

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BELERANG PADA  
ASPAL AC-WC TERHADAP NILAI STABILITAS DAN  
KELELEHAN MARSHALL**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai bahan sidang sarjana dan sebagai salah satu syarat  
Untuk memperoleh gelar sarjana teknik sipil  
Universitas Medan Area

Oleh :

**MUHAMMAD IMAM FADHOLI SIREGAR**

**11 811 0016**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
2017**

**ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BELERANG PADA  
ASPAL AC-WC TERHADAP NILAI STABILITAS DAN  
KELELEHAN MARSHALL**

**SKRIPSI**

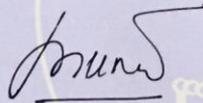
**Disusun oleh :**

**MUHAMMAD IMAM FADHOLI SIREGAR**

**11 811 0016**

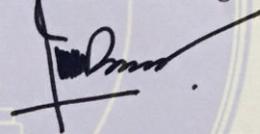
**Disetujui Oleh :**

**Dosen Pembimbing I**



**(Ir. Nuril Mahda Rkt, MT)**

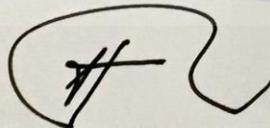
**Dosen Pembimbing II**



**(Ir. Marwan Lubis, MT)**

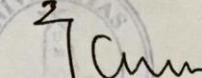
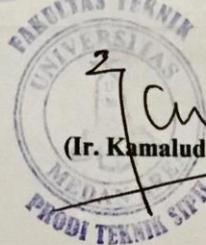
**Mengetahui :**

**Dekan Fakultas Teknik**



**(Prof. DR. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc)**

**Ka. Prodi Sipil**

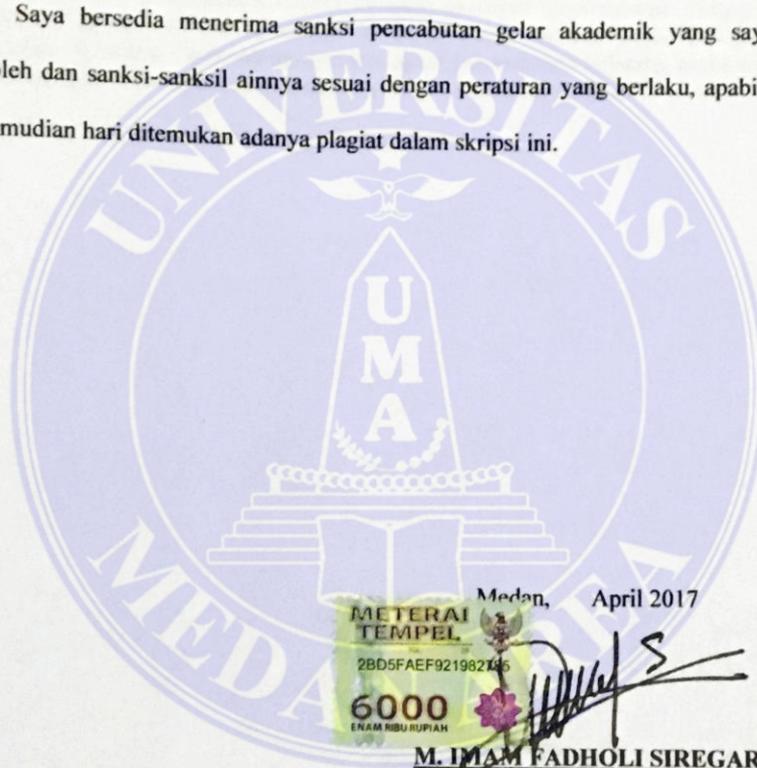


**(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksil lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, April 2017

**M. IMAM FADHOLI SIREGAR**

11.811.0016

## ABSTRAK

Jalan selalu dibutuhkan sebagai suatu media transportasi, oleh karena itu dibutuhkan keawetan pada perkerasan jalan. Dalam meningkatkan struktur perkerasan jalan dibutuhkan alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PPS3 Balai Besar dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC). Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, flow, dan kemudian dapat dihitung Marshall Quotient-nya. Pengujian dilakukan dengan variasi persentase kadar belerang 5% dan 10%. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan semakin besar penambahan belerang maka nilai stabilitas akan menurun, dan sebaliknya nilai flow akan meningkat.

Kata Kunci : campuran, belerang, stabilitas, flow



## ABSTRACT

*The road is always needed as a transport medium, by the mindless and required durability of the pavement. In improving the road pavement structure needed an alternative material to be mixed with asphalt or aggregate. This research was conducted in the laboratory PPS3 Great Hall of the base using hot asphalt mixing system Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC). In this study testing is done in stages, which consists of testing aggregates (coarse, fine and filler), asphalt and testing of the mixture, wherein from Marshall test is obtained results in the form of components Marshall, namely stability, flow, and can then be calculated Marshall Quotient. Testing was done by varying the percentage of sulfur content of 5% and 10%. From the test results we can conclude the greater the addition of sulfur, the value of stability will decrease, and conversely the value of flow will increase.*

*Keywords: mixed, sulfur, stability, flow*



## KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh. Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Penulis menyusun skripsi ini dengan judul "*Analisa Pengaruh Penambahan Belerang Pada Campuran AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas dan Nilain Flow*". Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak penulis sulit menyelesaikan laporan skripsi ini. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H.A.Ya'kub Matondang, MA. selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT. selaku ketua program studi Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Ibu Ir. Nuril Mahda Rkt, MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. Marwan Lubis, MT. selaku Dosen Pembimbing II.
5. Seluruh Dosen Teknik Sipil dan seluruh staf tata usaha Fakultas Teknik yang selalu membantu penulis dalam segala urusa dan administrasi.
6. Seluruh Staf aboratorium Pekerjaan Umum PSP3 Balai Besar yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis selama melakukan penelitian.

7. Ucapan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua; Khoirul Saleh Siregar dan Masriana Hanum Harahap yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta Do'a yang tiada henti untuk penulis.
8. Teman-teman seperjuangan stambuk 11 Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian laporan kerja praktek ini.
9. Terkhusus Yollana Friska yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dalam penelitian selanjutnya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak pada umumnya dan penulis pada khususnya. Saya akhiri dengan wabillahi taufiq walhidayah wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Medan, 12 Agustus 2016

**Muhammad Imam Fadholi Siregar**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	V
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan.....	2
1.3. Rumusan Masalah.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Bagan Alir Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Struktur Perkerasan Jalan.....	4
2.2. Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).....	5
2.3. Agregat.....	13
2.3.1. Klasifikasi Agregat.....	14
2.3.2. Sifat Agregat.....	18
2.3.3. Bentuk dan Tekstur Agregat.....	19
2.3.4. Gradasi Agregat.....	21
2.3.5. Daya Lekat Terhadap Aspal.....	23
2.3.6. Pengujian Agregat.....	23
2.3.8. Belerang (Bahan Tambah).....	24
2.3.9. Aspal.....	26
2.3.10. Jenis Aspal.....	27
2.3.11. Sifat Aspal.....	29

2.3.12. Campuran Aspal Panas ( <i>Hotmix</i> ).....	32
2.3.13. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC).....	33
2.3.14. Perencanaan Gradasi Campuran .....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	37
3.1. Umum.....	37
3.2. Bahan Penelitian.....	40
3.3. Peralatan Penelitian.....	41
3.4. Pengujian Marshall.....	45
3.5.1. Pengujian Material Agregat .....	47
3.5.2. Pengujian Aspal .....	47
BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN.....	49
4.1. Hasil Pemeriksaan Agregat .....	49
4.2. Hasil Pemeriksaan Aspal.....	56
4.3. Variasi Kadar Aspal Rencana .....	57
4.4. Hasil Pemeriksaan dan Pengujian Marshall.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1. Kesimpulan .....	61
5.2. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA .....	62
LAMPIRAN .....	63
DOKUMENTASI .....	63

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1. 1 BAGAN ALIR .....	3
GAMBAR 2. 1 STRUKTUR PERKERASAN LENTUR .....	5
GAMBAR 2. 2 BENTUK-BENTUK AGREGAT .....	21
GAMBAR 2. 3 BELERANG .....	25
GAMBAR 3. 1 METODOLOGI PENELITIAN .....	39
GAMBAR 3. 2 AGREGAT KASAR .....	40
GAMBAR 3. 3 AGREGAT HALUS .....	40
GAMBAR 3. 4 BELERANG .....	41
GAMBAR 3. 5 ASPAL KESENEA .....	41
GAMBAR 3. 6 AYAKAN DAN TIMBANGAN .....	42
GAMBAR 3. 7 ALAT PENCETAK ASPAL .....	43
GAMBAR 3. 8 PENUMBUK OTOMATIS .....	44
GAMBAR 3. 9 EJECTOR .....	44
GAMBAR 3. 10 ALAT UJI MARSHALL .....	45

## DAFTAR TABEL

TABEL 2. 1 GRADASI AGREGAT .....	34
TABEL 2. 2 GRADASI AGREGAT UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC .....	35
TABEL 3. 1 KETENTUAN ASPAL .....	48
TABEL 4. 1 GRADASI AGREGAT BATU PECAH 3/4 .....	50
TABEL 4. 2 GRADASI AGREGAT BATU MEDIUM.....	51
TABEL 4. 3 GRADASI AGREGAT ABU BATU .....	52
TABEL 4. 4 GRADASI AGREGAT PASIR .....	53
TABEL 4. 5 HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT KASAR (CA) 3/4 .....	54
TABEL 4. 6 HASIL PEMERIKSAAN AGREGAT MEDIUM (MA) 1/2.....	54
TABEL 4. 7 HASIL PEMERIKSAAN ABU BATU .....	54
TABEL 4. 8 HASIL PEMERIKSAAN PASIR.....	55
TABEL 4. 9 HASIL PEMERIKSAAN ASPAL.....	56
TABEL 4. 10 KOMPOSISI BAHAN VARIASI KADAR ASPAL RENCANA .....	57
TABEL 4. 11 HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA KADAR ASPAL RENCANA DENGAN 2X75 TUMBUKAN.....	58

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **1.1. Latar Belakang Masalah**

Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan. Kemampuannya dalam mendukung beban berat kendaraan yang tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Dewasa ini banyak terjadi kerusakan-kerusakan pada perkerasan beton aspal seperti kerusakan alur dan terjadinya lubang yang lebih dini.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan jalan, maka dibutuhkan usaha-usaha untuk meningkatkan kualitas jalan. Upaya-upaya yang dilakukan antara lain adalah penggunaan campuran aspal yang baik, yaitu; mempunyai daya lekat yang cukup tinggi, titik lembek yang tinggi (di atas 60°C), dan penetrasi di atas 50.

Beberapa penelitian telah dicoba untuk meneliti berbagai jenis bahan yang dapat digunakan untuk mencapai sifat-sifat aspal yang diinginkan. Penggunaan bahan-bahan tambah ke dalam campuran aspal tergantung pada hasil akhir yang diinginkan. Sebagai contoh; jika diinginkan aspal sebagai bahan pengikat yang berdaya lekat tinggi maka digunakan bahan pengikat yang berdaya lekat tinggi.

Berdasarkan hal tersebut peneliti mencoba untuk melihat pengaruh pada bahan sulfur dalam campuran beraspal. Dengan mengetahui pengaruh sulfur yang ditambah kedalam campuran beraspal maka dapat diperkirakan kelebihan dan kekurangan campuran tersebut.

## **1.2. Maksud dan Tujuan**

Maksud dari penelitian ini untuk menganalisa pengaruh penambahan belerang pada campuran beraspal dalam uji stabilitas dan kelelahan. Serta tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah penambahan belerang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal AC-WC.

## **1.3. Rumusan Masalah**

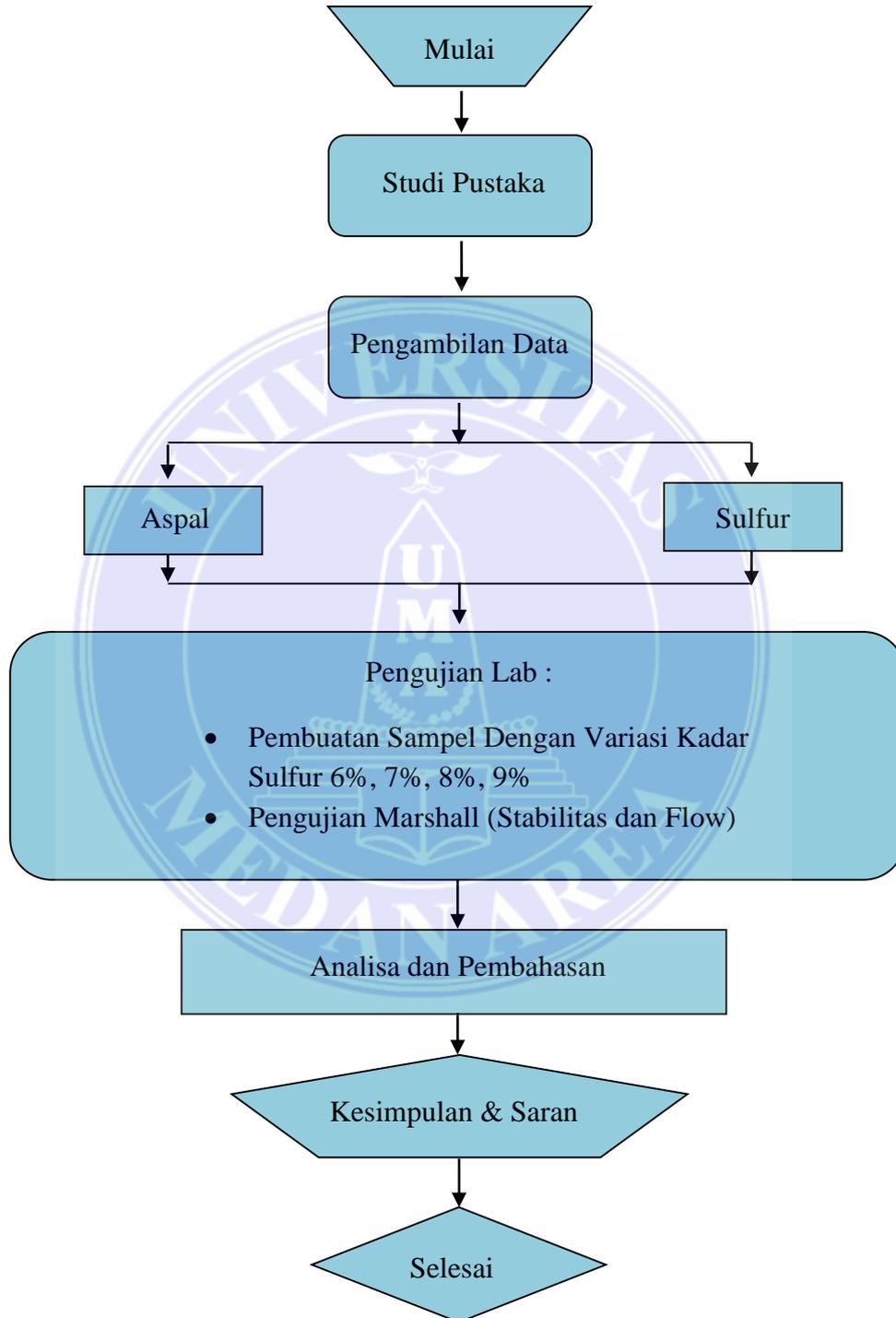
Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh nilai uji campuran beraspal dengan penambahan Sulfur?
2. Apakah campuran perkerasan AC-WC dengan penambahan Sulfur memenuhi persyaratan dalam uji stabilitas dan kelelahan?

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Dengan adanya kajian ini, diharapkan bisa memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh penambahan Sulfur sebagai bahan tambah dalam campuran beraspal, khususnya AC-WC sebagai lapis permukaan perkerasan lentur. Disini penulis hanya meninjau terhadap sifat Marshall stabilitas dan kelelahan. Serta menjadi bahan masukan tentang kelebihan dan kekurangan pemakaian sulfur pada campuran beraspal.

## 1.5. Bagan Alir Penelitian



Gambar 1. 1 Bagan Alir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Struktur Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan raya adalah campuran agregat dan bahan ikat ( binder ) yang diletakkan atas tanah dasar dari pemadatan untuk melayani beban lalu lintas. Tujuan utama pembuatan struktur perkerasan jalan raya adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan akibat beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang menyokong beban tersebut.

Berdasarkan bahan pengikat konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi jenis konstruksi perkerasan, yaitu:

- Konstruksi perkerasan lentur ( flexible pavement ), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Disebut “lentur” karena konstruksi ini mengijinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas. Fungsi dari lapisan ini adalah memikul beban lalu lintas dari permukaan sampai tanah dasar. Salah satu jenis perkerasan lentur adalah Asphalt Concrete ( AC ).
- Konstruksi perkerasan kaku ( rigid pavement ), yaitu perkerasan yang menggunakan semen ( portland cement ) sebagai bahan pengikat. Disebut “kaku” karena pelat beton tidak terdefleksi akibat beban lalu lintas/transportasi dan desain untuk umur 40 tahun sebelum dilaksanakan rekonstruksi besar - besara-. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat dengan atau tanpa tulangan yang diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan dasar.

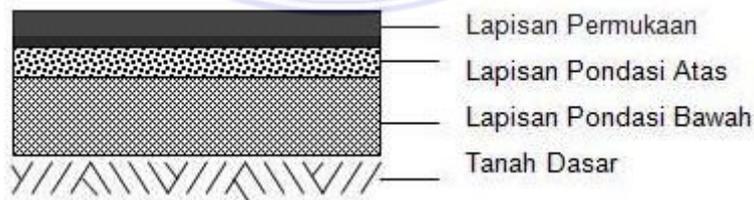
- Konstruksi perkerasan komposit ( composite payement), yaitu perkerasan yang mengkombinasikan antara aspal dan semen (PC) sebagai bahan pengikatnya. Penyusun lapisan komposit terdiri dari dua jenis. Salah satu jenis perkerasan komposit adalah merupakan penggabungan secara berlapis antara perkerasan lentur (menggunakan aspal sebagai bahan pengikat) dan perkerasan kaku { menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat}.

Pada umumnya jenis perkerasan yang dipakai di Indonesia adalah perkerasan lentur dan susunan struktur jalan (perkerasan lentur) di Indonesia pada umumnya mengacu kepada standar USA.

## 2.2. Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu-lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya terus ke tanah dasar.

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah hingga atas, sebagai berikut :



Gambar 2. 1 Struktur perkerasan lentur

Sumber : <https://sadegaonito.wordpress.com/tag/lalu-lintas/>

- Lapisan permukaan (surface course)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan, berfungsi sebagai berikut:

- Lapisan yang langsung menahan beban roda kendaraan dengan persyaratan harus mempunyai stabilitas tinggi.
- Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapisaus).
- Lapisan kedap air sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lainnya.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan lama. Jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

- ◆ Lapisan bersifat nonstruktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air.
  - Burtu (laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
  - Burda (laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat

yang dikerjakan dua kali secara berurutan dengan tebal padat maksimum 3,5 cm.

- Latasir (lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.
  - Buras (laburan aspal), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.
  - Latasbum (lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
  - Lataston (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama hot rolled sheet (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filler) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5-3,0 cm.
- ◆ Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda kendaraan.

- Penetrasi macadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi antara 4-10 cm.
  - Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisannya antara 3-5 cm.
  - Laston (lapis tipis aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.
- Lapisan pondasi atas (base course)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan. Karena terletak tepat dibawah lapisan permukaan, maka lapisan ini menerima pembebanan yang berat dan paling menderita akibat muatan, oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas sangat tinggi dan pelaksanaan konstruksi harus dilakukan dengan cermat. Fungsi base course antara lain:

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.
- Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawahnya.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Dalam penentuan bahan lapis pondasi ini perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain, kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan. Jenis pondasi atas yang digunakan di Indonesia antara lain:

- ◆ Agregat bergradasi baik, dapat dibagi atas batu pecah kelas A, batu pecah kelas B dan batu pecah kelas C. Batu pecah kelas A mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C.
- ◆ Pondasi macadam.
- ◆ Pondasi telford.
- ◆ Penetrasi macadam (lapen).
- ◆ Aspal beton pondasi (asphalt concrete base/ asphalt treated base).
- ◆ Stabilisasi yang terdiri dari:
  - Stabilisasi agregat dengan semen (cement treated base).
  - Stabilisasi agregat dengan kapur (lime treated base).
  - Stabilisasi agregat dengan aspal (asphalt treated base).

- Lapisan pondasi bawah (subbase course)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai:

- Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
  - Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
  - Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
  - Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
  - Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.
- Lapisan tanah dasar (subgrade)

Lapisan tanah setebal 50-100 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (subgrade) yang 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. Pemadatan yang baik akan diperoleh jika dilakukan pada kondisi kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dapat dibedakan atas:

- Lapisan tanah dasar, tanah galian.

- Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
- Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Sebelum lapisan-lapisan lainnya diletakkan, tanah dasar (subgrade) dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar.

Masalah-masalah yang sering dijumpai menyangkut tanah dasar (subgrade) adalah:

- Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan jalan tersebut rusak. Tanah-tanah dengan plastisitas tinggi cenderung untuk mengalami hal ini. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat di bawah tanah dasar harus diperhatikan. Daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan oleh nilai CBR nya dapat merupakan indikasi dari perubahan bentuk yang dapat terjadi.
- Daya dukung tanah dasar yang tidak merata pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda. Penelitian yang seksama atas jenis dan sifat tanah dasar sepanjang jalan dapat mengurangi akibat tidak seragamnya daya dukung tanah dasar. Perencanaan tebal perkerasan dapat dibuat berbeda-beda dengan membagi jalan menjadi segmen-segmen berdasarkan sifat tanah yang berlainan.
- Perbedaan penurunan (differensial settlement) akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar akan

mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk tetap. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan penyelidikan tanah dengan teliti. Pemeriksaan dengan menggunakan alat bor dapat memberikan gambaran yang jelas tentang lapisan tanah di bawah lapis tanah dasar.

- Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air. Hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada kadar air optimum mencapai kepadatan tertentu sehingga perubahan volume yang mungkin terjadi dapat dikurangi. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan berubahnya kadar air pada lapisan tanah dasar.
- Daya dukung yang tidak merata akibat pelaksanaan yang kurang baik. Hal ini akan lebih buruk pada tanah dasar dari jenis tanah berbutir kasar dengan adanya tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas ataupun akibat berat tanah dasar itu sendiri (pada tanah dasar tanah timbunan). Hal ini dapat diatasi dengan melakukan pengawasan yang baik pada saat pelaksanaan pekerjaan tanah dasar.
- Kondisi geologis dari lokasi jalan perlu dipelajari dengan teliti, jika ada kemungkinan lokasi jalan berbeda pada daerah patahan.

Penyebab kerusakan perkerasan jalan lentur

- Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban dan repetisi beban.
- Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik dan naiknya air akibat kapilaritas.

- Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh sistem pengolahan bahan yang tidak baik.
- Iklim, Indonesia beriklim tropis dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi yang dapat menjadi salah satu penyebab kerusakan jalan.
- Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang kurang bagus.
- Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

#### Jenis Kerusakan Perkerasan Lentur

Kerusakan fungsional adalah apabila perkerasan tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan yang direncanakan. Pada dasarnya tergantung pada derajat atau tingkat kekasaran permukaan. Sedangkan kerusakan struktural terjadi ditandai dengan adanya ruska pada satu atau lebih bagian dari struktur perkerasan jalan. Disebabkan oleh lapisan tanah dasar yang tidak stabil, beban lalu lintas, kelelahan permukaan dan pengaruh kondisi lingkungan sekitar

### 2.3. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir – butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (*Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga 1998*). Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran – butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam

kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain.

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu gradasi, kekuatan, bentuk butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan.

### 2.3.1. Klasifikasi Agregat

Agregat dapat diklasifikasikan menjadi :

- Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang dipergunakan dalam perkerasan lentur dapat dibedakan :
  - **Agregat Alam.** Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.
  - **Agregat melalui proses pengolahan.** Ditemukan di gunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.
  - **Agregat Buatan.** Agregat yang merupakan merupakan mineral filler/pengisi (partikel dengan ukuran  $< 0,075$  mm),

diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

- Berdasarkan ukuran butiran agregat dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu :
  - ♦ Agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat yang lolos pada saringan  $\frac{3}{4}$  (19,1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing-masing agregat kasar dan tertahan suatu aksi perpindahan.

Bentuk dan tekstur agregat mempunyai kestabilan dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Karakteristik dari lapisan perkerasan dapat dipengaruhi dari bentuk dan tekstur dari agregat tersebut. Partikel agregat kasar dapat berbentuk:

- ♦ Bulat (*Rounded*)

Agregat yang dijumpai pada umumnya berbentuk bulat, partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya interceling yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

- ♦ Lonjong (*Elongated*)

Partikel berbentuk lonjong dapat ditentukan di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan panjang jika ukuran terpanjang 1,8 kali diameter rata-rata indeks kelonjongan (*Elongated Indeks*)

adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total.

- ◆ Kubus

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah (*Crusher Stone*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih halus, berbentuk bidang rata sehingga memberi *Intercoling* (saling mengunci yang lebih besar).

- ◆ Pipih

Agregat berbentuk pipih mudah retak pada waktu pencampuran, pemadatan serta akibat beban lalu lintas. Oleh karena itu banyak agregat pipih dibatasi dengan menggunakan nilai indeks kepipihan yang di syaratkan.

- ◆ Tidak beraturan (*Irregular*)

Besarnya gesekan dipengaruhi oleh jenis permukaan jenis permukaan agregat yang dapat dibedakan atas agregat yang permukaannya keras, permukaan licin dan mengkilap (*Classy*) agregat yang permukaannya berpori.

Pada konstruksi perkerasan jalan bentuk butiran mempunyai beberapa pengaruh langsung atau tidak langsung antara lain :

- Mempengaruhi cara pengerjaan campuran.

- Merupakan kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan / density yang ditentukan.
- Mempengaruhi kekuatan perkerasan aspal.

- ◆ Agregat halus

Yang termasuk dalam fraksi agregat halus adalah yang lolos saringan No. 8 (2,38 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) terdiri dari bahan-bahan berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki.

Karakteristik agregat halus yang menjadi tumpuan bagi kekuatan campuran aspal terletak pada jenis, bentuk dan tekstur permukaan dari agregat. Agregat halus memegang.

Peranan penting dalam pengontrolan daya tahan terhadap deformasi, tetapi penambahan daya tahan ini diikuti pula dengan penurunan daya tahan campuran secara keseluruhan jika melebihi proporsi yang disyaratkan.

- ◆ Filler

Filler yang artinya sebagai filler dapat dipergunakan debu, batu kapur, debu dolomite, atau semen dan harus bebas dari setiap benda yang harus dibuang. Filler mempunyai ukuran yang lolos 100 % lolos dari 0,60 mm dan tidak kurang dari 75 % berat partikel yang lolos saringan 0,075 mm ( saringan basah ). Perlu diperhatikan agar bahan tersebut tidak

tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang dikehendaki dan bahan dalam keadaan kering ( kadar air maksimum 1 %).

Jenis filler yang dipergunakan adalah abu batu, semen Portland, debu dolomite dan kapur dan lain-lain. Adapun syarat-syarat filler sebagai berikut :

- ♦ Bahan filler terdiri dari abu batu, semen Portland, abu terbang, debu dolomite, kapur, dan lain-lain.
- ♦ Harus kering dan bebas dari pengumpulan dan bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan No. 200 tidak kurang dari 70 % beratnya.
- ♦ Penggunaan kapur sebagai bahan pengisi dapat memperbaiki daya tahan campuran, membantu penyelimutan dari partikel agregat.

### **2.3.2. Sifat Agregat**

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Yang menentukan kualitas agregat sebagai material perkerasan jalan adalah:

- Kekuatan dan keawetan (strength and durability).
- Kemampuan dilapisi aspal yang baik,
- Kemampuan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

### 2.3.3. Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dari agregat dapat berpengaruh terhadap kemampuan kerja (*work ability*) dari pada pemadatan, juga campuran lapis perkerasan dan jenis perkerasan. Bentuk partikel juga mempengaruhi kekuatan dari suatu lapis perkerasan selama masa layanan. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk :

- Bulat (*rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

- Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya  $> 1.8$  kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking* nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

- Kubus (*cubical*)

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan *interlocking* / sifat saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

- Pipih (*flacky*)

Partikel agregat berbentuk pipih juga merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0.6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban lalu lintas.

- Tak beraturan (*irregular*)

Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan diatas.



Gambar 2. 2 Bentuk-bentuk Agregat

*Sumber : PSP3 Balai Besar*

Tekstur permukaan berpengaruh pada ikatan antara batu dengan aspal.

Tekstur permukaan agregat biasanya terdiri atas :

- Kasar sekali (*very rough*)

- Kasar (rough)
- Halus
- Halus dan licin (polished)

Permukaan agregat yang halus memang mudah dibungkus dengan aspal, tetapi sulit untuk mempertahankan agar film aspal itu tetap melekat. Karena makin kasar bentuk permukaan makin tinggi sifat stabilitas dan keawetan suatu campuran aspal dan agregat. Untuk mendapatkan nilai stabilitas dari campuran lapis aspal beton (LASTON) dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat dan tahan terhadap suatu reaksi perpindahan dipakai agregat berbentuk kubus dengan tekstur permukaan yang kasar (bidang kontak lebih besar), karena semakin kasar *surface* tekstur agregat maka konstruksi lebih stabil dibandingkan dengan permukaan halus.

#### **2.3.4. Gradasi Agregat**

Gradasi agregat adalah distribusi dari variasi ukuran butir agregat . Gradasi agregat berpengaruh pada besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (kemudahan dalam pekerjaan) serta stabilitas campuran. Gradasi agregat ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi pesegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

- Gradasi seragam (uniform graded)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini disebut juga gradasi terbuka (open graded) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

- Gradasi rapat (dense graded)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (well graded). Campuran beraspal dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

- Gradasi senjang (gap graded)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran beraspal dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari keadaan campuran dengan gradasi yang disebutkan di atas.

### **2.3.5. Daya Lekat Terhadap Aspal**

Daya lekat terhadap aspal (*affinity of asphalt*) dari suatu agregat yaitu kecenderungan agregat untuk menerima atau menolak suatu pelapisan aspal. Dalam kaitannya dengan daya lekat terhadap aspal, agregat terbagi menjadi dua yaitu

agregat yang menyukai air (*hidrophilic*) dan agregat yang menolak air (*hidrophobic*). Agregat *hidrophilic* apabila dilapisi aspal akan mudah mengelupas, sedangkan agregat *hidrophobic* daya lekatnya terhadap aspal tinggi sehingga tidak mudah mengelupas bila dilapisi aspal. Jadi pemakaian untuk lapis aspal beton sebaiknya menggunakan agregat *hidrophobic* agar aspal dapat melekat baik. Contoh dari agregat *hidrophobic* adalah batu kapur, sedang contoh *hidrophilic* adalah granit dan batuan yang mengandung silika.

#### 2.3.6. Pengujian Agregat

Agregat yang akan dipergunakan sebagai material campuran perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan sifat dan gradasi agregat seperti yang telah ditetapkan dalam spesifikasi pekerjaan jalan. Maka agregat yang akan digunakan harus di uji terlebih dahulu :

- Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.
- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.
- Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus.
- Berat Isi Agregat.
- Kelekatan Agregat terhadap Aspal.
- Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing – masing agregat ini seringkali berbeda, menurut bina marga agregat menjadi :

- Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (=4.75mm).
- Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (=4.75mm).
- Bahan Pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No. 200 (=0.075mm).

### **2.3.8. Belerang (Bahan Tambah)**

Belerang adalah salah satu unsur kimia yang tidak termasuk dalam kelompok mineral logam. Belerang dalam tabel periodik disebut dengan simbol S atau sulfur.

Belerang yang masih murni bisa ditemukan pada sumber lingkungan yang dekat dengan gunung berapi atau gunung berapi yang sudah tidak aktif. Hal ini disebabkan karena adanya sumber gas hidrogen sulfida yang dibentuk dari bagian bawah permukaan bumi dan terpengaruh oleh oksigen.

Belerang murni yang ditemukan dari sumber alam biasanya tidak memiliki rasa, tidak menimbulkan bau, memiliki bentuk yang padat, warna kekuningan dan tidak memiliki sifat larut dalam air. Belerang juga tidak bisa menjadi penghantar listrik dan tidak bisa bereaksi dengan logam emas. Sumber belerang yang masih berada dalam alam biasanya akan membentuk senyawa lain dengan mineral bukan logam.



Gambar 2. 3 Belerang

Berikut ini adalah beberapa karakteristik belerang dari alam:

- Belerang akan menimbulkan warna biru jika terbakar karena akan membentuk sulfat dioksida dan menimbulkan bau yang sangat menyengat.
- Belerang yang masih dalam bentuk bongkahan tidak akan bisa larut dalam air.
- Belerang bisa menjadi polimer khusus jika dipanaskan diatasr suhu 200 derajat celcius.
- Belerang murni dapat ditemukan di bagian kerak bumi, lapisan pertambangan maupun dalam laut

Sumber air panas yang mengandung belerang sering dipercaya menjadi tempat untuk menyembuhkan beberapa penyakit seperti penyakit kulit dan juga terapi kecantikan. Sebenarnya ada banyak manfaat belerang dalam kehidupan kita

sehari-hari yang tidak pernah kita sadari, disini penulis memanfaatkan belerang sebagai bahan tambah terhadap aspal. Belerang memiliki sifat yang bisa membuat lapisan aspal menjadi lebih elastis, bersifat mengikat dan meningkatkan kualitas aspal agar lebih tahan lama dalam aplikasinya dalam pembuatan jalan raya.

### **2.3.9. Aspal**

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur – unsur asphathenes, resins dan oli. Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing – masing agregat.

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat atau yang diperoleh dari hasil pemurnian minyak bumi, atau yang merupakan kombinasi dari bitumen – bitumen tersebut, satu dan yang lainnya atau dengan minyak bumi atau turunan-turunan dari padanya (Standard ASTM D-8).

Bitumen adalah suatu campuran hidrokarbon dari alam atau yang terjadi karena proses pemanasan bumi, atau kombinasi keduanya, seringkali disertai turunan-turunan non metal yang mungkin bersifat gas, cair, setengah padat atau padat dan larut semua dalam sulfida. Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang bersifat *thermoplastis*. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

Fungsi aspal dalam campuran aspal beton, pertama sebagai bahan pelapis dan perekat agregat, kedua sebagai lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapis tipis aspal cair yang diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya. Ketiga lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar berfungsi sebagai pengikat diantara keduanya, dan sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, halus dan *filler*.

#### **2.3.10. Jenis Aspal**

Secara umum aspal dibagi menjadi dua kelompok yaitu aspal alam dan aspal buatan.

- **Aspal Alam**

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau buton, dan ada pula yang diperoleh di pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton). Penggunaan asbuton sebagai salah satu material perkerasan jalan telah dimulai sejak tahun 1920, walaupun masih bersifat konvensional. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar

bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi.

Produk asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

- ◆ Produk asbuton yang masih mengandung material filler, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan butonite mastik asphalt. 2) Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi
- Aspal Buatan

Aspal buatan dihasilkan dari hasil terakhir penyaringan minyak tanah kasar (*crude oil*), sehingga merupakan bagian terberat dari minyak tanah kasar dan terkental. Oleh karena itu untuk memperoleh aspal dengan mutu baik dipilih bahan baku minyak bumi dengan kadar parafin rendah.

Berdasarkan nilai penetrasi atau kekerasan aspal, AASHTO membagi aspal kedalam lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Yang dimaksud angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi kedalam contoh aspal.

Penelitian ini menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70 yang merupakan aspal minyak karena tingkat penetrasi ini dianggap cocok dengan iklim di Indonesia, hal ini dikarenakan di Indonesia merupakan daerah dengan iklim tropis dimana memiliki suhu yang lebih besar dari 24 °C. Aspal penetrasi 60/70 diperkirakan memiliki

kemampuan untuk menghindari terjadinya pelunakan pada temperatur tinggi saat musim kemarau.

### 2.3.11. Sifat Aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- Bahan pengikat , memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Berdasar uraian tersebut diatas berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi serta sifat elastis yang baik.

Sifat-sifat yang dimiliki aspal antara lain :

- Daya tahan aspal (*durability*)

Daya tahan aspal disandarkan pada daya tahan lama terhadap perubahan sifatnya apabila mengalami “*proccesing*” dan juga pengaruh cuaca. Semuanya ini berpengaruh terutama atas daya tahannya terhadap pengerasan sesuai dengan jalannya waktu. Faktor-faktor yang menyebabkan pengerasan ini yang sesuai dengan jalannya waktu antara lain:

- ♦ *Oksidasi*

Adalah reaksi oksigen dengan aspal, proses ini tergantung dari sifat aspal dan temperaturnya. Oksidasi akan memberikan suatu lapisan film yang keras pada aspal itu.

- ◆ *Penguapan*

Penguapan adalah evaporasi dari bagian-bagian yang lebih ringan dari aspal, karena aspal merupakan campuran persenyawaan hydrocarbon yang kompleks dan mempunyai perbedaan berat molekul yang besar.

- ◆ *Polimerisasi*

Ialah penggabungan dari molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Aspal adalah penggabungan molekul-molekul hydrokarbon dengan berat molekul besar. *Polimerisasi* sangat merugikan karena menyebabkan aspal lebih getas sehingga perkerasan jalan mudah retak-retak.

- ◆ *Thixotrophy*

*Thixotrophy* adalah perubahan dari viscositas sesuai dengan jalannya waktu.

- ◆ *Pemisahan*

Pemisahan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pemindahan bagian-bagian minyak (*oil*) atau resin atau *alphaltenes* dari aspal sebagai akibat dari penyerapan (*absorption*) yang selektif dari batuan dimana dapat diletakkan dan peristiwa ini mengakibatkan kerasnya dan kadang juga menjadi lunaknya aspal tadi.

- ◆ *Syneresis*

*Syneresis* adalah reaksi penyebaran yang terjadi di aspal karena pembentukan atau penyusunan struktur didalam aspal itu. Cairan minyak yang tipis yang berisi bagian yang sedang atau yang lebih berat disebarkan pada permukaan.

- Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

- Kepekaan terhadap temperature

Aspal adalah material yang *termoplastis*, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Aspal yang cair dapat masuk ke pori – pori agregat pada penyemprotan / penyiraman lapis perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat aspal pada tempatnya.

- Pengaruh pengerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran, dipanaskan, dan dicampur dengan agregat. Agregat dapat dilapisi dengan penyemprotan/penyiraman aspal panas ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Terjadi proses oksidasi selama proses pelaksanaan, menyebabkan aspal menjadi getas (*viskositas* bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami

oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. (Silvia Sukirman, 1999).

### **2.3.12. Campuran Aspal Panas (*Hotmix*)**

Campuran aspal panas dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu Campuran aspal panas dengan agregat bergradasi senjang (*Gap Graded Aggregate Mix*) dan agregat bergradasi menerus (*Continuous Graded Aggregate Mix*).

- *Gap Graded Aggregate Mix* (Campuran dengan Agregat Gradasi Senjang).

Terdiri dari campuran pasir halus, bahan pengisi (*filler*), aspal ditambah dengan proporsi agregat kasar yang bervariasi. Stabilitas diperoleh dari tingkat kekuatan saling mengikat antara butiran pasir yang diikat oleh aspal.

- *Continuous Graded Aggregate Mix* (Campuran dengan Agregat Gradasi Menerus).

Susunan butiran agregat dari ukuran yang terbesar sampai terhalus agar rongga udara terkontrol dengan baik. Jumlah aspal yang ditambahkan tergantung dari rongga udara yang dikehendaki sesuai dengan kondisi lalu lintas dan iklim yang ada.

Pengujian untuk campuran aspal panas (*Hotmix*) dengan *Asphalt Marshall*, bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*)

dari campuran aspal. Ketahanan stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis (dalam Kg), yaitu keadaan dimana terjadi perubahan bentuk campuran aspal akibat beban sampai batas runtuh (dalam mm).

### **2.3.13. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)**

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan *hotmix*. (Silvia Sukirman, 2003).

Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang

telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

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.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Gradasi Agregat

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

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3, Divisi 6

### 2.3.14. Perencanaan Gradasi Campuran

Selanjutnya dapat dilakukan pemilihan gradasi agregat campuran. Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran aspal panas AC untuk lapisan wearing course dengan spesifikasi gradasi menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah 2004, seperti terlihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal AC-WC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos			% Contoh Target Gradasi	
ASTM	(mm)	Batasan	Daerah Larangan	Fuller	Lolos	Tertahan
1½"	37,5	-	-	-	-	-
1	25	-	-	-	-	-
¾"	19	100	-	100	100	-
½"	12,5	90 – 100	-	82,8	93,0	7,0
⅜"	9,5	maks. 90	-	73,2	80,0	13,0
No.4	4,75	-	-	53,6	55,0	25,0
No.8	2,36	28 – 58	39,1	39,1	36,0	19,0
No.16	1,18	-	25,6 – 31,6	28,6	24,0	12,0
No.30	0,6	-	19,1 – 23,1	21,1	17,0	7,0
No.50	0,3	-	15,5	15,5	12,0	5,0
No.100	0,15	-	-	11,3	8,0	4,0
No.200	0,075	4 – 10	-	8,3	6,0	2,0
						6,0

Sumber : Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (2004)

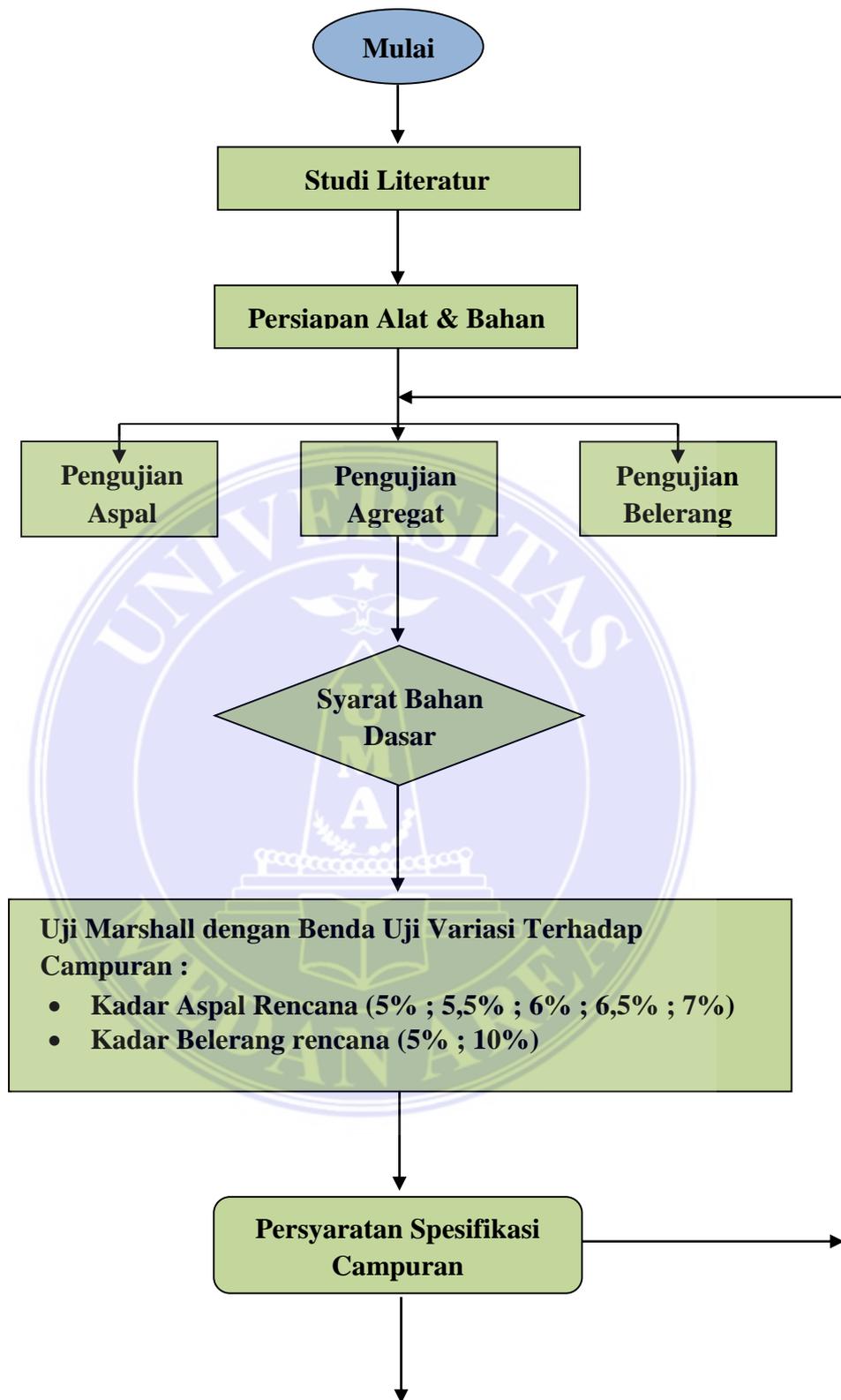
## **BAB III**

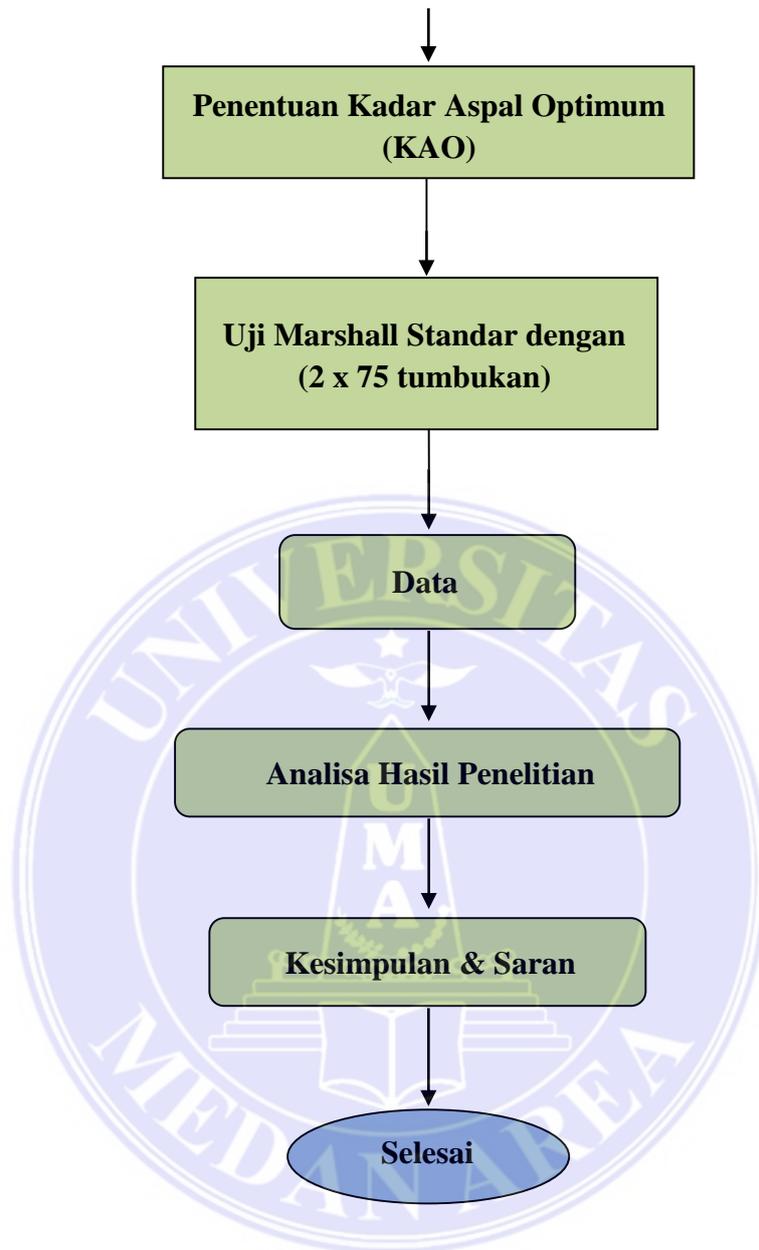
### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Umum**

Penelitian ini dilakukan di laboratorium PPS3 Balai Besar dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC). Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, flow, dan kemudian dapat dihitung Marshall Quotient-nya.

Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk memproses perencanaan penelitian campuran AC-WC terdapat pada bagan alir yang ditunjukkan dalam Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian

### 3.2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Agregat kasar, diperoleh dari PT. Karya Murni Perkasa di Patumbak.



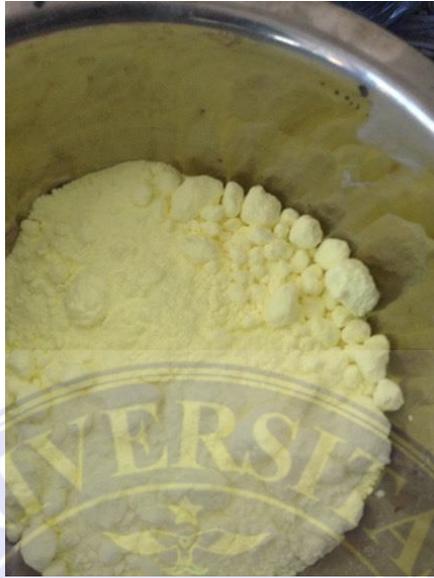
Gambar 3. 2 Agregat Kasar

- Begitu pula untuk agregat pengisi (*filler*) diperoleh dari PT. Karya Murni Perkasa di Patumbak.
- Agregat halus diperoleh dari PT. Karya Murni Perkasa di Patumbak.



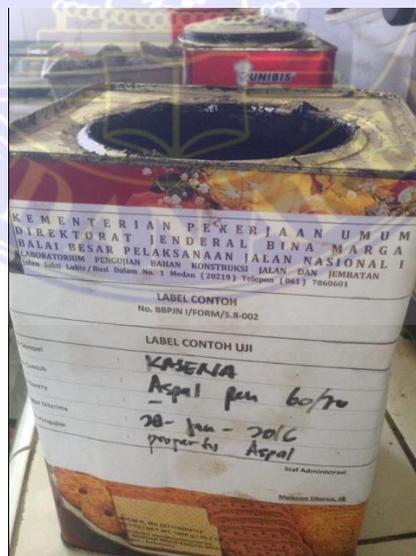
Gambar 3. 3 Agregat Halus

- Belerang diperoleh dari toko bangunan Jalan Lau Dendang.



Gambar 3. 4 Belerang

- Untuk bahan aspal menggunakan aspal KASENA dengan penetrasi 60/70



Gambar 3. 5 Aspal Kesenea

### 3.3. Peralatan Penelitian

- Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji kelarutan (CCI4).

- Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin Los Angeles (tes abrasi), saringan standar (yang terdiri dari ukuran  $\frac{3}{4}$ " ,  $\frac{1}{2}$ " ,  $\frac{3}{8}$ " , #4, #8, #16, #30, #50 dan #200), alat uji kepipihan, alat pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung sand equivalent.



Gambar 3. 6 Ayakan dan Timbangan

- Alat Pencampuran Agregat Aspal

Alat uji yang digunakan meliputi:

- Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2cm (4inch) dengan tinggi 7,5cm (3inch) untuk Marshall standar.



Gambar 3. 7 Alat Pencetak Aspal

- Penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8cm, berat 4,5kg (10lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7cm (18inch).



Gambar 3. 8 Penumbuk Otomatis

- Ejector untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.



Gambar 3. 9 Ejector

- Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- Alat-alat penunjang yang meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, spatula, timbangan dan tip-ex/cat minyak yang digunakan untuk menandai benda uji.



Gambar 3. 10 Alat Uji Marshall

#### 3.4. Pengujian Marshall

- Dilakukan penimbangan agregat sesuai dengan persentase pada target gradasi yang diinginkan untuk masing-masing fraksi dengan berat campuran kira-kira 1200 gram untuk diameter 4 inchi, kemudian dilakukan pengeringan campuran agregat tersebut sampai beratnya tetap sampai suhu ( $\pm 150$ )°C.
- Dilakukan penimbangan belerang dengan kadar yang sudah direncanakan untuk pencampuran.
- Dilakukan pemanasan aspal untuk pencampuran pada viskositas kinematic  $100 \pm 10$  centistokes. Agar temperatur campuran agregat dan aspal tetap maka pencampuran dilakukan di atas pemanas dan diaduk hingga rata.
- Setelah temperatur pemadatan tercapai yaitu pada viskositas kinematik  $100 \pm 10$  centistokes, maka campuran tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang telah dipanasi pada temperatur 100 hingga 170°, serta bagian bawah

cetakan diberi sepotong kertas filter atau kertas lilin (*waxed paper*) yang telah dipotong sesuai dengan diameter cetakan sambil ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 15 kali di bagian tepi dan 10 kali di bagian tengah.

- Pemadatan standar dilakukan dengan pemadat manual dengan jumlah tumbukan 75 kali di bagian sisi atas kemudian dibalik dan sisi bagian bawah juga ditumbuk sebanyak 75 kali.
- Setelah proses pemadatan selesai benda uji didiamkan agar suhunya turun, setelah dingin benda uji dikeluarkan dengan ejektor dan diberi kode, dan didinginkan selama 24 jam.
- Setelah 24 jam berlalu benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel dan diukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm.
- Kemudian dilakukan uji density untuk mendapatkan berat diudara, berat jenuh dan berat didalam air.
- Benda uji dikeringkan dengan kain pada permukaan agar kondisi kering.
- Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam.
- Setelah itu dilakukan tes Marshall.
- Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, lalu diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian bagian atas kepala diletakkan dengan memasukkan lewat batang penuntun. Setelah pemasangan sudah lengkap maka diletakkan tepat di tengah alat pembebanan. Kemudian arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan di atas salah satu batang penuntun.
- Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.

- Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch) per menit, hingga kegagalan benda uji terjadi yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibuka arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat benda uji mengalami kegagalan adalah merupakan nilai stabilitas Marshall.
- Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan. Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari rendaman air sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 60 detik.

### **3.5.1. Pengujian Material Agregat**

Dalam pemilihan bahan agregat diupayakan menjamin tingkat penyerapan air yang paling rendah. Hal itu merupakan antisipasi atas hilangnya material aspal yang terserap oleh agregat. Agregat dapat terdiri atas beberapa fraksi, misalnya fraksi kasar, fraksi medium dan abu batu atau pasir alam. Pada umumnya fraksi kasar dan fraksi medium digolongkan sebagai agregat kasar. Sedangkan untuk abu batu dan pasir alam sebagai agregat halus. Disini peneliti menggunakan material yang telah diuji oleh Laboratorium PSP3 Balai Besar dan siap untuk dilanjutkan ke tahap pencampuran.

### 3.5.2. Pengujian Aspal

Penggunaan aspal Pen 60 disesuaikan dengan kondisi suhu udara rata-rata 25°C. Metode pengujian aspal sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dengan mengacu pada SNI 06-6399-2000 dengan ketentuan pada Tabel 3.4.

Tabel 3. 1 Ketentuan Aspal

No	Karakteristik	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Penetrasi; 25°C (0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 – 240
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3, Divisi 6

## DAFTAR PUSTAKA

Anas Tahir, Jurnal SMARTek, Vol. 7, No. 4, Nopember 2009: 256 – 278, *Karakteristik Campuran Beton Aspal (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara.*

Badan Standardisasi Nasional BSN, ICS 91.100.10, SNI 15-2049-2004, *Semen Portland.*

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, *Pemanfaatan Asbuton Buku 3 Campuran Beraspal Panas dengan Asbuton Olahan*, No: 001 - 03 / BM / 2006.

Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2009, Spesifikasi Khusus Seksi 5.7 *Lapis Pondasi Pasir Aspal.*

Hadi Ali, Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1, April 2011 *Karakteristik Campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai Filler.*

Mochamad Shamier, *Evaluasi Karakteristik Campuran Laston Ac – Wc*, 2008.

*Proyek Jalan Teori & Praktek*, Arthur Wignall Edisi Keempat, 2003.

Rian Putrowijoyo, *Kajian Laboratorium Sifat Marshall Dan Durabilitas Asphalt Concrete - Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler*, 2006.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2010, Revisi 3, Divisi 6 *Perkerasan Aspal.*

Vebby Permatasari Subono, *The Marshall Characteristics of Asphalt Concrete (AC) Mix with Merapi Volcanic Ash Filler*, 2011.

**LAMPIRAN  
DOKUMENTASI**



Ayakan

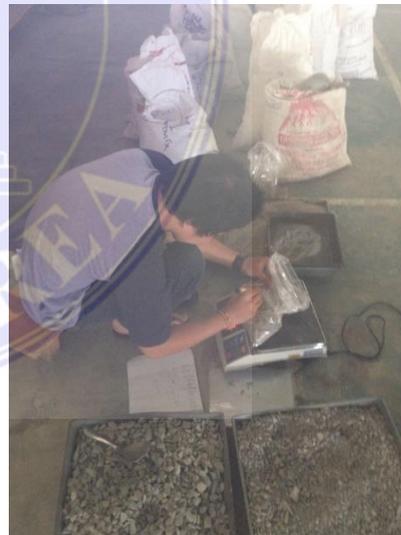


Pengumpulan agregat



b

Timbangan



Pengumpulan Agregat



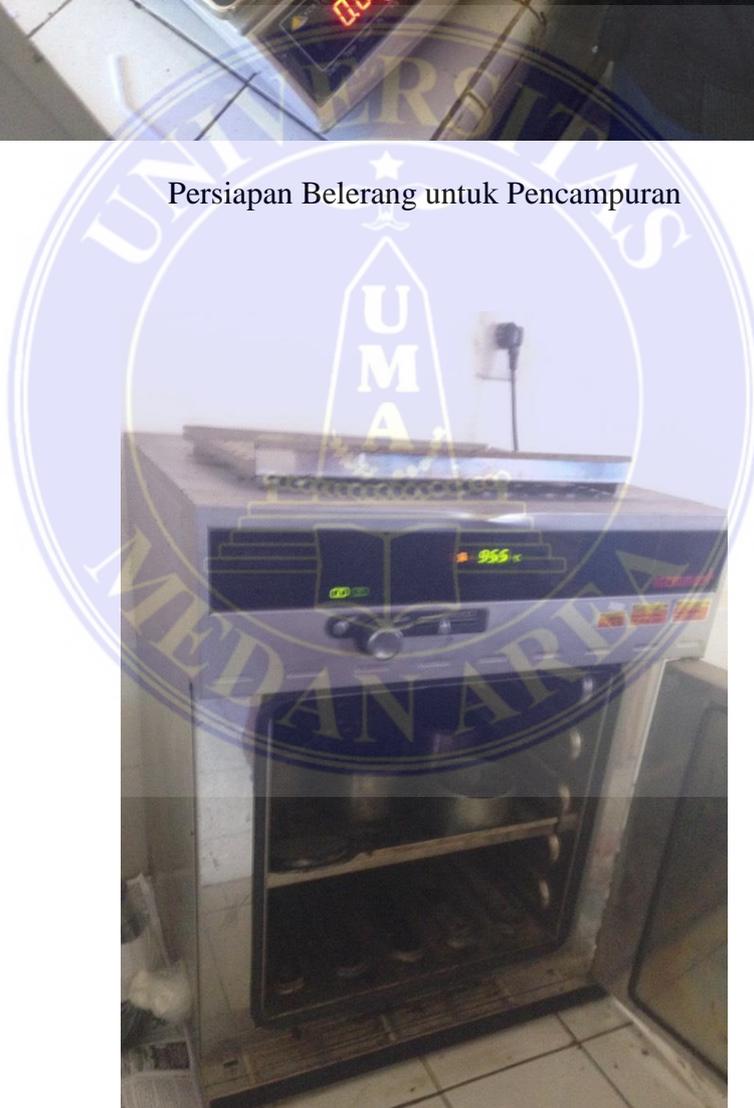
Agregat Siap Dicampur



Kompor untuk pencampuran agregat dan aspal



Persiapan Belerang untuk Pencampuran



Oven untuk Memanaskan Cetakan dan Aspal



Memaskan Agregat Sebelum di Campur dengan Aspal



Pencampuran Agregat dan Aspal



Campuran Beraspal Siap Ditumbuk



Benda Uji Siap di Keluarkan dari Cetakan