dari pemecahan batu . Agregat halus terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang memenuhi spesifikasi sebagai bahan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* .

Seperti kita ketahui bahwa slag besi kurang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari , Slag besi biasanya dibuang dan menjadi tumpukan sampah di Pabrik besi (tempat memproduksi besi ) . Oleh karena itu saya mengambil Slag besi tersebut untuk dijadikan sebagai bahan material perkerasan jalan .

Dalam tugas Akhir ini akan memaparkan proses pembuatan benda uji marshall dengan penggunaan slag besi sebagai bahan tambahan agregat halus , sekaligus kebaikan dan kekurangan hasil pemeriksaan , penentuan komposisi bahan , perhitungan , dan penyimpangan pelaksanaan/prosedur lainnya pada penelitian ini .

## 1.2 Tujuan dan manfaat penelitian

### 1.2.1 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan slag besi sebagai bahan tambahan agregat halus (FA) terhadap parameter-parameter seperti stabilitas , berat isi atau kepadatan , kelelahan , rongga dalam campuran , rongga terisi aspal , rongga dalam agregat , *Marshall quotient* dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing course (AC-WC)* .

2. Untuk mengetahui Slag besi dapat digunakan sebagai bahan tambahan Agregat halus (FA) dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* .

### 1.2.2 Manfaat penelitian

1. Usaha Pemanfaatan bahan yang terbuang seperti slag besi menjadi bahan yang berguna .
2. Untuk memberikan kontribusi ilmiah pengembangan ilmu dalam bidang konstruksi jalan raya .
3. Menambah alternative pilihan penggunaan bahan perkerasan jalan.

### 1.3 Perumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas , maka dapat dirumuskan permasalahan yang akan diteliti adalah apakah Slag besi dapat digunakan sebagai bahan tambahan agregat halus (FA) dan bagaimanakah pengaruh penggunaan Slag besi sebagai bahan tambahan agregat halus (FA) terhadap parameter- parameter seperti stabilitas , berat isi atau kepadatan , kelelehan , rongga dalam campuran , rongga terisi aspal , rongga dalam agregat , Marshall quotient dalam campuran Asphalt Concrete Wearing course (AC-WC) .

### 1.4 Batasan masalah

Batasan masalah yang ditinjau dalam penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya slag besi sebagai bahan tambahan agregat halus terhadap campuran *Asphalt Concrete Wearing course (AC-WC)*
2. Metode yang digunakan dalam pengujian rencana *Asphalt Concrete Wearing course (AC-WC)* untuk penelitian ini adalah Metode marshall .
3. Agregat yang digunakan adalah agregat halus Slag besi .
4. Aspal yang digunakan adalah jenis aspal penetrasi 60/70 pertamina .
5. Standart pengujian karakteristik material agregat dan aspal yang digunakan adalah SNI (Standart Nasional Indonesia) , ASTM (*American society for testing materials*) , AASHTO (*American Association state Of Higway and transportation Officials*) .

### 1.5 Metodologi penelitian

Sehubungan dengan judul Tugas akhir ini yaitu ‘‘Penggunaan Slag besi sebagai bahan tambahan Agregat Halus pada aspal panas untuk perkerasan AC-WC (*asphalt concrete – wearing course*) dengan metode Marshall ‘‘ . Maka metode yang dipakai dalam pembahasan judul ini adalah Studi penelitian .

Penelitian dilaksanakan di laboraturium PT Adhi karya (pesero) Tbk jalan Patumbak . maka untuk pembahasan penulisan tugas akhir ini penulis menggunakan metode penelitian yang bersifat primer dan sekunder .

- Metode sekunder adalah metode ilmiah berdasarkan studi pustaka atau literature dari bahan-bahan kuliah , laporan hasil dan konsultasi langsung

dengan pembimbing maupun asisten laboratorium tempat penelitian berlangsung .

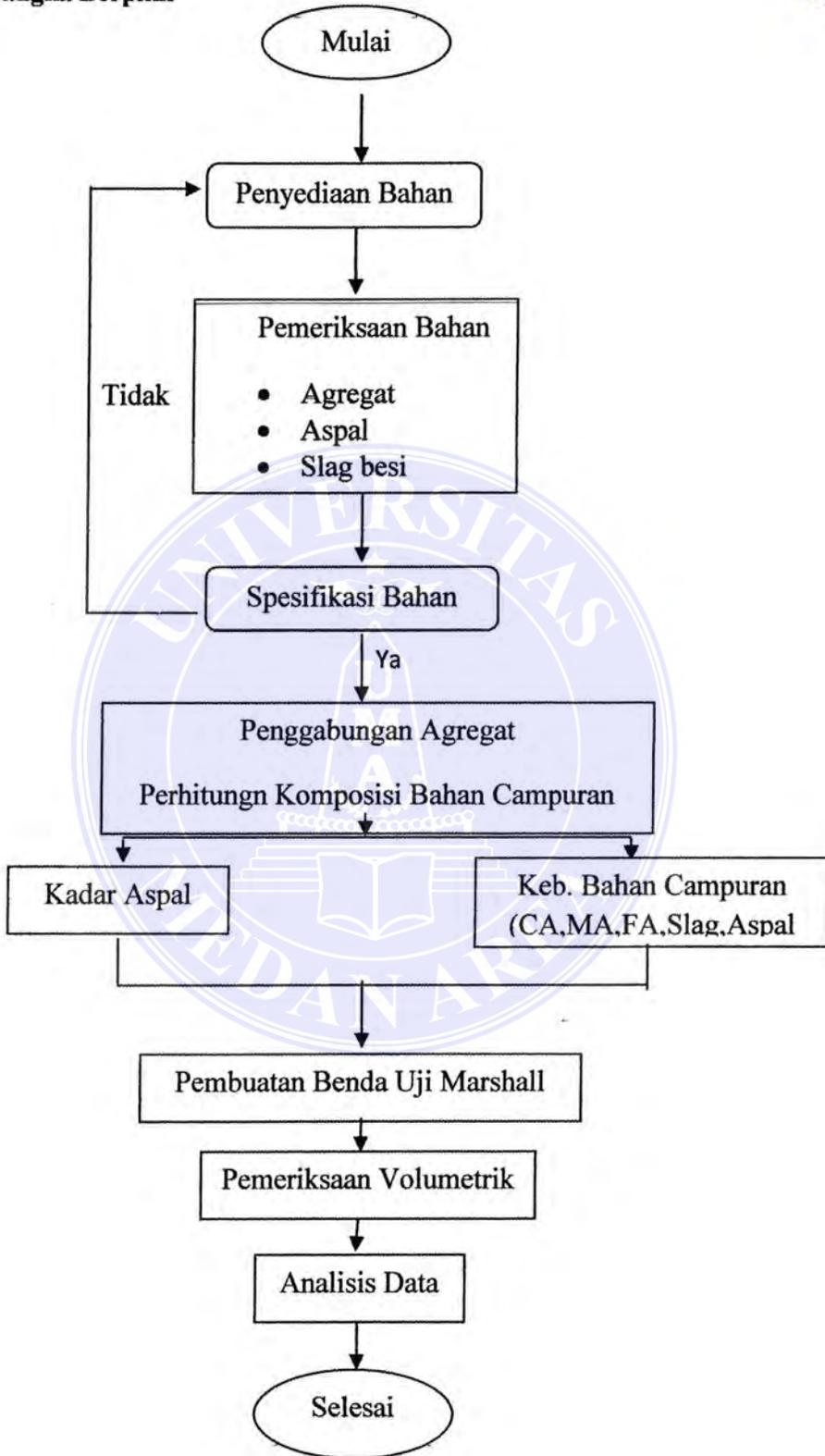
- Metode primer adalah metode pengumpulan data yang diperoleh dari penelitian dan pengujian sampel yang dilakukan dilaboratorium .

Pengolahan Data , sebelum pengujian dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan data-data seperti berat kering , berat dalam air dan berat SSD dari benda uji marshall . pengujian benda uji dengan metode marshall untuk mengetahui parameter-parameter campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* tersebut .





### 1.6 Kerangka Berpikir



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Karakteristik Umum Aspal beton**

Aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur . Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu . untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspla sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya , maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur . karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai “hotmix” . pekerjaan pencampuran dilakukan di pabrik pencampur , kemudian dibawa ke lokasi dan dihampar dengan mempergunakan alat penghampar (*paving machine*) sehingga diperoleh lapisan lepas yang seragam dan merata untuk selanjutnya dipadatkan dengan mesin pemadat dan akhirnya diperoleh lapisan padat aspal beton .

##### **2.1.1 Klasifikasi Aspal Beton**

Berdasarkan fungsinya aspal beton campuran panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca , gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air .

2. Sebagai lapis pondasi atas .
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi , jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan .

Sesuai dengan fungsinya maka lapis aspal beton mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda . sebagai lapis aus , maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air . Agregat yang dipergunakan lebih halus dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis pondasi .

Berdasarkan metode pencampurannya , aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton Amerika , yang bersumber kepada Asphalt Institut
2. Aspal beton durabilitas tinggi , yang bersumber pada BS 594 , inggris , dan dikembangkan oleh CQCMU , Bina marga , Indonesia .

### 2.1.2 Karakteristik campuran aspal beton

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah :

1. Stabilitas
2. Keawetan/daya tahan (Durabilitas)
3. Kelenturan (Fleksibilitas)
4. Tahan geser/kekesatan (Skid resistance)
5. Ketahanan kelelahan (Fatigue resistance)
6. Kemudahan pelaksanaan (Workability)

## 2.2 Agregat

Agregat/batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan penyal. Agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, krikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama pada lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75 – 80% agregat berdasarkan persentase volume .

Bentuk Agregat yang baik secara umum adalah bersegi-segi dan mendekati bentuk kubus (tidak pipih) supaya bias saling mengunci , sehingga menambahkan kestabilan campuran . permukaan agregat yang baik adalah kasar supaya daya ikat antar agregat dan aspal yang menyelimutinya kuat dan semakin kasar permukaan agregat akan semakin tinggi stabilitas dan keawetan campuran yang dihasilkan .

### 2.2.1. Klasifikasi agregat

A. Ditinjau dari asal kejadiannya agregat /batuan dapat dibedakan atas :

- Batuan Beku , Batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku . terdapat 2 jenis batuan beku yaitu : batuan beku luar dan batuan beku dalam . Batuan beku luar dibentuk dari material yang keluar dari permukaan bumi disaat gunung merapu meletus . Umumnya berbutir halus seperti batu apung , andesit , absodian dll . Batuan beku dalam

dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi .  
umumnya bertekstur kasar .

- Batuan sedimen , batuan ini dapat berasal dari campuran partikel mineral , sisa-sisa hewan dan tanaman . pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi , hasil endapan didanau , laut dsb .
- Batuan Metamorf , berasal dari batuan sediment ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi .

B. Ditinjau dari proses pengolahan agregat dibedakan atas :

- Agregat Alam , Agregat ini terbentuk melalui proses dan degradasi . Agregat alam yang sering digunakan yaitu kerikil dan pasir .
- Agregat yang melalui proses pengolahan , Agregat ini merupakan hasil suatu proses pengolahan tertentu meliputi krikil atau agregat lainnya yang telah dipecah (*crushed*) dan disaring dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) . Sehingga diperoleh agregat dengan bentuk partikel bersudut, permukaan kasar dan gradasi sesuai dengan yang diinginkan
- Agregat buatan , Agregat yang merupakan mineral filler /pengisi (partikel dengan ukuran  $< 0,75\text{mm}$ ) , diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan mesin pemecah batu .

C. Ditinjau berdasarkan besar partikel-partikel agregat , agregat dapat dibedakan :

1. Agregat Kasar , Yaitu agregat yang tertahan ayakan no. 8 (2,36 mm) , agregat kasar yang terdiri dari batu pecah atau kerikil yang bersih , kuat ,

awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam tabel berikut :

Tabel 2.1 Ketentuan agregat kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 3497-2208	Maks 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar SNI 2417-2008	Maks 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	SN I03-2439-1991 Maks 40%
Kekekalan agregat terhadap aspal	Dot's Penansylvia Test Method, PTM No. 621	Min 95% 95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)		80/75
Partikel pipih dan lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 30%
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

*Sumber : Spesifikasi Umum . Dep P.U Ditjen Bina marga . 2010*

2. Agregat Halus , yaitu agregat yang lolos no.8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,074mm) . Agregat halus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau gabungan dari bahan-bahan tersebut . pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran . Agregat halus harus bersih , kering , kuat bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butiran-butiran yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar . Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada table berikut :

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1992	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos ayakan No. 200	SNI 03-4428-1992	Max 8%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 Atau	Min 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)	ASTM C 1252-93	Min 40

*Sumber : Spesifikasi Umum . Dep P.U Ditjen Bina marga . 2010*

### 2.2.2 Sifat agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas . agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya . Untuk menentukan apakah agregat tersebut layak digunakan sebagai bahan konstruksi jalan , perlu adanya pemeriksaan yang meliputi :

1. Gradasi
2. Ukuran maksimum
3. Kadar lempung
4. Kekerasan dan ketahanan
5. Bentuk butiran
6. Susunan atau bentuk permukaan
7. porositas
8. kemungkinan basah
9. jenis agregat
10. Tahan geser
11. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

### 2.2.3 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan . Gradasi

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 11/9/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)11/9/23

agregat mempengaruhi besarnya rongga atau butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan .

Gradasi Agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi Seragam/gradasi terbuka (*uniform graded/open graded*) Yaitu Gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama . gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat . Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi , stabilitas kurang dan berat volume kecil
2. Gradasi rapat (*dense graded*) Merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang , sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*) . Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi , dan memiliki berat isi yang besar.
3. Gradasi Buruk / jelek (*poorly graded*) Yaitu Gradasi Agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali , oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang (*gap graded*) .

#### 2.2.4 Daya tahan agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia . Untuk mendapatkan perkerasan yang baik , semua agregat yang digunakan harus kuat , mampu menahan abrasi dan

degradasi yang mungkin timbul selama proses pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas .

Ketahanan agregat terhadap pengikisan diperiksa dengan menggunakan percobaan los angeles abrasion . Nilai akhir dinyatakan sebagai angka keausan yakni persentase butiran yang lolos saringan no. 12 setelah pengujian .

Ketahanan agregat terhadap penghancuran pada umumnya diperiksa dengan menggunakan pemeriksaan soundness . pemeriksaan ketahanan agregat ini direndam dalam natrium sulfat dan sodium sulfat . kehilangan berat akibat perendaman dalam larutan natrium dan sodium sulfat dinyatakan dalam persen (%) . Agregat dengan nilai soundness 12% menunjukkan agregat yang cukup tahan terhadap pengaruh cuaca dan dapat digunakan untuk lapisan permukaan .

### 2.2.5 Bentuk dan tekstur agregat

Bentuk dan tekstur mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut . partikel agregat dapat berbentuk bulat , lonjong , pipih dan kubus . Bentuk agregat bulat umumnya mempunyai permukaan yang licin sehingga menghasilkan daya ikatan yang kecil . Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya  $> 1,8$  kali diameter rata-rata . Sifat interlockingnya hampir sama dengan yang berbentuk bukat .

### 2.2.6 Specific Grafity Agregat (Berat jenis agregat)

Specific grafity Agregat diperlukan untuk menentukan kadar pori pada campuran perkerasan padat . Ada 3 (tiga) jenis harga specific grafity agregat untuk menganalisa campuran perkerasan yaitu :

1. *Bulk Spesific grafity* , merupakan rasio berat dari suatu agregat dengan berat volume air terhadap volume agregat padat , volume pori yang dapat diresapi air dan volume pori yang tidak dapat diresapi air .

$$Gsb = \frac{W_g}{(V_p + V_i) \times W} = \frac{W_s}{V_s \times W}$$

**Sumber :** Silvia sukirman, *Perkerasan lentur jalan raya 1992*

Dimana :

$W_s$  = berat agregat padat

$V_p$  = volume pori yang permeable terhadap air ( $cm^3$ )

$V_i$  = volume pori yang tidak permeable terhadap air ( $cm^3$ )

$V_s$  = volume agregat padat ( $cm^3$ )

$V$  = volume agregat total ( $cm^3$ )

2. *Apparent Specific Grafity* (Berat jenis apparent), Jika Volumeyang diperhitungkan adalah volume partikel dan bagian yang dapat diresapi airn , maka disebut berat jeniss apparent

$$Gsa = \frac{W_s}{(V_s + V_p) \times W}$$

**Sumber :** Silvia sukirman, *Perkerasan lentur jalan raya 1992*

3. *Effektif Spesifik Grafity* (Berat jenis effective) , adalah rasio berat suatu agregat dengan berat volume air yang sama terhadap volume agregat padat dan pori yang impermeable terhadap aspal .

$$G_{se} = \frac{W_s}{(V_s + V_g) \times W}$$

*Sumber : Silvia sukirman, Perkerasan lentur jalan raya 1992*

### 2.3 Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos saringan no.200 (0,074 mm) , dimana persentase berat butir yang lolos searingan no. 200 (0,074 mm)  $\geq 75$  % bahan pengisi diambil dari abu batu , abu kapur , semen .

Apabila diperlukan, bahan pengisi harus terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya.

Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah.

### 2.4 Slag besi

Limbah slag baja, yang merupakan sisa dari proses pembuatan baja, masuk dalam kategori limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Tahun 2010 produksi slag di Indonesia baru sekitar 800 ribu ton per tahun, jika dibandingkan dengan Jepang yang mencapai 20 juta ton. Setiap ton produksi baja menghasilkan 20 persen limbah slag.

Kementerian Lingkungan Hidup menyatakan dengan tegas bahwa limbah slag baja masih termasuk dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). USA dan negara lainnya seperti Jepang mengatakan bahwa limbah slag baja termasuk dalam limbah khusus dan bukan limbah B3. Kalangan Industri baja mengharapkan agar limbah slag bisa dimanfaatkan untuk proyek infrastruktur,

Pemanfaatan limbah B3 industry baja dalam bidang perkerasan jalan belum banyak dilakukan khususnya dalam bidang perkerasan jalan beton semen, begitu juga pengkajian dari aspek lingkungan hidup masih sangat terbatas khususnya kajian B3 dan karakteristik sifat racunnya pada lingkungan.

Sesuai dengan peraturan yang berlaku, khususnya Peraturan Pemerintah No 85/1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan beracun (B3), bijih baja termasuk dalam limbah B3 dari sumber yang spesifik yaitu dari kegiatan Industri Baja

#### 2.4.1 Komposisi Kimia Agregat Slag

Untuk melihat komposisi kimia dari agregat slag dan bahan standar dilakukan pengujian kimia sebagai berikut :

Tabel 1. Pengujian Komposisi Kimia

Komposisi	Slag	Standar
SiO <sub>2</sub>	18,66%	54,12%
CaO	27,36%	7,72%
MgO	4,6%	2,90%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,4%	21,14%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,35%	3,96%
pH	7	6,6

**Sumber :** ASA / Australian Slag Association 2002

## 2.4.2 Manfaat Slag besi untuk Aspal Beton

Slag adalah limbah besi dan baja yang berbentuk bongkahan-bongkahan kecil yang secara fisik menyerupai agregat kasar yang diperoleh dari hasil samping pembuatan baja dengan tanur tinggi. Penelitian mengenai pemanfaatan potensi slag yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa kuat tekan beton slag meningkat seiring dengan penambahan limbah padat (slag) dalam beton. Sifat mekanis dan karakteristik beton yang menggunakan agregat kasar berupa slag baja tersebut dengan menggunakan bahan tambah mineral (additive) berupa silicafume membuktikan adanya pengaruh yang signifikan terhadap perilaku tegangan-tegangan dalam poisson's ratio pada beton split dan beton slag.

Beton adalah bahan bangunan yang tersusun oleh agregat (pasir + batu), semen dan air (bisa ditambah bahan lain additive atau admixture). Untuk membuat beton bermutu tinggi ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu :

- 1) Material
- 2) Proporsi campuran
- 3) Pengerjaan

Dari ketiga faktor tersebut material merupakan sumber daya alam yang lama kelamaan akan habis dan tidak dapat diperbaharui, permasalahan inilah yang akan dicarikan alternatif penggantinya. Alternatif pengganti material digunakan slag (limbah padat).

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi, yang dihasilkan oleh industri peleburan baja salah satunya berupa limbah slag yang secara fisik

menyerupai agregat kasar. Seiring dengan semangat pelestarian lingkungan, maka perusahaan penghasil limbah slag mencari solusi pemanfaatan limbah slag tersebut. Berdasarkan penelitian sebelumnya limbah slag dapat dimanfaatkan sebagai agregat kasar dan agregat halus dalam bahan konstruksi dan campuran perkerasan aspal.

Pada peleburan Baja, biji besi atau besi bekas dicairkan dengan kombinasi batu gamping, delomite atau kapur. Pembuatan baja dimulai dengan menghilangkan ion-ion pengotor baja, diantaranya alumunium, silikon dan fosfor. Untuk menghilangkan ion-ion pengotor tersebut, diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium, alumunium, silicon, dan fosfor membentuk slag yang bereaksi pada temperatur 1600 0C dan membentuk cairan, bila cairan ini didinginkan maka akan terjadi kristal, dapat digunakan sebagai campuran semen dan dapat juga sebagai pengganti agregat.

Keuntungan penggunaan limbah padat (slag) dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- Mempertinggi kekuatan tekan beton karena kecenderungan melambatnya kenaikan kekuatan tekan
- Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan beton
- Mengurangi variasi kekuatan tekan beton
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut
- Mengurangi serangan alkali-silika
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton

- Mempertinggi keawetan karena pengaruh perubahan volume
- Mengurangi porositas dan serangan klorida

Faktor-faktor yang menentukan sifat penyemenan dalam slag adalah komposisi kimia, konsentrasi alkali dan reaksi terhadap sistem, kandungan kaca pada slag, kehalusan dan temperatur yang ditimbulkan selama proses hidrasi berlangsung.

## 2.5 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperature tertentu aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan.

Hydrocarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen. Aspal terdiri dari aspal alam dan aspal buatan

### 2.5.1 Aspal alam

Aspal alam merupakan aspal yang didapat langsung dari alam. Aspal ini dapat ditemukan dipulau Buton, Prancis, Swiss dan Amerika. Aspal alam dapat dibedakan menjadi :

- Aspal gunung (*rock asphalt*), contoh aspal dari pulau buton

- Aspal Danau (*lake asphalt*), contoh aspal dari Bermudez ,  
Trinidad

Contoh aspal ini adalah Aspal buton , Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan . karena aspal buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi .

### 2.5.2 Aspal buatan

Jenis aspal ini merupakan hasil proses lanjutan dari residu hasil destilasi minyak bumi . Sebagai bahan baku digunakan minyak bumi dengan kadar parafin yang rendah . Berdasarkan bahan bakunya ini , aspal buatan sering disebut aspal minyak .

#### A. Aspal keras /Aspal Semen (AC)

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil penyulingan minyak bumi yang mengandung aspal dalam keadaan hampa udara , yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat

#### B. Aspal cair (*cut back asphalt*) .

Aspal cair merupakan cairan antara aspal semen dengan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi . *Cut back asphalt* berbentuk cair pada temperature ruang . Berdasarkan bahan pencair dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dibedakan atas :



- *RC (Rapid Curring Cut Back)*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium .

*Rapid curring* merupakan cut back aspal yang paling cepat menguap .

- *MC (Medium Curring Cut Back )*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan pencair yang lebih kental seperti minyak tanah

- *SC (Slow Curring Cut Back)*

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal ini merupakan cut back asphalt yang paling lama menguap.

### C. Aspal Emulsi

Merupakan suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsian yang dipanaskan dan dicampur menjadi satu pada suatu tempat serta baik digunakan pada daerah yang lembek. Aspal emulsi terdiri dari butir-butir aspal halus. Butir-butir tersebut mempunyai daya tarik menarik yang besar terhadap sesamanya didalam air. Untuk menghindarkan butir-butir tersebut menjadi satu butir yang besar, maka pada butir tersebut diberikan suatu muatan listrik tertentu. Sehingga jarak antar butir aspal besar. Kemudian diberikan kedalam pelarut cair (air) suatu emulgator. Aspal emulsi mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair terutama apabila batuan tersebut agak lembab. Berdasarkan muatan listrik yang dikandung aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- *Anionik* : merupakan aspal emulsi yang bermuatan negative, disebut juga aspal emulsi alkali dan digunakan untuk batuan yang bersifat basa dan netral
- *Nanionik* : merupakan aspal emulsi yang telah mengalami ionisasi, sehingga tidak mengantarkan listrik

Berdasarkan mengerasnya, aspal dibedakan atas :

- *RS (Rapid Setting)* : aspal yang memiliki kandungan pengemulsi yang cukup sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
- *MS (Medium Setting)* : aspal yang memiliki kandungan bahan pengemulsi yang cukup sehingga pengikatan yang terjadi tidak terlalu cepat.
- *SS (Slow Setting)* : merupakan aspal emulsi yang proses penguapannya paling lambat dan banyak mengandung bahan pengemulsian sehingga pengikatan yang terjadi sangat lambat

## 2.6 Karakteristik Campuran Aspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton adalah :

### 2.6.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

1. Agregat dengan gradasi yang rapat
2. Agregat dengan permukaan yang kasar
3. Agregat berbentuk kubus
4. Aspal dengan penetrasi kubus
5. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatannya antar butir.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat (voids in mineral = VMA) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat, VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapisan perkerasan menjadi rusak.

### 2.6.2 Durabilitas

Durabilitas lapisan perkerasan yang baik berarti dapat menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun akibat gesekan kendaraan. Bahan aspal yang baik akan membuat durabilitas lapisan perkerasan semakin baik pula. Pemakaian aspal yang besar juga akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan durabilitas tinggi, tetapi dapat pula

mengakibatkan *bleeding*. Untuk mengatasi ini campuran sebaiknya menggunakan agregat bergradasi panjang

### 2.6.3 Fleksibilitas

*Fleksibilitas* pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penurunan agregat bergradasi senjang sehingga nilai *Void of Mineral Agregat* (VMA) yang besar.
- b. Penggunaan aspal dengan penetrasi tinggi
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh nilai *Void In Mix* (VIM) yang kecil

Perkerasan yang terlalu fleksibel mengakibatkan *deformasi* yaitu kerusakan pada perkerasan yang berupa gelombang dan runtung. Tetapi perkerasan yang kurang fleksibel akan menyebabkan terjadinya retak-retak pada perkerasan. Fleksibilitas lapisan permukaan perkerasan jalan ditentukan oleh nilai *Marshall Quotient* (MQ). Dari aspal beton campuran panas. Bina Marga mensyaratkan harga marshall quotient untuk laston pada batas minimum (250) kg/mm.

### 2.6.4 Tahanan Geser

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu juhan atau basah maupun diwaktu

kering, kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek anatr permukaan jalan dan ban kendaraan.

Tahanan geser tinggi jika :

- a. Penggunaan kadar aspal yang tepat
- b. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c. Penggunaan agregat dengan berbentuk kubus
- d. Penggunaan agregat kasar yang cukup

### 2.6.5 Ketahanan Kelelahan

Ketahanan kelelahan suatu campuran perkerasan berarti dapat menerima beban berulang tanpa mengakibatkan kelelahan seperti jejak roda dan retak.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya kelelahan ini adalah :

- a. Rongga udara dalam campuran (VIM) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mempercepat terjadinya kelelahan.
- b. Rongga udara dalam campuran (VIM) yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapisan perkerasan menjadi fleksibel

### 2.6.6 Kemudahan pelaksanaan

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Faktor yang memprngaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah :

#### A. Gradasi Agregat

- B. Temperatur campuran
- C. Kandungan bahan pengisi filler

## 2.7 Metode Pengujian Rencana Campuran

Pengujian campuran tidak hanya dilakukan pada aspal atau agregatnya saja tetapi juga harus dilakukan terhadap campuran aspal dan agregat untuk memperoleh perbandingan dan karakteristik yang dikehendaki bagi campuran tersebut. Pengujian yang biasa dilakukan untuk campuran perkerasan adalah dengan cara dibawah ini yaitu :

- ✓ Metode Marshall
- ✓ Metode Hveem
- ✓ Metode Hubbard Field
- ✓ Metode Triaxial

### 2.7.1 Metode Marshall

Pengujian Marshall merupakan pengujian yang paling banyak dan umum dipakai, segi utama dari percobaan Marshall adalah :

- a. Analisa kerapatan pori
- b. Percobaan stabilitas dan flow

Pengujian Marshall digunakan untuk mengukur daya tahan samperr percobaan terhadap beban yang diberikan dan mengukur pelelehan (*flow*) sampel saat dilakukan pembebanan. Dengan menggunakan sampel ukuran 4

inch dan tinggi 3 inch. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode Marshall.

### 2.9.2 Peralatan dan Bahan benda Uji Marshall

- **Peralatan yang digunakan, terdiri dari :**

- A. Tiga buah cetakan benda uji yang berdiameter 10,16 dan tinggi 7,62cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- B. Mesin penumbuk manual atau otomatis lengkap dengan :
- C. Alat pengeluaran benda uji , Untuk mengeluarkan benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat ekstruder yang berdiameter 10 cm.
- D. Alat marshall lengkap dengan :
  - kepala penekan (breaking head) berbentuk lengkung
  - cincin penguji (proving ring) kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg, dilengkapi arloji (dial) tekan dengan ketelitian 0,0025 mm. arloji pengukur alir (flow) dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya;
- E. oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu yang mampu memanasi sampai  $200^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ;
- F. bak perendam (water bath)
- G. timbangan yang dilengkapi dengan penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram;

H. pengukur suhu dari logam (metal thermometer)

I. perlengkapan lain :

- panci-panci untuk memanaskan agregat, aspal dan campuran aspal;
- sendok pengaduk dan spatula;
- kompor atau pemanas (hot plate);
- sarung tangan dari asbes; sarung tangan dari karet dan pelindung pernapasan (masker).

• **Bahan-bahan yang digunakan terdiri dari :**

- A. aspal
- B. agregat dan
- C. Slag Besi
- D. kantong-kantong plastik, berkapasitas 2 kg;
- E. gas elpiji atau minyak tanah.

**2.7.3 Pelaksanaan benda uji**

1. Persiapan Benda Uji :

- A. keringkan agregat pada temperatur 105 oC - 110oC sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven;
- B. keluarkan agregat dari oven dan tunggu sampai beratnya tetap;
- C. pisah-pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki dengan cara
- D. penyaringan dan lakukan penimbangan;

- E. lakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan;
  - F. panaskan agregat pada temperatur 280C di atas temperature pencampuran sekurang -kurangnya 4 jam di dalam oven; panaskan aspal sampai mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan untuk pekerjaan pencampuran dan pemadatan
2. pencampuran benda uji :
- A. untuk setiap benda uji diperlukan agregat sebanyak  $\pm 1200$  gram sehinggamenghasilkan tinggi benda uji kira-kira 63,5 mm  $\pm 1,27$  mm ( $2,5 \pm 0,05$  inc).
  - B. panaskan wadah pencampur kira-kira 280C di atas temperatur pencampuran aspal keras;
  - C. masukkan agregat yang telah dipanaskan ke dalam wadah pencampur;
  - D. tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
3. pemadatan benda uji
- A. bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90 oC - 150oC;

- B. letakkan cetakan di atas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan;
- C. letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukurandasar cetakan;
- D. masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali di sekeliling
- E. pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya;
- F. letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan;
- G. padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan, dengan jumlah tumbukan:
  - 75 kali untuk lalu-lintas berat
  - 50 kali untuk lalu-lintas sedang
  - 35 kali untuk lalu-lintas ringan
4. pengujian kepadatan mutlak campuran beraspal untuk lalu-lintas berat dilakukan pemadatan sebanyak 400 kali tumbukan;
5. pelat alas berikut leher sambung dilepas dari cetakan benda uji, kemudian cetakanyang berisi benda uji dibalikkan dan pasang kembali pelat alas berikut leher sambungpada cetakan yang dibalikkan tadi;
6. permukaan benda uji yang sudah dibalikkan tadi ditumbuk kembali dengan jumlah tumbukan yang sama , dan

7. sesudah dilakukan pemadatan campuran, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut;
8. keluarkan dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang;
9. bila diperlukan untuk mendinginkan benda uji, dapat digunakan kipas angin.
10. Persiapan pengujian :
  - A. bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel;
  - B. ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 in);
  - C. timbang benda uji;
  - D. rendam benda uji dalam air selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang;
  - E. timbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi dari benda uji;
  - F. timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh;

#### 11. Cara pengujian

Lamanya waktu yang diperlukan dari diangkatnya benda uji dari penangas air sampai tercapainya beban maksimum saat pengujian tidak boleh melebihi 30 detik.

- A. rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  untuk benda uji;

- B. untuk mengetahui indeks perendaman, benda uji direndam dalam penangas air selama 24 jam dengan temperatur tetap  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ;
- C. keluarkan benda uji dari penangas air dan letakkan dalam bagian bawah alat penekan uji Marshall;
- D. pasang bagian atas alat penekan uji Marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji Marshall
- E. pasang arloji pengukur pelelehan pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan;
- F. sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji;
- G. atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- H. berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm,
- I. catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

## 2.8 Parameter Pengujian

Pengujian juga harus dilakukan terhadap campuran untuk memperoleh perbandingan dan karakteristik yang dikehendaki. Dalam penelitian ini digunakan metode Marshall. Pemeriksaan ini pertama kali dikenalkan oleh Bruce Marshall selanjutnya dikembangkan oleh *US Corps of Engineer*. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Alat marshall merupakan alat yang dilengkapi dengan cincin penguji yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Cincin penguji dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat juga arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan *flow plastis (flow)*.

Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan mempergunakan penembok (*hammer*) dengan 4,536 kg dan tinggi 45,7 cm dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit. Parameter-parameter Marshall yang dipakai untuk menganalisa sifat campuran aspal adalah :

- ✓ Marshal Density
- ✓ Rongga udara dalam campuran (VIM)
- ✓ Rongga udara antar agregat padat (VMA)
- ✓ Rongga udara yang terisi aspal (VFB)
- ✓ Marshall stability dan marshall flow
- ✓ Marshall quotient

### 2.8.1 Marshall Density

Kepadatan yang tinggi dari suatu lapisan perkerasan akan sukar ditembus air dan udara. Ini menyebabkan lapisan perkerasan akan semakin awet dan tahan lama. Campuran perkerasan yang cukup padat akan memberikan volume pori yang kecil dan perkerasan cukup kaku sehingga perkerasan akan mempunyai kekuatan yang cukup untuk menahan beban lalu lintas.

### 2.8.2 Rongga Udara Dalam Campuran / Void In Mix (VIM)

Rongga udara dalam campuran dapat dihitung dari berat jenis maksimum campuran dan berat jenis sampel padat, dengan menggunakan rumus :

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

**Sumber** : SNI 03-1737-1989

Dimana :

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari campuran ( $gr/cm^3$ )

$G_{mb}$  = Berat jenis campuran yang telah dipadatkan ( $gr/cm^3$ )

Rongga udara dalam campuran merupakan bagian dari campuran aspal padat yang tidak terisi oleh agregat yang dinyatakan dalam persen. Rongga udara dalam campuran yang terlalu kecil akan menyebabkan kemungkinan terjadinya bleeding semakin besar. Bina marga (12/PT/b/1983) mensyaratkan kadar pori dalam campuran untuk perkerasan lapis aspal beton sebesar 3% sampai 6%.

### 2.8.3 Rongga Udara Antara Agregat Padat/*Void In Mineral Agregat (VMA)*

VMA menggambarkan ruangan yang tersedia untuk menampung volume efektif aspal (seluruh aspal kecuali yang diserap agregat) dan volume rongga udara yang dibutuhkan untuk mengisi aspal yang keluar akibat beban/tekanan lalu lintas. Semakin bertambah nilai VMA dari campuran semakin bertambah pula ruangan tersedia pada lapisan aspal. Lebih tebal lapisan aspal pada agregat maka daya tahan perkerasan juga cenderung meningkat. Rongga antar agregat (VMA) dapat dihitung berdasarkan bulk specific gravity agregat dan dinyatakan sebagai persen (%) volume baik dari campuran perkerasan.

Rongga udara antar agregat (VMA) dapat dihitung dengan mengurangi volume agregat yang ditentukan dari volume bulk dari campuran perkerasan padar. VMA dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

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

**Sumber** : SNI 03-1737-1989

Dimana :

$P_s$  = Persentase (%) agregat

$G_{sb}$  = Bulk specific gravity ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

### 2.8.4 Rongga Udara yang Terisi Aspal / *Void Filled with Bitumen (VFB)*

Rongga udara yang terisi aspal adalah merupakan (%) volume rongga didalam agregat yang terisi oleh aspal. Untuk mendapatkan suatu campuran yang awet dan mempunyai tingkat oksidasi yang rendah maka posisi diantara

agregat harus terisi oleh aspal yang cukup untuk membentuk lapisan aspal yang tebal.

### 2.8.5 Marshall Stability

Merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan keruntuhan dari sampel campuran perkerasanketika diuji. Stabilitas merupakan salah satu factor penentu kadar aspal optimum campuran. Beberapa factor yang mempengaruhi stabilitas yaitu persen (%) aspal, jumlah mineral filler, bentuk kekerasan permukaan agregat.

### 2.8.6 Marshall Flow

Flow menunjukkan total deformasi dalam satuan mm yang terjadi pada sampel padat dari campuran perkerasan hingga mencapai beban maksimum pada saat pengujian stabilitas marshall. Menurut Asphalt Institute (MS-2,1984) batas flow yang diizinkan untuk lalu lintas rendah 2,5 mm, untuk lalu lintas sedang 2-4,5 mm dan untuk lalu lintas berat 2 s/d 4 mm.

### 2.8.7 Marshall Quotient

Marshall Quotient diperoleh dari hasil perbandingan antara stabilitas dan flow, merupakan indicator kelenturan terhadap perkerasan, dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

Nilai yang rendah menunjukkan campuran lembek dan kurang stabilitasnya Bina Marga (12/PT/B/1983) dan Asphalt Institute (MS-2,1984) mensyaratkan pada batas 200-350 kg/mm)

### 2.8.8 Berat Jenis Maksimum Teoritis (GMM)

Hal ini merupakan kerapatan (tanpa pori) campuran yang belum dipadatkan.

Dimana :

$$V_b = \frac{W_b}{G_b}$$

$$V_a = \frac{W_a}{G_{sb}}$$

$$G_{mm} = \frac{W}{V_b + V_a}$$

*Sumber: SNI 03-1737-1989*

Dimana :

W = berat campuran (gr)

V<sub>b</sub> = volume aspal (cm<sup>3</sup>)

V<sub>a</sub> = volume agregat (cm<sup>3</sup>)

W<sub>b</sub> = berat aspal (gr)

W<sub>a</sub> = berat agregat (gr)

G<sub>b</sub> = berat jenis aspal (gr/cm<sup>3</sup>)

G<sub>sb</sub> = berat jenis agregat (gr/cm<sup>3</sup>)

Jika W<sub>b</sub> dan W<sub>a</sub> dinyatakan dalam persen (%) maka, W = W<sub>b</sub> + W<sub>a</sub> = 100%

sehingga diperoleh :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_b}{G_b} + \frac{P_a}{G_{sb}}}$$

*Sumber* : SNI 03-1737-1989

Dimana :

$P_b$  = % aspal

$P_s$  = % agregat

## 2.9 Kadar Aspal Dalam Campuran

Kadar aspal campuran merupakan kadar aspal efektif ( $b'$ ) ditambah dengan kehilangan aspal akibat penyerapan agregat ( $\Delta b$ )

Rumus :  $b = b' + \Delta b$

*Sumber* : SNI 03-1737-1989

Dimana :

$b$  = total kadar aspal campuran

$b'$  = kadar aspal efektif

$\Delta b$  = aspal yang terserap oleh agregat

Kadar aspal efektif merupakan kadar aspal campuran yang menyelimuti dan mengisi ruang antar agregat. Sehingga untuk mendapatkan campuran agar tidak terjadi bleeding diusahakan untuk menentukan nilai kadar aspal efektif dalam batas tertentu. Batas kadar aspal efektif campuran diambil 4.7% - 6,5% harga penyerapan aspal diambil sebesar 40 % dari absorbs air oleh agregat.

### 2.9.1 Pembuatan Sampel

Untuk mendapatkan hasil campuran yang baik, selain dipengaruhi oleh kualitas bahan, susunan butiran, kandungan aspal dan homogenitas, hal penting

yang harus dipenuhi adalah syarat suhu, naik waktu pencampuran dan dan terutama pemadatan. Agar hasil pengujian lebih akurat maka untuk setiap variasi campuran dibuat 3 (tiga) sampel sehingga banyak sampel yang digunakan adalah 45 sampel, ditambah sampel untuk PRD 9 benda uji. Jadi jumlah semua sampel adalah 54 benda uji.

Setiap sampel diberi kode pengenal guna untuk mempermudah dalam pengamatan dan pengecekan pada waktu pengujian sampel percobaan. Cara pemberian kode adalah sebagai berikut :

a. Untuk masing-masing kadar aspal :

- ✓ Kadar aspal 5,0% : 5 %                      Kadar aspal 6,5% : 6,5 %
- ✓ Kadar aspal 5,5% : 5,5 %                      Kadar aspal 7,0% : 7 %
- ✓ Kadar aspal 6,0% : 6 %

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen , yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data . data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada . penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan dengan syarat-syarat yang ada . penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan didalam ataupun diluar laboraturium . dalam penelitian ini akan dilakukakn di laboraturium . Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh oenggunaan slag besi sebagai bahantambahan agregat halus terhadap campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) .

#### **3.2 Tempat penelitian**

Penelitian dilaksanakan di laboratorium jalan raya PT. Adhi Karya (Persero) Tbk Base Camp pasar V Patumbak , Medan Sumatera Utara .

Data-data penelitian ini diperoleh dari hasil pemeriksaan terhadap bahan penyusun laston/Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dan pengujian terhadap contoh campuran batuan/ Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) .

### 3.3 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pengadaan bahan dan penyediaan peralatan yang akan digunakan
2. Melakukan pemeriksaan terhadap bahan yang akan digunakan
3. Merencanakan contoh campuran aspal
4. Membuat contoh campuran atau benda uji
5. Melakukan pengujian dengan alat marshall
6. Analisa hasil pengujian sehingga diperoleh kadar aspal optimum
7. Menarik kesimpulan

### 3.4 Pemeriksaan Bahan Campuran

Untuk mendapatkan lairan aspal beton yang berkualitas sangat ditentukan oleh bahan penyusunnya. Bahan yang digunakan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan sehingga dapat dipilih bahan yang memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan penyusun beton.

Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat adalah :

1. Analisa saringan mengikuti prosedur (PB-0201-76) Bina Marga, 1976
2. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat luar mengikuti prosedur MPBU (PB-0202-76) Bina Marga 1976
3. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapana gregat belum mengikuti prosedur MPBJ (PB-0203-76) Bina Marga 1976
4. Pemeriksaan tingkat keausan agregat mengikuti orosedur MPBJ (PB-0206-76) Bina Marga 1976 dengan menggunakan mesin abration los angeles.

Pemeriksaan dilakukan terhadap aspal keras penetrasi 6070 adalah :

1. Pemeriksaan diaktifitas mengikuti prosedur MPBJ (PA-0306-76). Untuk mengetahui sifat kohesiantara aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dari kecepatan tertentu.
2. Pemeriksaan kekentalan kinematik mengikuti prosedur MPBJ (PA-0308-76). Untuk mengetahui kekentalan aspal
3. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar mengikuti prosedur MPBJ (PA-0306-76). Untuk mengikuti suhu dimana aspal tersebut mulai memercikkan api dan akhirnya mulai terbakar. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan-permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal.
4. Pemeriksaan berat jenis mengikuti MPBJ (PB-0307-76). Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan air yang sama pada suhu tertentu.

### 3.5 Metode Pengujian Sampel

Pengujian sampel dilakukan sesuai dengan prosedur pengujian Marshall dan dikeluarkan ASTM. Pengujian sampel terbagi atas 2 (dua) bagian yaitu :

1. Pengujian *Bulk Specific Gravity* Sampel
2. Pengujian stabilitas dan Flow

Peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel adalah sebagai berikut :

a. Mesin uji Marshall

Alat uji listrik berkekuatan 220 volt, dirancang untuk memberikan beban pada sampel. Untuk menguji sampel melalui seni *Crealic Treasting Hirall* dengan kecepatan tekanan konstan 51 mm (2 inchi) per menit. Alat ini dilengkapi sebuah *Providing Ring* (arlohi tekan). Yang sudah dikaliberasi. Selain itu juga dilengkapi dengan satu flow meer (teruji kedekatan) dengan ketelitian 2,5 mm (0,01 inchi) untuk menentukan besarnya kelelahan pada beban maksimum pengujian

b. Water Bulk

Alat ini dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C dan mempunyai kedalaman 150 mm (6 inchi) serta dilengkapi dengan rak untuk melakukan beban percobaan

### 3.6 Penentuan Bulk Specific Gravity (berat jenis kering) Sampel .

Pengujian ini dilakukan dengan menimbang sampel diudara (dalam kering udara) lalu direndam kedalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruang. Kemudian menimbang berat sampel dalam air dan berat kering permukaan air. Perbedaan antara berat sampel kering-permukaan jenuh air dengan berat sampel dalam air adalah volume bulk sampel ( $\text{cm}^3$ ). Sedangkan *bulk specific gravity* sampel merupakan perbandingan antara berat sampel diudara dengan volume berat sampel ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

### 3.7 Pengujian Stabilitas dan Kelelahan (Flow)

Setelah bulk specific gravity sampel percobaan dilakukan, pengujian stabilitas dan flow dilakukan sebagai berikut :

1. Sampel percobaan direndam dalam bak perendam (*water bath*) pada suhu 60°C selama 20 s/d 40 menit
2. Pemakaian dalam testing head dibersihkan. Suhu head antara 21°C - 38°C. Batang penuntun (*Guide Red*) dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas testing head dapat meluncur beban yang diberikan, apakah sudah tepat nol pada keadaan tanpa beban
3. Sampel percobaan yang telah direndam dalam water bath diletakkan pada bagian bawah tengah dari testing head, posisi bagian atas testing head dipasang lalu seluruh bagian peralatan pembebanan dibuat di tengah-tengah flow meter ditempatkan diatas tenda guide rol dan jarum penunjuk dinolkan
4. Alat pembebanan pengujian sampel percobaan dinyalakan pada kecepatan yang konstan yaitu sekitar 51 mm (2 inchi) per menit, sampai terjadi failure ditentukan oleh bacaan maksimum yang dihasilkan. Jumlah total Newton (lb) yang diperoleh sehingga mengakibatkan failure pada sampel percobaan pada suhu 60°C dicatat sebagai nilai stabilitas ketika pengujian stabilitas dilakukan. Saat terjadi failure dibaca angka yang ditunjukkan oleh jarum flow meter. Pembacaan nilai flow diperlihatkan dalam unit 0,25 mm (0,01 inchi)

Keseluruhan prosedur, baik pengujian stabilitas maupun flow yang dimulai dari pemindahan bahan percobaan dari *water bath*, harus diselesaikan dalam periode 30 detik untuk menghindari turunnya temperature sampel ( $60^{\circ}\text{C}$ )



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan dilaboratorium jalan raya PT ADHI KARYA (Persero) Tbk jalan Patumbak Medan. Penggunaan slag besi sebagai bahan tambahan agregat pada campuran belum aspal (Asphalt Concrete Wearing Course) diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan spesifikasi nilai Marshal Quotient untuk syarat fleksibilitas campuran laston yaitu 200 KN/mm, maka fleksibilitas campuran beton aspal (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dapat terpenuhi.
2. Pada Stabilitas dengan spesifikasi campuran minimal 800 Kg , nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi .
3. Pada kelelahan/Flow yang memenuhi spesifikasi campuran minimal 3Mm . nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi .
4. Pada Rongga Dalam Campuran /VIM yang memenuhi spesifikasi campuran antara 4,9 – 5,9% . nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi .
5. Pada Rongga Terisi Aspal/VFB yang memenuhi spesifikasi campuran minimal 63% . nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi.
6. Rongga antara partikel Agregat/VMA yang memenuhi spesifikasi campuran minimal 14% . nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi .
7. Pada Marshall Quotient (MQ) yang memenuhi spesifikasi campuran minimal 200 KN/mm . nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi.

8. Pada kadar aspal optimum/asphalt yang memenuhi spesifikasi campuran antara 5,7 - 6,45 , nilai ini terpenuhi dari campuran 1% dan 2% Slag besi .
9. Berdasarkan hasil nilai-nilai test Marshall bahwasanya slag besi dapat digunakan sebagai bahan tambahan agregat bahan pada campuran AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)

## 5.2 Saran

1. Diharapkan pengkajian dilakukan dengan alat yang lebih lengkap, seperti alat uji untuk aspal dan material
2. Dalam melakukan penelitian untuk pencampuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Coarse*), hendaklah menggunakan metode Marshall Test .

## DAFTAR PUSTAKA

**Badan Litbang Pekerjaan Umum 2005** . “*Pedoman Penggunaan agregat slag besi dan baja untuk campuran beraspal panas*” . Badan Litbang Pekerjaan Umum .

**Departemen Pekerjaan Umum 1999** .” *Pedoman Perencanaan campuran Beraspal Panas Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak*” . Jakarta : PT. Adhi Karya (Persero) Tbk .

**Departemen Pekerjaan Umum 1987** .“*Petunjuk Pelaksanaan lapis aspal beton untuk jalan raya*” SKBI – 2.4.26. 1987. UDC : 625.75 (02) Yayasan Badan Penerbit PU

**Departemen Pekerjaan Umum 1983** .“*Buku Pedoman Penentuan tebal perkerasan Lentur jalan raya*” . no. 01.PO/B Direktorat Jenderal Bina Marga

**Direktur Jenderal Bina marga,1976** “ *Manual Pemeriksaan Badan Jalan*” .No. 01/MN/BM . Departemen PU Jakarta .

**Kementrian Pekerjaan Umum,2011** “ *Pemanfaatan Slag Baja untuk Teknologi Jalan Yang Ramah lingkungan*”Puslitbang jalan dan jembatan

**RSNI 2005**. *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas* : Badan Litbang Pekerjaan Umum

**RSNI M-01-2003** , “*Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat marshall*”Pusjatan Balitbang PU

**Silvia Sukirman ,1993**, “ *Perkerasan Lentur Jalan Raya*” . Nova, Bandung Januari

**Spesifikasi Umum 2010** , “ *Perkerasan Jalan*” Pustran Balitbang Pekerjaan Umum

**SNI 03-1737-1989**. “*Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton untuk Jalan Raya*” : Pustran Balitbang Pekerjaan Umum

**SNI 03-6388-2000**. “*Spesifikasi Agregat Lapis Pondasi Bawah, Lapis Pondasi Atas dan Lapis Pondasi Permukaan*” Pusjatan – Balitbang Pekerjaan Umum

**SNI 06-2441-1991**. “*Metode Pengujian Berat Jenis Aspal*” Pustran Balitbang Pekerjaan Umum