

**STUDI PENGARUH ABU HASIL PEMBAKARAN  
BATUBARATERHADAP CAMPURAN ASPAL BETON**

*STUDY ON ASH EFFECT OF COAL BUMMING RESULT  
TOWARDS CONCRETE ASPHALT MIXTURE*

**HIDAYAT MACHMUD**



**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**TESIS**

**STUDI PENGARUH ABU HASIL PEMBAKARAN BATUBARA  
TERHADAP CAMPURAN ASPAL BETON**

Disusun dan diajukan oleh

**HIDAYAT MACHMUD  
P2302209016**

Telah Dipertahankan di Depan Panitia Ujian Tesis  
Pada tanggal 03 Oktober 2013

Menyetujui  
Komisi Penasehat :



Prof. Dr. Ir.H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng.  
Ketua Penasehat



Dr. Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng.  
Anggota Penasehat

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil



Dr. Rudy Djamaluddin, ST, M.Eng.

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Ir. Mursalim

**STUDI PENGARUH ABU HASIL PEMBAKARAN  
BATUBARA TERHADAP CAMPURAN ASPAL BETON**

*Study On Ash Effect Of Coal Bumping Result Towards Concrete  
Asphalt Mixture*

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

HIDAYAT MACHMUD  
P2302209016

Kepada

**PROGRAM PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hidayat Machmud

Nomor Mahasiswa : P2302209016

Program Studi : Teknik Sipil

Konsentrasi : Transportasi

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 12 Agustus 2013

Yang menyatakan,

Hidayat Machmud

## PRAKATA

SyukurAlhamdulillahRabbilalamin, penulis haturkan kehadiran Allah SWT,yang telahmelimpahkanrahmat, danhidayah-Nyasehinggapenyusunantesisinidapatdiselesaikansebagaimanamestinya.

Gagasan yang melatar belakangi penulisan ini adalah hasil dari pengamatan kerusakan jalan beraspalt hasil produksi asfalt Mixing Plant (AMP), khususnya terkait dengan pengalihan bahan pembakar material yang digunakan dari minyak ke batubara. Penelitian ini di lakukan di laboratorium Jalan dan Asfalt Politeknik Negeri Ujung Pandang untuk menganalisis pengaruh campuran hasil pembakaran minyak dan batubara pada AMP. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya, serta dapat memberikan masukan khususnya bagi pengelola pekerjaan jalan beraspalt.

Penulis sadar dengan keterbatasan pengetahuan, dan kemampuan, tesis ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kami terbuka menerima saran dan masukan demi kesempurnaan tesis ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng dan Dr. Rudy Djamaluddin, ST.M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran-saran kepada penulis hingga tesis ini dapat terselesaikan.

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng sebagai Ketua Komisi Penasihat dan Dr. Rudy Djamaluddin, ST. M.Eng sebagai Anggota

Komisi Penasihat atas bantuan dan bimbingan yang telah diberikan mulai dari penelitian sampai dengan terwujudnya penulisan tesis ini.

2. Prof. Dr. H. Lawalenna Samang, M.S., M. Eng, Prof. Dr. -Ing. Herman Parung, M.Eng, Ir. Ahmad Bakri Muhiddin, M.Sc., Ph.D. selaku tim penilai yang telah banyak memberikan saran/masukan yang sangat berharga dalam rangka perbaikan tesis ini.
3. Kepala Laboratorium Jalan dan Asfalt Politeknik Negeri Ujung Pandang atas bantuan dan kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk melakukan penelitian dilaboratorium Jalan dan Asfalt Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ir. Efrain Bara, Ir. Andi Maal Latif MT, Imran Madjid, serta rekan-rekan laboratorium yang banyak membantu dalam penelitian di Laboratorium Jalan dan Asfalt Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Staf dan karyawan PT. AMALIA JAYA PRATAMA atas segala bantuan dan doa yang telah diberikan.
6. Mohon maaf kepada semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu namun sangat banyak membantu dalam menyampaikan tesis ini.

Akhirnya ucapan terima kasih saya kepada keluarga, Istri *Rosfianti Hidayat* SE dan Anak-anak yang tercinta *Amaliah Fildzah Asila Hidayat*, *Fuad Alfariq Hidayat*, *Farhan Sadiq Hidayat*, *Muhammad Arul Hidayat* atas segala pengorbanan dan doa yang telah diberikan selama menempu pendidikan

Makassar, 12 Agustus 2013

Hidayat Machmud

## ABSTRAK

**HIDAYAT MACHMUD.** *Studi Pengaruh Abu Hasil Pembakaran Batubara Terhadap Campuran Asfalt Beton* (dibimbing oleh Muhammad Saleh Pallu dan Rudy Djamaluddin)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran asfalt beton (AC-WC) hasil pembakaran dengan minyak dan batubara.

Pelaksanaan penelitian dengan mengambil masing-masing material hasil pembakaran minyak dan batubara pada asfalt mixing plant (AMP), selanjutnya dilakukan pencampuran dengan mengambil nilai kadar asfalt yang sama dalam pembuatan bricket dengan 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Kemudian dilakukan perendaman untuk uji Marshall, foto SEM dan EDX.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembakaran material dengan batubara pada drayerasfalt mixing plant (AMP) memberikan pengaruh dengan adanya penambahan jumlah filler dibandingkan dengan hasil pembakaran dengan minyak. Dari hasil uji Marshall karakteristik campuran asfalt hasil pembakaran agregat dengan batubara diperoleh kadar asfalt optimum 6,4% sedangkan hasil pembakaran agregat dengan minyak diperoleh kadar asfalt optimum 6.25%. Hal ini menunjukkan bahwa pada pembakaran batubara terjadi penambahan filler dari sisa abu batubara sebagai material pada campuran Asfalt Beton



## ABSTRACK

**HIDAYAT MACHMUD.** *Study on Ash Impact of Coal Burning Result towards Concrete Asphalt Mixture* (supervised by Muhammad Saleh Pallu and Rudy Djamaluddin).

The research aimed at finding out the characteristic of the concrete asphalt mixture (AC-WC) as the result of the fuel oil and coal burning.

The research was carried out by taking each material of the result of the fuel oil burning and coal burning on the asphalt mixing plant (AMP). The mixing was then carried out by taking the same asphalt content value in the briquette making with 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, and 6.5%. The immersion was then conducted for the Marshall's test, SEM and EDX photos.

The research result indicates that the material burning with the coal on the drayer of the asphalt mixing plant (AMP) gives the impact by the addition of the filler amount compared with the result of the fuel oil burning. From the result of the Marshall's test, the asphalt mixture characteristic of the aggregate burning result with the coal is obtained the optimum asphalt content of 6.4%, whereas the aggregate burning result with the fuel oil is obtained the optimum asphalt content of 6.25%. This indicates that the coal burning occurs the filler addition from the coal ash residue as the material on the concrete asphalt mixture.





## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Ruang Lingkup Permasalahan	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Umum	6

B. Asfalt	6
C. Agregat	11
D. Gradasi Campuran AC-WC	19
E. Persyaratan Perencanaan Campuran Beraspalt Panas	23
F. Pengujian Analisa Campuran AC-WC	29
G. Metoda Uji Marshal Test	31
H. Penelitian yang Telah Dilakukan	34
I. Kerangka Konseptual	35
<b>III. METODE PELAKSANAAN PENELITIAN</b>	
A. Umum	36
B. Bagan Alir Penelitian	38
C. Bahan Penelitian	39
D. Peralatan Penelitian	39
E. Pengujian dan Persyaratan Bahan	44
F. Metoda Campuran AC-WC	45
G. Pengujian Marshall	48
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Hasil Penelitian	52
B. Pembahasan Hasil Penelitian	65
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan	112
B. Saran	113

**DAFTAR TABEL**

Nomor		halaman
1.	Pengujian dan persyaratan asfalt penetrasi 60-70 (PU. Binamarga, 2010)	11
2.	Pengujian dan persyaratan agregat dan filler	13
3.	Gradasi agregat untuk campuran asfalt (Sukiman, 2003 : 114)	21
4.	Ketentuan sifat-sifat campuran asfalt	27
5.	Gradasi Gabungan Agregat Hot Bin AMP Campuran AC-WC	46
6.	Hasil penelitian sifat fisik agregat	52
7.	Hasil penelitian sifat fisik agregat halus abu batu	53
8.	Hasil pemeriksaan sifat fisik asphalt penetrasi 60/70	55
9.	Hasil pengujian marshall dan ekstraksi dari pembakaran dengan Minyak	60
10.	Hasil Pengujian marshall dan ekstraksi dari pembakaran dengan batubara	63
11.	Hasil Uji marshall kadar asfalt terhadap nilai density	66
12.	Hasil uji marshall kadar asfalt terhadap nilai VMA	67
13.	Hasil Uji Marshall kadar asfalt terhadap nilai VFB	68
14.	Hasil uji marshall kadar asfalt terhadap nilai VIM	70
15.	Hasil uji marshall kadar asfalt terhadap nilai Stabilitas	71
16.	Hasil uji marshall kadar asfalt terhadap nilai flow	73
17.	Hasil uji marshall kadar asfalt terhadap nilai MQ	74

18.	Komparsi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap pembakaran minyak dan batubara	76
19.	Hubungan kadar aspalt terhadap density hasil komparasi pembakaran minyak dan batubara	79
20.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai VMA	81
21.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai VFB	84
22.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai VIM	86
23.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai Stabilitas	89
24.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai flow	91
25.	Komparasi hasil pengujian marshall dan ekstraksi terhadap nilai MQ	93
26.	Komparasi hasil Foto SEM dan EDX hasil pembakaran minyak dan batubara	98
27.	Komparasi hasil Foto SEM dan EDX hasil pembakaran minyak dan batubara	101
28.	Komparasi hasil Foto SEM dan EDX hasil pembakaran minyak dan batubara	104
29.	Komparasi hasil foto SEM dan EDX hasil pembakaran minyak dan batubara	107
30.	Komparsi hasil foto SEM dan EDX hasil pembakaran minyak dan batubara	110

**DAFTAR GAMBAR**

Nomor	halaman
1. Stockpile batubara dari tambang	15
2. Batubara dalam bentuk agregat kasar	16
3. Batubara dalam bentuk filler	16
4. Alat proses pengolahan batubara dari agregat kasar ke filler	18
5. Burner dan instalasi pembakaran batubara	18
6. Dryer burner sisi depan dan kompos	19
7. Spesifikasi gradasi campuran ukuran max 19 mm (AC-WC)	21
8. Alat uji marshall test	34
9. Kerangka konseptual	35
10. Diagram alir penelitian	38
11. Target Gradasi Ukuran Max 19 mm	46
12. Penentuan kadar asfalt penetrsai 60/70 hasil pembakaran dengan minyak	61
13. Penentuan kadar asfalt optimum penetrasi 60/70 hasil pembakaran dengan batubara	63
14. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai density	66
15. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai VMA	67
16. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai VFB	68
17. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai VIM	70
18. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai stabilitas	71
19. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai flow	73
20. Grafik hubungan kadar asfalt terhadap nilai MQ	74

21.	Penentuan kadar aspalpenestrasi 60 / 70 komparasihasil pembakaran minyak dan batubara	78
22.	Komparsi hubungan kadar asfalt terhadap nilai berat isi	78
23.	Komparasi hubungan kadar asfalt terhadap nilai VMA	81
24.	Komparasi hubungan Kadar asfalt terhadap nilai VFB	83
25.	Komparasi hubungan Kadar asfalt terhadap nilai VIM	86
26.	Komparasi hubungan Kadar asfalt terhadap nilai Stabilitas	89
27.	Komparasi hubungan Kadar Asfalt terhadap nilai flow	91
28.	Komparasi hubungan Kadar asfalt terhadap nilai MQ	94
29.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Batubara	96
30.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Aspal Minyak	97
31.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Aspal Minyak	99
32.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Batubara	100
33.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Aspal Minyak	102
34.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Batubara	103
35.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Aspal Minyak	105
36.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Batubara	106
37.	Hasil foto SEM dan EDX campuran Aspal Minyak	108
38.	Hasil foto SEM dan EDX campuran batubara	109
39.	Hasil foto SEM dan EDX batubara	111

## ARTI LAMBANG SINGKATAN

AASHTO	= <i>Assosiation of American Society Highway Transport Organization</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
ASTM	= <i>American Society for Testing and Material</i>
BS	= <i>British Standards Institution</i>
Gsb	=Berat jenis bulk/curah agregat
Gse	=Berat jenis semu total agregat
Gsb <sub>tot agregat</sub>	=Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)
P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , ....., P <sub>n</sub>	=Persen berat semu masing-masing fraksi agregat 1,2,n
Gsb <sub>1</sub> , Gsb <sub>2</sub> , Gsb <sub>3</sub> , ...,Gsb <sub>n</sub>	=Berat Jenis Kering dari masing-masing agregat 1, 2, 3, ..., n
Gsa <sub>1</sub> , Gsa <sub>2</sub> , Gsa <sub>3</sub> , ...,Gsa <sub>n</sub>	=Berat Jenis Kering dari masing-masing agregat 1, 2, 3, ..., n
Gse <sub>tot agregat</sub>	=Berat jenis efektif agregat gabungan
Gse <sub>1</sub> , Gse <sub>2</sub> , Gse <sub>3</sub> , ...,Gse <sub>n</sub>	=Berat Jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, 3, ..., n
V <sub>bulk</sub>	=Volume campuran setelah pemadatan (cc)
W <sub>SSD</sub>	=Berat dalam kondisi kering permukaan (gr)
WW	=Berat dalam air (gr)
Gmb	=Berat jenis cura campuran padat (ASTM D 2726)
Gmm	=Berat jenis campuran maksimum (tidak ada rongga udara)
Pmm	=Persen total campuran lepas/persen terhadap berat total campuran
P <sub>b</sub>	=Kadar asfalt, persen asfalt terhadap berat total campuran
P <sub>ba</sub>	=Penyerapan asfalt, persen total agregat (%)
P <sub>be</sub>	=Kadar asfalt epektif, persen total campuran (%)
P <sub>f</sub>	=Prosentase kadar <i>Filler</i> terhadap total campuran (%)
P <sub>s</sub>	=Kadar agregat total, persen agregat terhadap berat total campuran
Puslitbang	=Pusat penelitian Pengembangan
G <sub>b</sub>	=Berat jenis dari asfalt
VIM	= <i>Void in the Mix</i> / Rongga udara padat, persen dari total volume
VMA	=Rongga udara agregat mineral (persen volume curah)
VFA	= <i>Void Filled with Asphalt</i> / Rongga udara yang terisi asfalt, persen dari VMA
MQ	= <i>Marshall Qoutient</i>

MS	= <i>Marshall Stability</i>
Msi	=Stabilitas <i>Marshall</i> setelah pemadatan 24 jam pada temperatur 60 <sup>0</sup> C
MSs	=Stabilitas <i>Marshall</i> standar pada perendaman selama 30-40 menit pada temperatur 60 <sup>0</sup> C
SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>
Superpave	= <i>Superior Performing Asphalt Pavement</i>
IRS	= <i>Indeks of Retained Strength.</i>



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Dokumentasi Pelaksanaan Penelitian

Lampiran B : Pengujian Campuran Hasil Pembakaran Batubara

Lampiran C : Pengujian Campuran Hasil Pembakaran Minyak

Lampiran D : Pengujian Karakteristik Asfalt

Lampiran E : Pengujian Karakteristik Agregat Filler

Lampiran F : Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Peningkatan penggunaan batubara sekarang ini bukan hanya pada pembangkit listrik tenaga uap (*PLTU*) tetapi beberapa industri di Indonesia juga telah menggunakan batubara dalam kegiatan operasionalnya. Salah satu industri yang dalam pengolahan bahan bakunya menggunakan minyak dan sekarang dialihkan pemerintah ke batubara adalah Asphalt Mixing Plant (*AMP*). Batubara merupakan salah satu energy panas yang bisa menggantikan fungsi minyak sebagai pemanas material untuk campuran asfalt panas. Penggunaan batubara selain menghasilkan energy juga menghasilkan limbah dalam bentuk gas dan padatan. Gas buangan sisa pembakaran seperti  $\text{SO}_3$ ,  $\text{NO}_x$  atau  $\text{CO}_2$  akan langsung terbang ke udara sedangkan limbah lainnya berupa abu batubara. Secara umum abu batubara dapat didefinisikan sebagai material sisa yang tidak habis terbakar. Terdapat dua macam abu batubara yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Abu dasar yang tertinggal dari hasil pembakaran diperkirakan kurang lebih 10% sampai dengan 20% dari total abu batubara hasil pembakaran dan biasanya terdapat dibagian bawah. Abu dasar ini berwarna gelap dan butirannya bervariasi dari ukuran pasir hingga kerakal (*pebble*). Komposisi

kimia abu dasar didominasi  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{CaO}$ , dibandingkan dengan abu terbang abu dasar umumnya mengandung kadar sisa karbon (Loss on Ignition) yang lebih tinggi. Abu terbang merupakan bagian terbesar 80% atau lebih dari abu batubara hasil pembakaran. Abu tersebut mempunyai ukuran butir yang halus, lebih kecil dari 200  $\mu\text{m}$  dan berwarna lebih terang ke abu-abuan bila dibanding dengan abu dasar. Abu terbang didominasi oleh alumina dan silica (aluminosilikat) unsur lain yang juga berperan adalah oksida besi dan kalsium. Abu batu terbang mempunyai komposisi kimia yang menyerupai aluminosilikat lainnya, seperti lempung. Berat jenisnya berkisar antara 1,95 - 2,95  $\text{g/cm}^3$ . Abu batubara sebagai filler untuk aspal telah banyak digunakan di beberapa Negara Eropa, tetapi hal ini belum dilakukan di Indonesia. (1996. Herry Prijatama, Tri Sumarnadi. *Puslitbang Geoteknologi LIPI Bandung*). Kerusakan perkerasan jalan beraspal akhir-akhir ini banyak dikaitkan dengan penyebab penggunaan batubara yang digunakan dalam pemanasan atau pembakaran material campuran aspal panas. Hal ini terjadi, mungkin disebabkan karena batubara yang digunakan dalam bentuk butiran halus dan terbakar bersamaan dengan agregat lainnya. Oleh sebab itu penulis akan melakukan penelitian terhadap campuran aspal dengan menggunakan pembakaran batubara dan juga campuran aspal dengan menggunakan minyak. Yang menjadi obyek dalam penelitian ini adalah campuran aspal yang dihasilkan dari pemanasan material dengan menggunakan batubara, pengaruhnya terhadap material filler, agregat dan aspal, dibandingkan

dengan campuran aspal yang dihasilkan dari pemanasan material dengan menggunakan minyak.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat diidentifikasi masalah :

1. Menkaji bagaimana pengaruh yang ditimbulkan batubara sebagai pemanas material, terhadap spesifikasi campuran aspal beton.
2. Mengkaji karakteristik Marshall dari campuran aspal beton (AC-WC) hasil pembakaran agregate dengan menggunakan batubara.
3. Membandingkan campuran yang dihasilkan dari pembakaran material dengan batubara dan minyak terhadap kinerja campuran aspal beton panas.

## **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian yang akan dicapai antar lain :

1. Menentukan korelasi besarnya pengaruh gradasi gabungan di laboratorium hasil pembakaran material dengan minyak dan gradasi gabungan hasil pembakaran dengan batubara pada *Asphalt Mixing Plant (AMP)* terhadap campuran laston (AC-WC) dengan uji karakteristik dan Marshall.
2. Menentukan nilai kadar aspal optimum campuran aspal beton dengan adanya penambahan abu batubara yang ikut pada filler.

3. Memberikan solusi pemanfaatan batubara yang digunakan untuk pembakar material campuran aspal beton panas pada AMP, sebagai pengganti bahan bakar minyak yang semakin mahal dan mulai langka.

#### **D. Batasan Ruang Lingkup Penelitian**

Demi tercapainya maksud dan tujuan dari penulisan ini serta menghindari agar ruang lingkungannya tidak terlalu meluas maka pembahasan penulisan dibatasi pada:

1. Campuran aspal beton yang dipakai dalam penelitian ini terdiri ;
  - a. Aspal keras penetrasi 60/70 produksi pertamina
  - b. Agregat (kasar, halus dan abu batu) berasal dari Bili-bili Kab. Gowa yang diambil dari cold Bin Asplat Mixing Plant (AMP)
  - c. Batubara dari stockpile di AMP yang berasal Maros dan sekitarnya.
2. Perencanaan campuran Formula di laboratorium menggunakan perencanaan gradasi campuran untuk lapis perkerasan laston AC-WC dengan mengacu pada spesifikasi baru Beton Aspal Campuran Panas.

3. Pembuatan benda uji dilaboratorium menggunakan agregat bahan campuran dari hasil pengolahan atau pembakaran material dengan minyak dan batubara melalui *Asphalt Mixing Plant (AMP) Type Batch*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Umum**

Pemilihan sumber bahan agregat, harus memperhitungkan asfalt yang mungkin akan hilang akibat penyerapan agregat. Oleh karena itu diupayakan untuk menjamin bahwa agregat yang digunakan adalah agregat dengan tingkat penyerapan air yang rendah sehingga asfalt yang diserap menjadi kecil.

Agregat terdiri atas beberapa fraksi misalnya fraksi kasar, fraksi medium dan abu batu atau pasir alam. Pada umumnya fraksi kasar dan medium dapat dikelompokkan sebagai agregat kasar dan abu batu atau pasir sebagai agregat halus. Agregat yang terdiri atas beberapa fraksi sering disebut sebagai batu pecah 2-3, batu pecah 1-2, batu pecah 0,5-1, pasir dan bahan pengisi (filler).

Prosedur pencampuran harus mengikuti ketentuan dan spesifikasi untuk menjamin agar anggapan-anggapan mengenai kadar asfalt, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan dapat dipenuhi.

#### **B. Asfalt**

Asfalt didefinisikan sebagai material cair yang memiliki daya lekat, berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat

sampai agak padat, bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Fungsi utama asfalt pada konstruksi perkerasan jalan adalah:

- a. Sebagai bahan pengikat, dapat memberikan ikatan yang kuat antara asfalt dan agregat dan antara asfalt itu sendiri.
- b. Sebagai bahan pengisi, dapat mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.
- c. Asfalt harus memiliki daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan dapat memberikan sifat elastic yang baik, hal ini sangat tergantung pada :

1. Tingkat penetrasi

Penetrasi, dimaksud untuk menentukan nilai kekentalan suatu asfalt, keras atau lembek (solid atau semi solid) dengan cara memasukkan jarum penetrasi dengan ukuran tertentu, beban tertentu, dalam waktu tertentu ke dalam asfalt, dan pada temperature tertentu.

2. Daktilitas

Daktilitas, dimaksud untuk menentukan jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi asfalt keras sebelum putus, pada temperature dan kecepatan tertentu. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menguji kekuatan tarik pada asfalt dengan cara mengukur jarak panjang yang dapat ditarik.



### 3. Titik lembek

Titik lembek, dimaksud untuk menentukan nilai titik lembek pada asfalt pada temperature antara  $30^{\circ}\text{C}$  sampai  $200^{\circ}\text{C}$ , yaitu temperatur pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun pada suatu lapisan asfalt yang tertahan dalam cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

- Titik nyala

Titik nyala, dimaksud untuk menentukan titik nyala asfalt, yaitu temperatur dimana asfalt terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan asfalt.

- Viskositas

Viskositas, dimaksud untuk menentukan kekentalan kinematik asfalt pada temperature antara  $60^{\circ}\text{C}$  dan  $135^{\circ}\text{C}$ .

- Kehilangan berat

Kehilangan berat, dimaksud untuk menentukan penurunan berat minyak asfalt dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat seluruhnya.

- Berat jenis (*Bulk specific gravity*)

Berat jenis, dimaksud untuk menentukan berat jenis asfalt keras dengan piknometer, yaitu perbandingan antara berat asfalt dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

Asfalt minyak merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi dengan hydrocarbon sebagai bahan dasar utama asfalt yang umum

disebut bitumen sehingga asfalt sering juga disebut bitumen. Jenis – jenis asfalt dapat dibedakan berdasarkan pada cara memperolehnya :

1. Asfalt Alam yang berasal dari :
  - a. Gunung dan disebut asfalt gunung (*rock asphalt*) seperti asfalt yang dari pulau buton.
  - b. Danau dan disebut asfalt danau (*lake asphalt*) seperti asfalt yang dari Bermudes dan Trinidad.
2. Asfalt buatan yang berasal dari:
  - a. Hasil penyulingan minyak bumi yang disebut asfalt minyak
  - b. Hasil penyulingan batubara yang disebut tar, tetapi tidak banyak digunakan karena cepat mengeras dan pekah terhadap temperature dan juga beracun.

Dari keempat jenis asfalt yang telah disebutkan diatas, asfalt minyak lebih banyak digunakan dan sudah teruji, sehingga untuk penelitian ini kami lebih fokus ke asfalt minyak. Asfalt merupakan material yang memiliki sifat visco-elastis, tergantung waktu pembebanannya. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat asfalt dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya, sedangkan pada kondisi saat masa pelayanan asfalt mempunyai sifat viscositas yang di bentuk dalam suatu nilai modulus kekakuan (Shell Bitumen, 1990). AASHTO (1982) menyatakan bahwa jenis asfalt keras ditandai dengan nilai penetrasi asfalt. Semakin besar angka penetrasi asfalt maka tingkat kekerasan asfalt semakin

rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi asfalt maka tingkat kekerasan asfalt semakin tinggi.

Di Indonesia terdapat beberapa tingkatan penetrasi asfalt yang dapat digunakan dalam campuran agregat yaitu asfalt dengan penetrasi:

- a. AC dengan penetrasi antara 40 – 50 (AC 40/50)
- b. AC dengan penetrasi antara 60 – 70 (AC 60/70)
- c. AC dengan penetrasi antara 80 – 100 (AC 80/100)
- d. AC dengan penetrasi antara 120 – 150 (AC 120/150)
- e. AC dengan penetrasi antara 200 – 300 (AC 200/300)

Asfalt memiliki sifat Rheologic (mekanis) yaitu hubungan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) yang dipengaruhi waktu. Bilamana mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebananyang sangat cepat, maka asfalt akan bersifat elastis tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspaltnya menjadi plastis (viscous).Semakin tinggi temperatur asfalt semakin rendah viscositasnya atau semakin encer, demikian pula sebaliknya, temperatur yang rendah viscositasnya menjadi tinggi. Jika dilihat dari sisi pelaksanaan asfalt dengan viscositas yang rendah akan menguntungkan karena asfalt akan menyelimuti agregat dengan lebih baik dan merata, tetapi pemanasan yang berlebihan terhadap asfalt akan merusak molekul-molekul asfaltitu sendiri, misalnya asfalt menjadi getas dan rapuh. Asfalt dalam campuran berperan sebagai selimut dalam bentuk tebal, film asfalt berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi kandungan pori udara

yang juga berarti mengurangi penetrasi air dalam campuran asfalt.

Pengujian dan persyaratan untuk asfalt seperti dalam Tabel 1

Tabel 1. Pengujian dan persyaratan asfalt penetrasi 60/70 (PU. Binamarga, 2010)

No	Pengujian	Metoda	Syarat		Satuan
			Min	Max	
1	Penetrasi (25C,100 gr 5 detik	SNI 06-2456-1991	60	70	0,1 mm
2	Titik Lembek ; C	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
3	Titik Nyala ; C	SNI 06-2433-1991	232	-	°C
4	Kelarutan dalam Trichlor Ethylen	SNI 06-2434-1991	99	-	% Berat
5	Daktalitas (25C cm)	SNI 06-2432-1991	100	-	Cm
6	Pen. setelah kehilangan berat	SNI-06-2456-1991	54	-	% asli
7	Daktalitas setelah kehilangan berat	SNI-06-2432-1991	100	-	Cm
6	Berat jenis	SNI 06-2488-1991	1	-	gr/cm3

### C. Agregat

Agregat didefinisikan sebagai material berbutir, mempunyai komposisi mineral yang keras dan penyal (solid) telah mengalami proses pengolahan melalui mesin pemecah batu dalam ukuran kasar, medium dan halus. Bentuk butiran agregat sangat menentukan kemampuan agregat untuk saling mengunci, serta menaikan derajat kepadatan yang harus dicapai setelah pemadatan. Proporsi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler) didasarkan pada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat di dalam campuran asfalt biasanya 90 sampai 95 persen

dari berat atau 75 sampai 85 persen dari volume. Shell (1990) mengelompokkan agregat menjadi 3 yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material yang tertahan pada saringan 2,36 mm, atau samadengan saringan *ASTM No. 8*. Dalam campuran asfalt, agregat kasar sangat penting dalam membentuk kinerja karena stabilitas dari campuran diperoleh dari interlocking antara agregat.

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan material yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui interlocking dan geseran antar partikel.

3. Agregat pengisi (*filler*)

Agregat pengisi (*filler*) merupakan material yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). *Filler* berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran, jumlah *filler* harus dibatasipada suatu batas yang menguntungkan. Terlalu tinggi kadar *filler* cenderung akan menyebabkan campuran menjadi getas dan mengakibatkan campuran mudah retak akibat beban lalu lintas. Sisi lain kadar *filler* yang terlalu rendah akan menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperature yang relatif tinggi.

Tabel 2. Pengujian dan Persyaratan agregat dan filler (PU. Binamarga, 2010)

Karakteristik	Metode Uji	Spesifikasi		Satuan
		Min	Maks	
<b>Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2)</b>				
Abrasi dengan mesin Los Angles	SNI-03-2417-1991	-	40	%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI-03-2439-1991	95	-	%
Angularis agregat	SNI-03-6877-2002	90	95	%
Partikel Pipih	SNI-03-4142-1996	-	10	%
Partikel dan lonjong	SNI-03-4142-1996	-	10	%
Material lolos saringan No.200	SNI-03-2417-1991	-	1	%
Kekekalan bentuk terhadap larutan	SNI-03-2407-1991	-	12	%
Natrium magnesium sulfat				
Berat Jenis Bulk	SNI-03-2417-1991	2,5		%
Berat Jenis Semua		2,5		%
Berat Jenis SSD		2,5		%
Penyerapan	SNI-03-1968-1990		3	%
Analisa saringan				
<b>Agregat Kasar (Batu Pecah 05-1)</b>				
Abrasi dengan mesin Los Angles	SNI-03-2417-1991	-	40	%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI-03-2439-1991	95	-	%
Agularitas agregat	SNI-03-6877-2002	90	95	%
Partikel Pipih	SNI-03-4142-1996	-	10	%
Partikel lonjong	SNI-03-4142-1996	-	10	%
Material lolos saringan No.200	SNI-03-2417-1991	-	1	%
Kekekalan bentuk terhadap larutan	SNI-03-2407-1991			%
Natrium magnesium sulfat	SNI-03-2407-1991			%
Berat Jenis Bulk	SNI-03-2417-1991	2,5	1	
Berat Jenis Semu		2,5		
Berat Jenis SSD		2,5		
Penyerapan			3	%
Analisa saringan	SNI-03-1968-1990			
<b>Agregat Halus (pasir)</b>				
Nilai setara pasir	SNI-03-4428-1997	50		%
Material lolos saringan No.200	SNI-03-6889-2002		8	%
Angularis	SNI-03-6877-2002	45	-	%
Kadar lempung	SNI-03-6874-2002		1	
Berat Jenis Bulk	SNI-03-2417-1991	2,5		
Berat Jenis Semu		2,5		
Berat Jenis SSD			3	%

Lanjutan Tabel 2

Karakteristik	Metode Uji	Spesifikasi		Satuan
		Min	Maks	
Penyerapan			3	%
Analisa Saringan	SNI-03-1968-1990			
<b>Abu Batu</b>		-		
Nilai setara pasir	SNI-03-4428-1997	50	-	%
Material lolos saringan No. 200	SNI-03-6889-2002	-	8	
Angularitas	SNI-03-6877-2002	45		%
Kadar Lampung	SNI-03-6874-2002		1	%
Berat Jenis Bulk	SNI-03-2417-1991	2,5		
Berat Jenis Semu		2,5		
Berat Jenis SSD		2,5	3	%
Penyerapan				
Analisa Saringan	SNI-03-1968-1990			
<b>Filler Semen</b>				
Berat Jenis		3,0	3,20	
<b>Filler Batu Gamping Dolomitan</b>				
Magnesium Oksida (MgO)		2,2	10,9	%
Berat Jenis Bulk	SNI-03-2417-1991	2,5		
Berat Jenis Semu		2,5		
Berat Jenis SSD		2,5		
Penyerapan			3	%

#### 4. Agregat Abu Batubara

Secara umum abu batubara dapat didefinisikan sebagai material sisa atau pengotor dari batubara (lempung, kuarsa, felspar) yang tidak habis terbakar dan berfusi dalam proses pembakaran karbon, hydrogen, sulfur, oksigen, dan penguapan air yang terkandung dalam batubara. Abu batubara umumnya berwarna gelap dan ukurannya bervariasi dari ukuran pasir hingga kerakal (pebble). Komposisi kimia abu batubara didominasi oleh  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,

$K_2O, MgO, SO_3$ , L.O.I (Loss on ignition). Abu batubara mengandung sejumlah kecil kandungan logam berat (sebagai trace metals) seperti Pb, Cr, Cd atau a-kuarsa.

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan selama ini menyimpulkan bahwa limbah batubara ternyata memiliki potensi untuk dimanfaatkan dan di kembangkan menjadi bahan atau produk yang berguna. Puslitbang Geoteknologi telah menetapkan abu batubara sebagai salah satu topik penelitian utamanya agar abu batubara dapat memberikan nilai tambah dan ekonomis dari limbah tersebut untuk dapat berguna bagi masyarakat banyak.

Dalam penelitian ini kajian yang akan dilakukan adalah mengamati pengaruh abu batubara dari hasil pembakaran yang digunakan dalam pemanasan material campuran asfalt beton pada AMP. Proses pengolahan pembakaran batubara pada AMP sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, gambar 2, gambar 3, dan gambar 4.



Gambar 1. Stockpile batubara dari tambang



Pada gambar 1, batubara masih dalam bentuk bongkahan hasil pengolahan dari sumber pengambilan, Untuk pembakaran material pada Asfalt Mixing Plant (AMP) pengolahan masih dilakukan dalam dua kali proses. Proses selanjutnya dilakukan dengan mengolah menjadi butiran yang lebih halus, menyerupai butiran yang lolos saringan no.1/2<sup>1</sup> seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Batubara dalam bentuk agregat kasar

Material pada gambar 2 kemudian diolah lagi menjadi butiran yang sangat halus berbentuk serbuk atau filler yang pengolahannya langsung berhubungan dengan burner dryer. Pengolahan ini berjalan pada saat pembakaran material pada dryer dilakukan ini dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Batubara dalam bentuk filler

Proses pengolahan batubara dari bentuk agregat ke bentuk serbuk yang menyerupai filler langsung dihubungkan dengan instalasi pembakaran pada burner AMP yang dilengkapi dengan Exhaust untuk menyemburkan serbuk batubara yang akan diikuti api seperti terlihat pada gambar 4.

Untuk membakar material pada AMP mulut Burner ditempatkan rapat pada muka Dryer sebagai tempat pemanasan semua agregat bahan campuran asfalt. Mulut Dryer dapat dilihat pada gambar 6. Sisa-sisa material pembakaran batubara dan agregat bercampur yang kemudian masuk ke masing-masing fraksi agregat sebagai bahan campuran asfalt beton. Untuk melihat sisa pembakaran dari batubara yang bercampur dengan agregat, perlu dilakukan penelitian dilaboratorium dengan cara mengambil sample dari masing-masing fraksi agregat hasil pembakaran dengan batubara dan juga yang dibakar dengan minyak sebagai pembandingan. Setelah diadakan gradasi terhadap masing-masing fraksi agregat, akan terlihat dengan jelas perbedaannya khususnya pada fraksi filler atau yang lolos saringan no. 200. Penelitian selanjutnya adalah membuat formula campuran asfalt untuk membuat bracket dengan kadar asfalt yang sama terhadap campuran yang dibakar dengan batubara maupun yang dibakar dengan minyak dengan maksud agar perbedaannya dapat terlihat dengan jelas. Pengaruh akibat adanya penambahan pada filler dalam campuran asfalt dapat dilihat dari hasil pemeriksaan VIM, VMA, VFB, Flow, MQ dan Stability, apakah campuran

yang dihasilkan dari masing-masing pembakaran dapat memenuhi spesifikasi campuran asfalt beton AC-WC.

Alat pengolahan batubara dari bongkahan pada gambar 1 sampai dengan batubara yang berbentuk serbuk atau filler pada gambar 3 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alat proses pengolahan batubara dari agregat kasar ke piller



Gambar 5. Burner dan instalasi pembakaran batubara



Gambar 6. Dryer Burner sisi depan dan kompor

#### **D. Gradasi Campuran AC – WC**

Gradasi merupakan distribusi material berdasarkan ukuran agregat yang sangat penting dalam menentukan karakteristik campuran. Gradasi agregat sangat mempengaruhi rongga-rongga yang akan menentukan karakteristik dalam proses pelaksanaan di laboratorium maupun di AMP. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi :

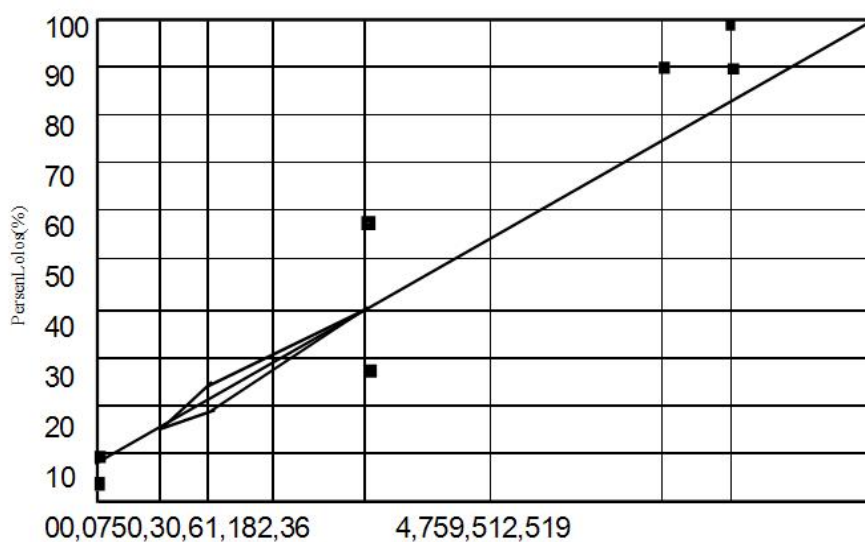
1. Gradasi seragam (uniform graded) yaitu gradasi yang ukuran agregatnya hampir sama atau sejenis sedikit mengandung agregat halus sehingga tidak dapat mengisi rongga antara agregat. Gradasi ini disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapis perkerasan dengan sifat permeabilitas yang tinggi, stabilitas rendah dan berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (dense graded) yaitu gradasi campuran antara agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, disebut juga bergradasi baik sehingga gradasi ini dapat menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air dan berat volumenya besar.
3. Gradasi senjang (gap graded) gradasi ini merupakan campuran yang tidak memenuhi 2 (dua) kategori diatas. Biasanya digunakan untuk lapis perkerasan lentur yang merupakan campuran dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit dengan mengutamakan keawetan tinggi (durabilitas tinggi) yang diperoleh dari selimut asfalt (film thickness) yang tebal. Dalam pembuatan rancangan campuran bergradasi senjang yang lebih dulu ditentukan adalah kadar aspalnya, kemudian dicari gradasinya yang sesuai dengan spesifikasi atau gradasinya yang divariasikan.

Spesifikasi baru beton asfalt menetapkan gradasi dengan 2 (dua) spesifikasi khusus yaitu target gradasi berada dalam batas titik-titik kontrol dan menghindari daerah penolakan seperti Tabel 3 dan Gambar 7. Titik-titik kontrol berfungsi sebagai batas rentang dimana suatu target gradasi harus lewat titik-titik tersebut diletakkan di ukuran maksimum nominal dan dipertengahan saringan (2,36 mm) dan ukuran saringan terkecil (0,075 mm).

Tabel 3. Gradasi agregat untuk campuran asfalt (Sukiman,2003 :114)

UKURAN AYAKAN		% BERAT YANG LOLOS						
		LATASIR (SS)		LATASTON (HRS)		LASTON (AC)		
ASTM	(mm)	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	BC	Base
1,5"	37,500							100
1"	25,000						100	90 – 100
¾"	19,000	100	100	100	100	100	90 - 100	MAKS. 90
½"	12,50			90-100	90-100	90-100	MAKS. 90	
3/8"	9,500	90-100		75- 85	65-100	MAKS. 90		
NO. 8	2,360		75-100	50- 72	1	28-58	23 - 39	19 – 45
NO. 16	1,180							
NO. 30	0,600			35- 60	15-35			
NO. 200	0,075	15-Oct	13-Aug	12-Jun	9-Feb	10-Apr	8-Apr	3 – 7
DAERAH TLARANGAN								
NO. 4	4,750					-	-	39,52
NO. 8	2,360					39,10	34,60	26,80-30,80
NO. 16	1,180					25,60-1,60	22,30-28,30	18,1-24,10
NO. 30	0,600					19,10-3,10	16,70-20,70	13,60-17,60
NO. 50	0,300					15,50	13,70	11,40



Gambar 7. Spesifikasi gradasi campuran ukuran max 19 mm (AC-WC)

Daerah penolakan terletak di antara pertengahan saringan dan saringan 0,3 mm. Gradasi yang melewati daerah penolakan disebut “humped gradation” karena bentuk hump (punggung bukit) daerah ini. Di dalam campuran, daerah penolakan ini menunjukkan terlalu banyak pasir halus dari seluruh total pasir, sehingga mengalami kesulitan dalam pemadatan dan mengurangi ketahanan terhadap deformasi selama umur rencana. Gradasi yang mengikuti garis kepadatan (density) maksimum seringkali memberikan VMA (void in mineral aggregate) yang tidak mencukupi untuk memberikan kadar aspal yang sesuai dalam menghasilkan keawetan campuran beraspal panas.

Kennedy (1996) menyarankan untuk menghasilkan kinerja jalan yang baik dengan volume lalu lintas yang tinggi dipilih target gradasi yang lewat di bawah daerah penolakan. Gradasi agregat gabungan baik yang dilaksanakan di laboratorium maupun di Cold Feed Bin di AMP, untuk gradasi agregat gabungan di laboratorium harus dilaksanakan berdasarkan hasil analisis saringan, untuk itu ditentukan berat ukuran agregat dengan persentase yang telah ditetapkan terlebih dahulu dalam target gradasi campuran AC-WC, target gradasi ditentukan sesuai spesifikasi ukuran agregat maksimum 19 mm. Sedangkan gradasi agregat gabungan di Cold Feed Bin di AMP didasarkan pada keseimbangan saringan yang ada di Cold Feed Bin untuk campuran AC-WC, terdiri dari Cold Bin I (abu batu), Cold Bin II (0,5-1), Cold Bin III (agregat kasar 1-2), dan Cold Bin IV (agregat kasar 2-3).

## **E. Persyaratan Perencanaan Campuran Beraspal Panas**

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencapai sifat-sifat akhir dari campuran asfalt yang diinginkan (Asphalt Institute 1993). Tujuan dari perencanaan campuran asfalt adalah untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan aspal yang akan menghasilkan campuran asfalt yang memiliki sifat-sifat campuran sebagai berikut:

### **a. Stabilitas**

Kemampuan campuran asfalt untuk menahan deformasi permanen yang disebabkan oleh lalu lintas, baik beban yang bersifat statis maupun dinamis sehingga campuran akan tidak mudah aus, bergelombang, melendut, bergeser dan lain-lain.

### **b. Fleksibilitas**

Kemampuan campuran asfalt untuk menahan terhadap defleksi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keretakan yang disebabkan oleh :

- 1) Beban yang berlangsung lama yang berakibat terjadinya kelelahan pada lapis pondasi atau pada tanah dasar yang disebabkan oleh pembebanan sebelumnya.
- 2) Lendutan berulang yang disebabkan oleh waktu pembebanan lalu lintas yang berlangsung singkat.
- 3) Adanya perubahan volume campuran.



### c. Durabilitas

Kemampuan campuran asfalt untuk mempertahankan kualitasnya dari disintegrasi atas unsur-unsur pembentuknya yang diakibatkan oleh beban lalu lintas dan pengaruh cuaca. Campuran asfalt harus mampu bertahan terhadap perubahan yang disebabkan oleh :

- 1) Proses penuaan pada asfalt dimana asfalt takan menjadi lebih keras. Hal ini disebabkan oleh pengaruh oksidasi dari udara dan proses penguapan yang berakibat akan menurunkan daya lekat dan kekenyalan asfalt.
- 2) Pengaruh air yang menyebabkan kerusakan atau kehilangan sifat

### d. Impermeability

Campuran asfalt harus bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan di bawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu lintas.

### e. Pematatan

Proses yang dilaksanakan untuk memperkecil jumlah void/ rongga udara dalam campuran sehingga batas yang disyaratkan dalam mendapatkan kepadatan optimal dapat tercapai. Mengingat efek yang

timbul oleh pengaruh udara, air serta pembebanan oleh arus lalu lintas apabila rongga dalam campuran tidak memenuhi syarat yang ditentukan, sehingga hal ini harus dihindari supaya tidak terjadi penyimpangan. Pada pelaksanaan pemadatan dilapangan sangat rawan akan terjadinya penyimpangan, baik alat-alat yang digunakan tidak sesuai standar yang ditetapkan maupun jumlah lintasannya. *Hughes Fauziah (2001)* menyatakan bahwa sifat fisik maupun mekanis campuran asfalt sangat dipengaruhi oleh teknik pemadatan benda uji, untuk itu pemilihan teknik pemadatan laboratorium berpengaruh sangat nyata terhadap campuran asfalt sebagai bahan pembentuk lapis perkerasan jalan. Pemadatan pada hakekatnya adalah untuk memperluas bidang sentuh antar butiran, sehingga mempertinggi internal friction yaitu gesekan antar butiran agregat dalam campuran. Pemadatan merupakan suatu upaya untuk memperkecil jumlah *VIM*, sehingga memperoleh nilai struktural yang diharapkan.

#### f. Temperatur

Pemadatan merupakan faktor penting yang mempengaruhi kepadatan, kepadatan hanya bisa terjadi pada saat asfalt dalam keadaan cukup cair sehingga asfalt tersebut dapat berfungsi sebagai pelumas. Jika asfalt sudah dalam keadaan cukup dingin maka kepadatan akan sulit dicapai. Temperatur campuran beraspal panas

merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, disebabkan temperatur pada saat pemadatan sangat mempengaruhi viscositas asfalt yang digunakan dalam campuran beraspal panas. Apabila temperatur pada saat pemadatan rendah, mengakibatkan viscositas asfalt menjadi tinggi dan membuat sulit dipadatkan. Menaikkan temperatur pemadatan atau menurunkan viscositas aspal berakibat partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi, adapun density pada saat pemadatan campuran beraspal panas terjadi pada suhu lebih tinggi dari 275 °F (135 °C). Density menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah.

#### g. Workability

Campuran agregat asfalt harus mudah dikerjakan saat pencampuran, penghamparan dan pemadatan, untuk mencapai satuan berat jenis yang diinginkan tanpa mengalami suatu kesulitan sampai mencapai tingkat pemadatan yang diinginkan dengan peralatan yang memungkinkan.

Pada tahun 2001 Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah mengeluarkan Spesifikasi Baru Beton Asfalt Campuran Panas. Spesifikasi ini mengikuti trend perkembangan metoda perencanaan campuran beraspal yang berorientasi pada kinerja.

Penyempurnaan spesifikasi campuran beraspal, terutama diarahkan untuk mengantisipasi kerusakan berupa deformasi plastis. Walaupun demikian upaya tersebut dilakukan dengan tidak mengorbankan keawetan dan ketahanan campuran terhadap fatig. Salah satu jenis campuran yang dirangkum dalam spesifikasi baru tersebut adalah Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Ketentuan sifat-sifat campuran dan gradasi agregat untuk campuran aspal Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 4. Ketentuan sifat-sifat campuran aspal

SIFAT-SIFAT CAMPURAN			LATASIR	LATASTON		LASTON			
			KELAS A & B	WC	BASE	WC	BC	BASE	
PENYERAPAN KADAR ASPAL		MAX.	2,0	1,2 UNTUK LALU LINTAS > 1.000.000 ESA 1,7 UNTUK LALU LINTAS < 1.000.000 ESA					
JUMLAH TUMBUKAN PER BIDANG			50	75			112		
RONGGA DALAM CAMPURAN (%)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.	TIDAKDIGUNAKAN UNTUKLALULINTAS BERAT	-		4,9			
		MAX.		-		5,9			
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		4,0		3,9			
		MAX.		6,0		4,9			
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA	MIN.		3,0			3,0		
		MAX.		6,0			5,0		
RONGGA DALAM AGGREGATE (VMA)(%)		MIN.	2,0	18	17	15	14	13	
RONGGA TERISI ASPAL (%)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.	TIDAK DIGUNAKAN UNTUK LALU LINTAS BERAT	65		65	63	60	
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		68					
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA	MIN.		75			73		
STABILITAS MARSHALL (Kg)		MIN.	200		800		800		
		MAX.	850		-		-		
KELELEHAN (mm)		MIN.	2		2		2		

		MAX.	3	-	-
MARSHALL QUOTIENT (Kg/mm)		MIN	80	200	200
STABILITAS MARSHALLSISA SETELAH PERENDAMAN SELAMA 24 JAM – 60° C		MIN	85 UNTUK LALU LINTAS > 1.000.000 ESA 80 UNTUK LALU LINTAS < 1.000.000 ESA		
PEMADATAN DENGAN KEPADATAN MUTLAK :					
JUMLAH TUMBUKAN MARSHALL 2 x TIAPPERMUKAAN				400	600
RONGGA DALAM CAMPURAN (%) PADA KEPADATAN MEMBAL (REFUSAL)	LALU LINTAS (LL) > 1 JUTA ESA	MIN.	TIDAK DIGUNAKAN UNTUK LALU LINTAS BERAT	-	2,5
		MAX.			
	> 0,5 JUTA ESA & < 1 JUTA ESA	MIN.		2	
	LALU LINTAS (LL) < 0,5 JUTA ESA			1	

Catatan : Modifikasi Marshall.

1. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (Vibratory hammer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbuk manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 inch
2. Untuk lalu lintas yang sangat lambat atau lajur padat, gunakan ESA yang lebih tinggi
3. Berat jenis efektif agregat akan dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis Maksimum Agregat (Gmm Test, AASHTO T-209).
4. Prosedur pengujian AASHTO T2 83 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air Pengkondisian beku cair (freeze thaw conditioning). Standar minimum untuk diterimanya prosedur T283 harus 80% kuat tarik sisa.

## F. Pengujian Analisa Campuran AC-WC

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran asfalt panas adalah sebagai berikut :

a. Berat jenis Bulk/Curah Agregat

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (1)$$

b. Berat Jenis Semu ( $G_{sa}$ ) Dihitung dengan formula

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \quad (2)$$

c. Berat Jenis Efektif dari Total Agregat

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3)$$

d. Berat Jenis Maksimum dari Campuran ( $G_{mm}$ )

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (4)$$

e. Rongga Udara dalam Campuran Padat (VIM) :

$$P_a = 100 \frac{G_{mm} G_{mb}}{G_{mm}} \quad (5)$$

f. Rongga diantara mineral agregat (VMA) :

$$VMA = 100 - \left( \frac{G_{mb} P_s}{G_{sb}} \right) \quad (6)$$

g. Berat isi atau kepadatan (density) :

$$\text{Density} = \frac{\text{Berat benda uji diudara}}{\text{Isi benda uji}} \quad (7)$$

h. Rongga terisi asfalt dalam campuran padat (VFA).

Berat Jenis Bulk dari Total Agregat :

$$VFB = 1 - \frac{100 (VMA - P_a)}{VMA} \quad (8)$$

i. Marshall Quotiebt (MQ) :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (9)$$

j. Spesifikasi Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah untuk mengevaluasi keawetan campuran adalah pengujian Marshall perendaman di dalam air pada suhu 60 °C selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen.

Keterangan :

Gsb	= Berat Jenis Bulk/curah agregat
P1,P2, .....,Pn	= Pesen berat semu masing-masing fraksi agregat 1, 2, n.
Gsa	= Berat jenis semu total agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif dari total agregat
Gmm	= Berat Jenis maksimum campuran (tidak ada rongga udara)
Pmm	= Persen total campuran lepas/persen terhadap berat total campuran
Pb	= Kadar asfalt, persen asfalt terhadap berat total campuran
Gb	Berat Jenis dari aspal
ps	Kadar agregat total, persen agregat terhadap berat total campuran
Gmb	= Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)
VIM	= Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume
VMA	= Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)
VFA	= Rongga terisi asfalt, persen dari VMA

MS	= Stabilitas Marshall
MQ	= Marshall Quotient
MSS	= Stabilitas Marshall kondisi Standar
MSI	= Stabilitas Marshall kondisi setelah direndam selama 24 jam dengan suhu 60°C
IRS	= Indeks of Retained Strength.

### **G. Metoda Uji Marshall Test**

Pemeriksaan Marshall digunakan secara luas sebagai suatu indikator dari kinerja campuran asfalt panas, dapat mencakup pemadatan benda uji campuran asfalt dalam suatu cetakan standar dengan tumbukan berulang dengan menggunakan penumbuk standar. Kekuatan dan deformasi dari benda uji padat digunakan sebagai petunjuk mutu campuran asfalt dengan membandingkan hasilnya dengan pengujian standar atau spesifikasi. Pemeriksaan Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran asfalt dan agregat yang terbaca langsung dari pengujian. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran asfalt yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Pengukuran ini sangat penting untuk mengukur sifat-sifat campuran asfalt yang berpengaruh terhadap kinerja asfalt, yang antara lain :

- Stabilitas, menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (ruting)
- Rongga udara, merupakan indikator dari durabilitas dan kemungkinan



terjadinya bleeding.

- Hasil bagi Marshall (Kuosien Marshall) merupakan hasil bagi stabilitas dan flow sebagai indicator kelenturan yang potensial terhadap keretakan.
- Penyerapan asfalt, persen terhadap berat campuran sehingga diperoleh gambaran berupa kadar asfalt efektif.

Konsep dasar dari metoda Marshall dalam campuran asfalt dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan asfalt bersama-sama dengan The Mississippi State Highway Department. The U.S. Army Corp of Engineers, secara intensif melanjutkan penelitian dengan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya dengan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian Marshall dan mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan didalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559)*. Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau Marshall Stability dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur yang disebut Marshall Flow, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara Marshall Stability dengan Marshall Flow yang disebut dengan Marshall Quotient, yang merupakan nilai kekakuan berimbang (speudo stiffness), yang menunjukkan ketahanan campuran berasfalt terhadap deformasi permanen (Shell, 1990). Sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air lebih besar jika dibandingkan dengan

aspalt, karena air memiliki wetting power yang lebih besar dari aspalt. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspalt.

Uji perendaman Marshall (Marshall Immersion Test) merupakan uji lanjutan dari uji Marshall sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat/adhesi campuran beraspalt terhadap pengaruh air dan suhu (water sensitivity and temperature susceptibility). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspalt, salah satunya adalah dengan mencari Marshall Retained Strength Index atau dengan cara lain yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas. Perbedaan keduanya adalah dasar perbandingan dari variasi dan lamanya perendaman dalam alat waterbath. Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNIM-58-2990.

### H. Penelitian yang telah dilakukan

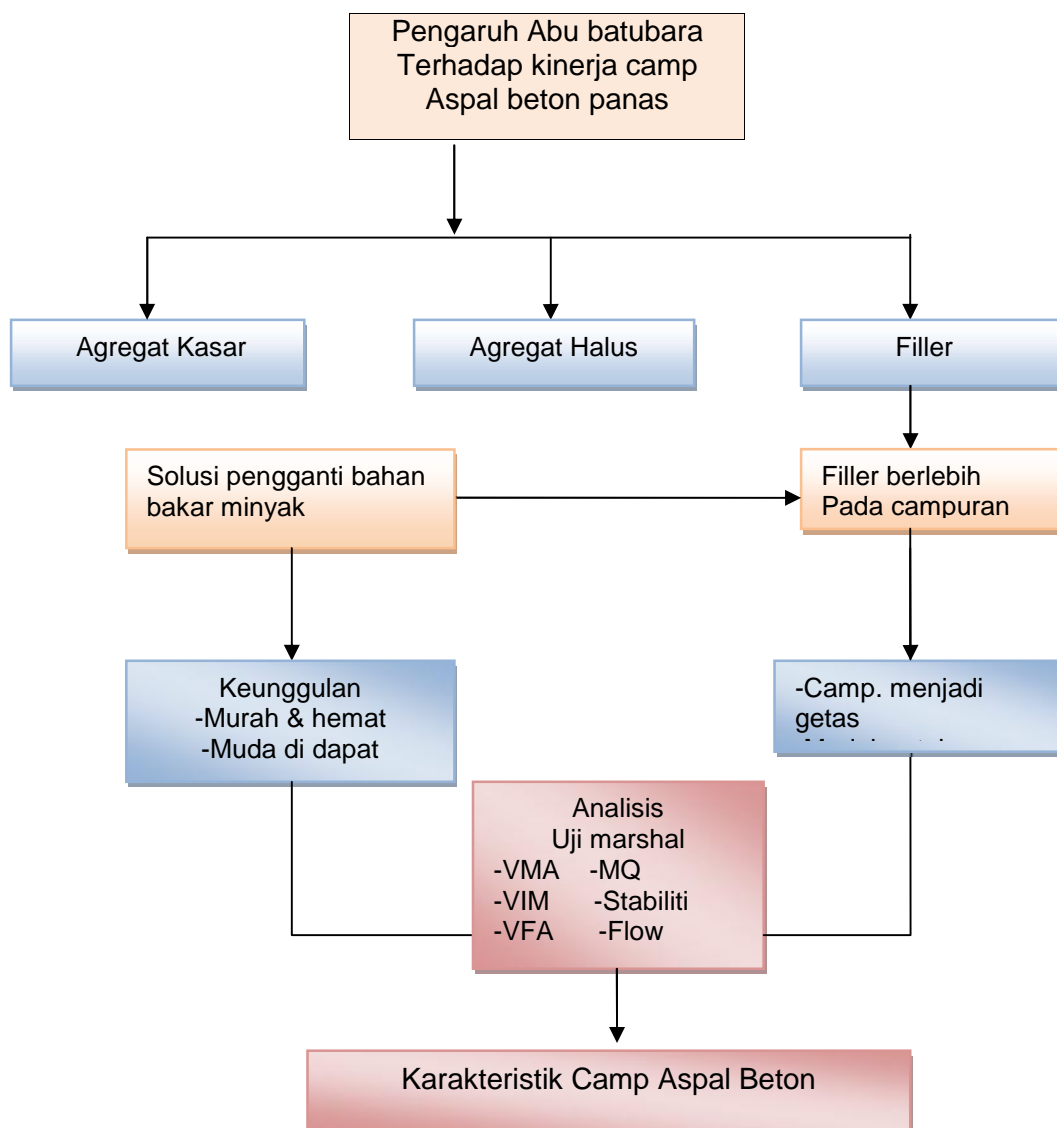
Penelitian yang telah dilakukan adalah membandingkan gradasi agregat gabungan di laboratorium dan gradasi agregat gabungan di Hot Bin Asfalt Mixing Plane (AMP) dari Job Mix Agregat Formula di laboratorium yang mengacu pada spesifikasi dari campuran AC-WC, dimana dari Hot Bin I (abu batu), Hot Bin II (agregat kasar 0,5-1 ), dan Hot Bin III (agregat kasar 1-2) terhadap karakteristik uji Marshall dan uji Durabilitas.



Gambar 8. Alat Uji Marshall

## I. KerangkaKonseptual

Kerangka konseptual adalah diagram alir yang merupakan gambaran tentang pokok pikiran utama yang menjadi , latar belakang, sasaran dan tujuan yang hendak dicapai sebagaimana ditunjukkan pada gambar 9 sebagai berikut :



**Gambar. 9** Kerangka Konseptual