

**STUDI
NILAI KARATERISTIK CAMPURAN ASPAL PERFOMANCE
GRADE (PG 76) TERHADAP STABILITAS DAN FLOW PADA
CAMPURAN ASPAL PANAS AC WEARING COURSE**

**TUGAS AKHIR
DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT AKADEMIK DALAM
MENYELESAIKAN PENDIDIKAN SARJANA STRATA (S1) FAKULTAS
TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNDARIS**



DISUSUN OLEH :

NAMA : **ANDRIYANTO**
NIM 20210005

NAMA : **DONI NUR CAHYA**
NIM 20210023

**UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN
GUPPI (UNDARIS) UNGARAN**

TAHUN 2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dan petunjuk sehingga kami dalam melaksanakan penyusunan Tugas Akhir dengan judul “NILAI KARASTERISTIK CAMPURAN ASPAL PERFOMANCE GRADE 76 TERHADAP STABILITAS DAN FLOW PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC WEARING COURSE”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Fakultas Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran.

Pada kesempatan ini tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini selama dilaboratorium dan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini, Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada:

1. Bapak Abdullah, ST, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran dan selaku Dosen Pembimbing II.
2. Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, ST, MT. selaku Ketua Program Studi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Darul Ulum Islamic Centre Sudirman GUPPI (UNDARIS) Ungaran
3. Bapak Ir. Totok Apriyanto, MT. selaku Dosen Pembimbing I
4. Khoirudin Fahkri, ST, MT. Pembimbing 2
5. Bapak dan Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan wawasan kepada kami.
6. Bapak Drs. Agus Setiyono selaku Manager Area PT. KADI INDONESIA MANUFAKTUR Karangjati, Ungaran, Kab.Semarang
7. Keluarga dan teman seperjuangan kami baik dipekerjaan maupun dikampus yang telah mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
8. Semua pihak yang telah membantu didalam kelancaran dan tersusunya Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak khususnya penulis dan pembaca pada umumnya, serta dapat menambah pengembangan ilmu teknik sipil. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua...Amin.

Ungaran,

Penulis

1. ANDRIYANTO

NIM : 20210005

2. DONI NUR CAHYA

NIM : 20210023

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PERFOMANCE GRADE (PG 76) TERHADAP STABILITAS DAN FLOW PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC WEARING COURSE

Disusun Oleh:

ANDRIYANTO 20210005

DONI NUR CAHYA 20210023

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

23 April 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.



Anggota : Khoirudin Fakhri, S.T, M.T



Anggota : Ir. Agung Hari W., SIP, S.T, M.T.



Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.
NIDN. 0604089203

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PERFOMANCE GRADE (PG 76) TERHADAP STABILITAS DAN FLOW PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC WEARING COURSE

Disusun Oleh:

ANDRIYANTO 20210005

DONI NUR CAHYA 20210023

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

23 April 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.

()

Anggota : Khoirudin Fakhri, S.T, M.T

()

Anggota : Ir. Agung Hari W., SIP, S.T, M.T.

()

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.

NIDN. 0604089203

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI NILAI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PERFOMANCE GRADE (PG 76) TERHADAP STABILITAS DAN FLOW PADA CAMPURAN ASPAL PANAS AC WEARING COURSE

Disusun Oleh:

ANDRIYANTO 20210005

DONI NUR CAHYA 20210023

Dipertahankan di depan Tim Penguji pada tanggal:

23 April 2025

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Sipil pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNDARIS

Tim Penguji

Ketua : Ir. Totok Apriyanto, M.T.

()

Anggota : Khoirudin Fakhri, S.T, M.T

()

Anggota : Ir. Agung Hari W., SIP, S.T, M.T.

()

Mengetahui:

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNDARIS



Ir. Agung Hari Wibowo, SIP, S.T, M.T.
NIDN. 0604089203

LEMBAR ASISTENSI TUGAS WAJIB MAHASISWA

FAKULTAS TEKNIK

PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)



Nama : Adriyanto

Nim : 20210005

Nim : Doni Nur Cahya

Nim : 20210023

Makul : Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, MT

Dosen Pembimbing II : Khoirudin Fakhri , ST, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
1.	15/03/25.	<p>1. Perbaikan untuk Bab I / Makalah & tugas < 5 inton misal makalah 5 poin tugas 2 poin.</p> <p>2. Perbaiki Latar Belakang pd belakang & teksnya P.76</p> <p>3. Tambah Referensi dalam tugas pustaka.</p> <p>4. perbaiki penulisan, font, kata sepanjang bahasa Asing, Format penulisan.</p>	
2.	20/03/25.	<p>1. untuk Bab I, Rijuan penelitian dan manfaat di perbaiki Sesuai arahan.</p> <p>2. Tinjauan pustaka sudah Sesuai dan penelitian Sebelumnya.</p> <p>3. Perbaiki penulisan pada bab tinjauan pustaka dan metodologi.</p>	

		<ul style="list-style-type: none"> - Bab III. - Tinjau ϕ bebas proses, alur pengujian, Spes. Ile. - mulai dari persiapan Sampai pengujian di pahami! <p><u>S.</u></p>
91.	14/04 ^{25.}	<p><u>Bab IV</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Campur $4,5 = 6,5 \text{ kg}$ - Trial mix kabar Aspal \wedge proporsi yang maximal. - \wedge Adapun pelajaran bab IV dan bagaimana metode $\&$ pelaksanaan mencari dan mendapatkan pengujian dgn PG 761. - Setiap hari ke lab. \wedge pahakti pengujian PG 761. <p><u>T.</u></p>

LEMBAR ASISTENSI TUGAS WAJIB MAHASISWA

FAKULTAS TEKNIK

PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL

UNIVERSITAS DARUL ULUM ISLAMIC CENTRE SUDIRMAN GUPPI (UNDARIS)



Nama : Adriyanto

Nim : 20210005

Nim : Doni Nur Cahya

Nim : 20210023

Makul : Tugas Akhir

Dosen Pembimbing I : Ir. Totok Apriyanto, MT

Dosen Pembimbing II : Khoirudin Fakhri , ST, MT

No	Tanggal	Keterangan	Paraf
		Pendahuluan Hasil Perobaan Marshall. ⇒ Terhadap Nilai Stabilitas ⇒ Terhadap nilai Flow ⇒ nilai VIM ⇒ Nilai VFA ⇒ nilai MQ	

18/25
/04

Bab II

Pada bab ini
masukan pembahasan
yang berlantarkan
Ringkasan masalah
dan hasil pembahasan
Pada Bab II

~~scribble~~

Sk.. 1
lengthen

~~scribble~~

1	21/04/2025 22/04/2025	Lampiran Surat Pengijian Rab Surat Data dan Rab & Stempel	Ayu S Ayu S
---	--------------------------	--	----------------

ABSTRACT

The rapid growth of traffic volume demands improvements in road construction quality, particularly in flexible pavement layers. One innovation being applied is the use of modified asphalt with a Performance Grade (PG) 76 system to enhance the stability and durability of flexible pavements. This study aims to examine the stability and flow characteristics of hot mix asphalt for Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) using PG 76 asphalt, based on the 2018 General Specifications Revision 2. Laboratory tests were conducted at UNIT AMP PT. KADI Indonesia Manufaktur with asphalt content variations of 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, and 6.5%. The Marshall test method was used to determine stability, flow, and volumetric properties of the mix. The results show that the use of PG 76 asphalt increases Marshall stability compared to conventional asphalt, improves resistance to plastic deformation, and offers better performance under high temperatures and heavy traffic loads. The AC-WC mix with PG 76 asphalt is considered more suitable for road pavement needs in tropical climates like Indonesia, although it comes with higher costs. These findings are expected to serve as a reference for future improvements in road pavement quality.

Keywords: PG 76 Asphalt, AC-WC, Marshall Stability, Flow, Road Pavement

ABSTRAK

Pertumbuhan volume lalu lintas yang pesat menuntut peningkatan kualitas konstruksi jalan, khususnya lapis perkerasan. Salah satu inovasi yang dilakukan adalah penggunaan aspal modifikasi dengan sistem *Performance Grade* (PG) 76 untuk meningkatkan stabilitas dan daya tahan lapis perkerasan lentur. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik stabilitas dan flow campuran aspal panas AC-Wearing Course (AC-WC) menggunakan aspal PG 76, dengan mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2. Pengujian laboratorium dilakukan di UNIT AMP PT. KADI Indonesia Manufaktur dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Metode pengujian menggunakan uji Marshall untuk memperoleh nilai stabilitas, flow, dan sifat volumetrik campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aspal PG 76 dapat meningkatkan stabilitas Marshall dibandingkan aspal biasa, memperbaiki daya tahan terhadap deformasi plastis, dan lebih tahan terhadap kondisi suhu tinggi serta beban lalu lintas berat. Campuran AC-WC dengan aspal PG 76 dinilai lebih sesuai untuk kebutuhan perkerasan jalan di daerah beriklim tropis seperti Indonesia, meskipun dari segi biaya cenderung lebih tinggi. Temuan ini diharapkan dapat menjadi rujukan dalam peningkatan mutu perkerasan jalan di masa depan.

Kata kunci: Aspal PG 76, AC-WC, Stabilitas Marshall, Flow, Perkerasan Jalan

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

1. Nama : Andriyanto
NIM : 20210005
2. Nama : Doni Nur Cahyo
NIM : 20210023

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul Studi Nilai Karakteristik Campuran Aspal Perfomance Grade (PG 76) Terhadap Stabilitas Dan Flow Pada Campuran Aspal Panas AC Wearing Course adalah benar dan bebas dari plagiat. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan dari hasil karya kami atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, maka kami bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ungaran, 23 April 2025
Yang membuat pernyataan



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN.....	
LEMBAR ASISTENSI.....	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR ISTILAH	vi

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Penelitian	4
F. Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan	6
B. Lapis Aspal Beton.....	7
C. Aspal Performance Grade 76	8
D. Bahan Campuran Beraspal Panas	10
E. Gradiasi	15
F. Karakteristik Campuran Beraspal	17
G. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton	20
H. Uji Marshall.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian	25
B. Alat.....	25
C. Bahan	26
D. Tahap – tahap Penelitian.....	26

E. Diagram Alur Pengujian.....	29
--------------------------------	----

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Sifat Fisik Agregat.....	31
2. Perancangan Campuran.....	32
3. Pengujian Marshall Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	36
4. Pembahasan Hasil Penelitian Percobaan Marshall.....	38

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan.....	42
B. Saran.....	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku	7
Tabel 2. Ketentuan sifat – sifat campuran Laston yang Dimodifikasi (AC Mod).....	8
Tabel 3. Ketentuan Agregat Kasar.....	12
Tabel 4. Ketentuan Agregat Halus.....	13
Tabel 5. Ketentuan untuk aspal keras pen 60/70.....	16
Tabel 6. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal	18
Tabel 7. Standar Pengujian Aspal.....	31
Tabel 8. Standar Pemeriksaan Agregat.....	32
Tabel 9. Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal Untuk Campuran & Pemadatan.....	33
Tabel 10. Hasil Analisa saringan.....	36
Tabel 11. Pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus	37
Tabel 12. Hasil perhitungan gradasi gabungan cara trial and error.....	38
Tabel 13. Hasil perhitungan gradasi gabungan cara trial and error berdasarkan spesifikasi	39
Tabel 14. Rancangan komposisi campuran	40
Tabel 15. Hasil pengujian parameter karakteristik marshall	41
Tabel 16. Nilai parameter karakteristik marshall pada kadar aspal optimum (KAO).....	43

DAFTAR ISTILAH

<i>AC-WC</i>	= (<i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i>)
<i>PE</i>	= <i>Polietilen</i>
<i>KAO</i>	= <i>Kadar Aspal Optimum</i>
<i>S</i>	= <i>Angka stabilitas sesungguhnya</i>
<i>P</i>	= <i>Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat</i>
<i>Q</i>	= <i>Angka koreksi benda uji</i>
<i>G_{sb}</i>	= <i>Berat jenis bulk total agregat</i>
<i>P₁, P₂... P_n</i>	= <i>Persentase masing-masing fraksi agregat</i>
<i>G₁, G₂... G_n</i>	= <i>Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat</i>
<i>G_{se}</i>	= <i>Berat jenis efektif agregat</i>
<i>P_{mm}</i>	= <i>Persentase berat total campuran (=100)</i>
<i>G_{mm}</i>	= <i>Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)</i>
<i>P_b</i>	= <i>Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum</i>
<i>G_b</i>	= <i>Berat jenis aspal</i>
<i>P_b</i>	= <i>Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum</i>
<i>P_s</i>	= <i>Kadar agregat persen terhadap berat total campuran</i>
<i>G_{se}</i>	= <i>Berat jenis efektif agregat</i>
<i>G_b</i>	= <i>Berat jenis aspal</i>
<i>P_{ba}</i>	= <i>Penyerapan aspal, persen total agregat</i>
<i>P_{be}</i>	= <i>Kadar aspal efektif, persen total agregat</i>
<i>G_{mb}</i>	= <i>Berat jenis bulk campuran padat</i>
<i>Flow</i>	= <i>kelelahan</i>
<i>VFA</i>	= (<i>Void Filled with Asphalt</i>) <i>Rongga terisi aspal</i>
<i>VMA</i>	= (<i>Void In Mineral Aggregate</i>) <i>Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk</i>
<i>VIM</i>	= (<i>Void in Mixture</i>) <i>Rongga udara campuran, persen total campuran</i>
<i>MQ</i>	= (<i>Marshall Quetiont</i>) <i>Hasil bagi Marshall</i>

- Pb = *Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran*
CA = *Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)*
FA = *Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan
saringan No.200 (0,075 mm)*
Filler = *Persen agregat minimal 75 % lolos No.200
(0,075 mm) K = Nilai Konstanta*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Menuntut perbaikan kualitas konstruksi jalan, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara.

Kerusakan jalan telah menjadi permasalahan umum yang hampir terjadi dibeberapa daerah. Kerusakan jalan bisa disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut: kualitas jalan yang kurang baik, kondisi drainase permukaan yang kurang memadai, Overload dan sebaginya.

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling diminati pada struktur perkerasan jalan raya. Daya dukung perkerasan lentur yang mampu menerima beban lalu lintas kendaraan serta biaya konstruksi yang lebih ekonomis merupakan kelebihan dari perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya. Dari segi kenyamanan berkendara, perkerasan lentur mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih dari perkerasan jenis lainnya, karena sifatnya yang lentur dan permukaan yang lebih rata. Dari berbagai kelebihan yang dimilikinya perkerasan lentur juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya Stabilitas rendah, Menyebabkan resiko pumping oleh lalu lintas, kemungkinan terjadinya pelapukan tinggi, dan kemungkinan terjadi bahaya disintegrasi perkerasaan karena kurangnya *interlocking*.

Struktur perkerasan lentur yang terdiri dari beberapa lapisan yakni lapisan permukaan, Pada saat pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur, setiap lapisan harus benar-benar dilakukan dengan baik agar tidak mempengaruhi kerusakan pada lapisan lainnya. Kelekatan antar lapisan perkerasan juga sangat berpengaruh kepada kekuatan perkerasan. Kelekatan antar lapisan harus mampu membuat seluruh lapisan perkerasan bekerja dalam satu struktur yang utuh sehingga setiap lapisan mampu memberi daya dukung yang sesuai dengan fungsinya.

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan fleksibel. Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, atau dengan peningkatan mutu aspal

dalam campuran seperti peningkatan stabilitas, durabilitas, dan ketahanannya terhadap air dengan menambahkan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal contohnya bahan polimer, atau pun plastik. Aspal merupakan bahan utama dalam perkerasan jalan. Aspal memiliki beberapa jenis, yaitu aspal alam, aspal keras, aspal cair, dan aspal modifikasi. Aspal memiliki sifat viskoelastis yaitu sifat untuk mencair pada suhu tinggi dan memadat pada suhu rendah. Sifat yang dimiliki aspal tersebut merupakan hal utama yang menjadikan aspal sebagai bahan utama dalam perkerasan jalan karena dapat mengikat bahan-bahan pencampur perkerasan jalan. Perkerasan jalan yang baik adalah perkerasan jalan yang mampu menahan beban lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia terdiri dari beberapa jenis. Perkerasan jalan yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah lapisan aspal beton atau Laston (*AC/Asphalt Concrete*). Lapisan aspal beton banyak digunakan karena jenis perkerasan ini memiliki nilai stabilitas dan fleksibilitas yang baik. Agregat kasar, agregat halus, agregat sedang, bahan pengisi (*filler*), dan aspal merupakan bahan-bahan pencampur lapisan aspal beton. Bahan-bahan pencampur ini harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan persyaratan yang sudah ada agar perkerasan jalan aspal beton memiliki stabilitas dan fleksibilitas yang baik. Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, *portland cement* (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal. Kadar bahan pengisi (*filler*) pada campuran beraspal sangat memperngaruhi sifat campuran beraspal tersebut, jika terlalu banyak kadar bahan pengisi maka campuran tersebut akan menjadi kaku dan mudah retak. Namun sebaliknya apabila kadar bahan pengisi pada campuran terlalu sedikit maka akan membuat campuran tersebut menjadi sangat lentur dan mudah terdeformasi oleh beban lalu lintas sehingga jalan tersebut akan bergelombang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini yang dibahas ialah mengenai modifikasi campuran aspal dengan menggunakan aspal modifikasi jenis PG 76 terhadap karakteristik marshall dan flow pada Lapisan aspal beton (AC-WC) guna meningkatkan nilai stabilitas aspal dan memperbaiki kelemahan aspal, antara lain :

- a. Bagaimana sifat-sifat aspal PG 76 pada aspal AC-WC?
- b. Bagaimana nilai marshall dan flow pada SPESIFIKASI UMUM 2018 REVISI 2 ?
- c. Bagaimana perbedaan nilai stabilitas marshall aspal PG 76 dengan material aspal lainnya?
- d. Apakah Aspal PG 76 menjadi solusi terhadap perkembangan transportasi?
- e. Apakah aspal PG 76 memiliki daya tahan dan durabilitas terhadap suhu dan beban jalan yg besar?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin ditinjau dari penelitian ini menggunakan aspal cair jenis PG 76 tersebut adalah ;

- a. Untuk mengetahui sifat - sifat aspal PG 76 pada campuran aspal AC-WC
- b. Mengetahui nilai karakteristik marshall dan flow yang mengacu pada Spesifikasi Umum 2018 revisi 2.
- c. Mengetahui perbedaan nilai stabilitas pada campuran marshall antara menggunakan aspal PG 76 dengan aspal cair jenis lainnya.
- d. Mengetahui aspal PG 76 bisa menjadi solusi kedepannya dalam bidang kontruksi perkerasan jalan saat ini semakin bertambah padat jumlah perkembangan transportasi dan cuaca yang tidak bisa ditentukan.
- e. Mengetahui aspal modifikasi jenis PG 76 yang mempunyai daya tahan suhu lebih tinggi, sehingga dapat menahan beban lalu lintas yang terus meningkat setiap tahunnya bersamaan dengan curah hujan yang tinggi berisiko kerusakan perkerasan jalan semakin besar.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil dari penelitian ini memberikan informasi antara lain :

- a. Merupakan salah satu terobosan baru dibidang perkerasan jalan dengan menggunakan campuran aspal *Perfomance Grade* (PG 76) sebagai campuran aspal lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).
- b. Sebagai salah satu cara peningkatan mutu perkerasan lentur jalan raya dengan peningkatan nilai stabilitas campuran aspal.
- c. Aspal PG memiliki daya tahan kecepatan tinggi, suhu, dan tuntunan torsi yang ekstrem. dibandingkan jenis aspal modifikasi lainnya.
- d. *Perfomance Grade* (PG) adalah aspal modifikasi berpeforma tinggi atau pembaharuan dari aspal konvensional, menghasilkan aspal yang lebih berkualitas, serta dirancang untuk sirkuit balap, bandara, bahkan jalan – jalan sekarang sudah mengaplikasikan menggunakan aspal modifikasi jenis PG karena tahan terhadap kondisi iklim indonesia yang tropis.
- e. Walaupun aspal modifikasi PG 76 masih belum banyak dioperasikan dalam konstruksi perkerasaan jalan karena harganya yang sedikit lebih mahal dibandingkan aspal modifikasi lainnya, tetapi diharapkan untuk kedepanya dari dinas PUPR dapat memberikan ajuan atau rujukan ke penyedia jasa untuk menggunakan aspal modifikasi jenis PG 76 dalam pekerjaan perkerasan jalan. Agar dapat menghasilkan hasil yang maksimal dan tahan lama.

E. Batasan Penelitian

Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah (AC-WC) Modifikasi dengan menggunakan spesifikasi umum 2018 revisi 2.
2. Pencampuran variasi kadar aspal dilakukan dengan sistem basah.
3. Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Gunung Mergi Lemahbang, Karangjati, Kabupaten Semarang.
4. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal PG 76.
5. Filler yang di gunakan ialah semen.

6. Variasi campuran kadar aspal PG 76 yang digunakan 4,5% , 5,0% , 5,5% , 6,0% , 6,5% , terhitung dari berat aspal rencana.

F. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini digunakan sistematika penulisan sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan berisi kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini dan saran mengenai topik dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan ini akan dilampirkan daftar pustaka yang digunakan sebagai referensi penunjang dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan

(*Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013*).

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.
2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis atau tidak, ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan

beton B-0 (*blinding concrete/beton lantai kerja*), lapisan pelat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak.
(Didik Purwadi, 2008)

Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan kaku dapat terlihat pada Tabel 1. dibawah ini.

Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

No		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi bahan	Lendutan <i>rutting</i> (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelembung (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber Sukirman, S (1992)

B. Lapis Aspal Beton

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (*Sukirman, S.,1992*). Lapis yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base*). (Andi Tenrisukki Tenriajeng) Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.

2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm, terletak dibawah lapisan aus (wearing course) dan di lapisan pondasi (base course)
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Lapisan aspal beton (*laston*) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III untuk Laston bergradasi kasar, tertera pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Ketentuan sifat-sifat campuran Laston yang Dimodifikasi (AC Mod)

Sifat Sifat Campuran		Laston ⁽⁰⁾		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0.6		
	Maks.	1.6		
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3.0		
	Maks.	5.0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min.	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Perkerasan Aspal

C. Aspal Perfomance Grade (PG)

Aspal PG merupakan Salah satu aspal polimer modifikasi termasuk dalam klasifikasi “ Perfomance Grade “ (PG) sesuai standart ASTM D6373, sistem penilaian PG ditentukan oleh dua angka, yang mewakili suhu 64-xx mewakili suhu perkerasan tinggi dalam derajat Celcius, sedangkan angka kedua PG XX-22 mewakili suhu perkerasan rendah. Perhatikan bahwa angka – angka ini adalah suhu perkerasan dan

bukan suhu udara (suhu perkerasan ini diperkirakan dari suhu udara menggunakan algoritma yang terdapat dalam program LTPP Bind). Semua penyesuaian pada sistem penilaian PG dilakukan dengan penambahan enam (6) derajat. Aspal ini menunjukkan viskositas yang sesuai, sehingga aspal ini dikategorikan dalam kelompok PG dengan kisaran suhu tinggi. Aspal ini dapat meningkatkan ketahanan terhadap pengikatan suhu dan beban, sehingga dapat menahan keretakan, oksidasi, dan rutting. Aspal ini berperforma tinggi yang dirancang untuk sirkuit balap, produk ini dikembangkan untuk memiliki daya tahan terhadap kecepatan tinggi, suhu, dan tuntunan torsi yang ekstrem. Beberapa keunggulan aspal modifikasi Performance Grade (PG) :

1. Sistem penilaian aspal penetrasi dan viskositas tradisional dikembangkan sesuai dengan pengalaman masa lalu. Tujuan dari prosedur empiris ini adalah untuk menghindari aplikasi yang buruk di masa lalu dan mengulangi yang berhasil. Metode empiris dapat diterapkan selama kondisi masa lalu masih ada. Namun, kondisi lalu lintas dan iklim saat ini sangat berbeda dari yang berlaku ketika sistem penetrasi dan viskositas dikembangkan, oleh karena itu pengalaman masa lalu tidak lagi cukup untuk menetapkan gradasi pengikat. Dalam sistem PG, dimungkinkan untuk menggunakan volume lalu lintas aktual dan kecepatan kendaraan yang mewakili durasi aplikasi beban.
2. Pengujian konvensional dilakukan pada suhu uji yaitu 25 C dalam penetrasi dan di 60 C dalam uji viskositas, yang berarti bahwa uji penetrasi tidak memberikan informasi apapun tentang suhu rendah dan kinerja suhu tinggi. Penilaian superpave (*Superior Permeating asphalt Pavement ialah merupakan campuran aspal yang dicampur dengan pengeras untuk mencapai spesifikasi tertentu yang kualitasnya sudah diakui dunia.*) Menunjukkan kisaran suhu kerja pengikat. (*Kongres Eurasphalt & Eurobitume ke-5, 13-15 Juni 2012, Istanbul*)
3. Bitumen adalah bahan visko-elastis di mana suhu dan laju aplikasi beban memiliki pengaruh besar pada perilakunya. Meskipun perilaku aspal dalam laju pemutuan yang lebih rendah sesuai dengan suhu yang lebih tinggi, sistem perataan konvensional tidak memperhitungkan laju beban tetapi Superpave melakukannya.
4. Pengikat dari sumber minyak bumi yang berbeda mungkin memiliki perilaku reologi yang berbeda meskipun penetrasi atau tingkat viskositas yang sama.

5. Metode konvensional hanya digunakan untuk aspal yang tidak dimodifikasi, sedangkan Superpave dikembangkan untuk aspal yang dimodifikasi dan tidak dimodifikasi.
6. Metode konvensional tidak memperhitungkan perilaku penuaan jangka panjang pengikat. Tetapi Superpave mencakup penuaan jangka pendek menggunakan uji oven *film tipis bergulir* (RTFOT) dan penuaan jangka panjang menggunakan bejana penuaan tekanan (PAV).
7. Ini mengakui bahwa ada tiga mekanisme kesulitan utama yang mempengaruhi kinerja perkerasan, rutting, retak kelelahan dan retak termal. Bitumen memainkan peran yang sangat penting dalam melawan masing-masing mekanisme gangguan ini.
8. Sifat aspal yang diukur pada suhu yang berbeda berkontribusi pada ketahanan terhadap tekanan pada tingkat yang berbeda. Bitumen yang berkontribusi pada ketahanan rutting diukur pada suhu perkerasan maksimum dan mendukung pengikat yang lebih elastis dan lebih kaku. Bitumen yang berkontribusi pada ketahanan kelelahan paling penting pada suhu perkerasan rata-rata dan sementara masih mendukung pengikat elastis.

D. Bahan Campuran Beraspal Panas

Bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal.

1. Agregat

Sangat dominan pada elemen perkerasan lentur, sebagai material lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis permukaan, bahan yang diperkeras/berpenutup, konstruksi pelebaran jalan. Agregat adalah merupakan elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan berat, dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas. Pemilihan agregat yang digunakan pada suatu konstruksi perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti : gradasi, bentuk butir, kekuatan, kelekatan pada aspal, tekstur permukaan dan kebersihan.

(*Shirley L. Hendarsin, 2000*). Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi, yaitu:

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 3. berikut ini.

Tabel 3. Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
	Magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%	
		500 putaran	Maks. 30%	
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%	
		500 putaran	Maks. 40%	
Kelekatan agregat terhadap Aspal		SNI 2439-2011	Min. 95%	
Butiran pecah pada agregat kasar		SNI 7619 : 2012	95/90	
Parikel pipih dan lonjong		SNI 8287:2026 Perbandingan 1:5	Maks. 10%	
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%	

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Perkerasan Aspal

b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4. Berikut

Tabel 4. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 20012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Perkerasan Aspal

c. Bahan Pengisi (*Filler / Semen*)

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi semen dalam campuran adalah:

- 1) Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
- 2) Filler dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.
- 3) Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.
- 4) Penggunaan Kapur Kalsit sebagai filler pada campuran AC-WC berpengaruh baik dengan meningkatnya nilai karakteristik *marshall*.

2. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur (*flexible pavement*) jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air, dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan yang plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali, dan garam-garaman. (*Hendarsin, Shirley L, 2000*).

Menurut *Soehartono (2016)* Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat (binder) antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan , ketahanan dan campuran dalam menanggung beban kendaraan. Pengikat yaitu suatu deskripsi untuk adhesif atau lem yang digunakan sebagai perkerasan aspal. Pengikat cair didefinisikan sebagai pengikat ter (tar) dan aspal .Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan material perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah bitumen.

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material *berbituminous*. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk umum) Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal, pelindung atap dan penggunaan khusus lainnya.

Jenis aspal terdiri dari aspal keras, aspal cair, aspal emulsi, dan aspal alam, yaitu:

a) Aspal keras

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya.

b) Aspal cair

Aspal cair merupakan aspal hasil dari pelarutan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

c) Aspal emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

d) Aspal alam

Aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam dikelompokkan ke dalam 2 kelompok, yaitu aspal danau dan aspal batu.

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 5. Berikut ini.

Tabel 5. Ketentuan untuk aspal keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60- 70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A	B
				Asbuton yang diproses	Elastomer Sintetis
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	dilaporkan	dilaporkan
2.	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 - 240	240 - 300	320 - 480
3.	Viskositas Kinematis 135°C (eSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385 - 2000	≤ 3000
4.	Titik Lembek (0°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5.	Dektilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100		
6.	Titik Nyala (0°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	≥ 230
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 90	≥ 99
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0	≥ 1,0
9.	Stabilitas Penyimpanan Perbedaan Titik Lembek	ASTM D 5976 Part 6.1		≥ 2,2	≥ 2,2
10.	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (jam)			Min. 95	-
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
12.	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1200	≤ 1600
13.	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Dektilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
15.	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	≥ 60

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 Perkerasan Aspal

E. Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Menurut *Andi Teenrisukki Tenriajeng*, gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas

perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm). Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka.

Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Aggregate bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit. Gradasi seperti ini juga disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Pada campuran aspal khususnya aspal beton, gradasi agregat sangat berpengaruh pada kualitas campuran aspal itu senidiri. Pada agregat tingkat keseragaman butir beraneka ragam dan biasa dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang didapat dari proses perhitungan berdasarkan berat agregat dengan menggunakan satu set saringan agregat dengan pengujian *Sieve Analysis Test*. Ada batasan-batasan tertentu pada gradasi agregat yang kemudian disebut dengan batas, berikut macam batas pada agregat dikenal dengan batas atas, batas tengah/ideal atau batas bawah. Berikut penjelasan tentang syarat batas atas dan bawah untuk lapisan aspal beton (Aspal beton) AC-WC (*Asphalat Concrete*-

Wearing Course) untuk masing-masing ukuran saringan yang diambil dari spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yang diterangkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lulus Terhadap Total Agregat Dalam Campuran		
	Laston (AC)		
	AC-WC	AC-BC	AC-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 2018 Revisi 2 Perkerasan Aspal

F. Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut *Andi Tenrisukki Tenriajeng*, terdapat enam karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal. Dibawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

1. Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antara butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*)
 - b. Agregat dengan permukaan yang kasar
 - c. Agregat yang berbentuk kubus
 - d. Aspal dengan penetrasi rendah
 - e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

Agregat dengan gradasi baik, atau bergradasai rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (void in mineral aggregate) yang kecil untuk menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat.

Void In Mineral Aggregate (VMA) yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*void in mix = VIM*) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang manambah pemanatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut bleeding. Berikut dijelaskan perolehan nilai stabilitas dijelaskan dalam persamaan (2.1)

Persamaan (2.1) untuk nilai stabilitas dibawah ini :

Keterangan :

S : Angka stabilitas sesungguhnya

P : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q : Angka koreksi benda uji

2. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :
 - a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
 - b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya bleeding cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

- c. Film (*selimut*) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi besar.
3. Kelenturan (Fleksibilitas) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban alu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibelitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :
- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
 - c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (Fatigue Resistance) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (rutting) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :
- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - b. VMA tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
5. Kekesatan terhadap slip (*Skid Resistance*) adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip balik di waktu hujan (basah) maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh :
- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
 - b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding
 - c. Penggunaan agregat berbentuk kubus
 - d. Penggunaan agregat kasar yang cukup
6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. Workability ini dipengaruhi oleh :

- a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain
- b. Temperatur campuran yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis
- c. Kandungan bahan pengisi (filler) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit

G. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Campuran aspal panas adalah campuran perkerasan jalan yang umum digunakan di Indonesia. Penggunaan material agregat lokal dalam campuran ini akan membawa keuntungan dari segi efisiensi anggaran, mengingat dalam campuran aspal panas penggunaan agregat mencapai 92-96% dari total volume campuran (*Mathew, 2009*). Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Berat Jenis Bulk Agregat

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

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

Keterangan:

G_{sb} = Berat jenis bulk total agregat

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

G_1, G_2, \dots, G_n = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

Keterangan:

G_s = Berat jenis efektif agregat
 P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100)
 G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)
 P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum
 G_b = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)
 P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100)
 P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum
 P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran
 G_{se} = Berat jenis efektif agregat
 G_b = Berat jenis aspal

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut:

Keterangan:

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

100

Keterangan:

P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total agregat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis Bulk Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan:

a. Terhadap Berat Campuran Total

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

7. Rongga di dalam Campuran (VIM)

Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara pertikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus:

Keterangan :

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

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

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

8. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan:

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal

VMA= Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

H. Uji Marshall

Menurut *Silvia Sukirman 1999*, kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall. Metode Marshall ditemukan oleh *Bruce Marshall* dan selanjutnya dikembangkan oleh *U.S. Corps Of Engineer*. Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stability*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas rentuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujji (*Proving ring*) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat juga arloji kelelahan (*flowmeter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan menggunakan hammer seberat 10 ppon (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch(45,7 cm) yang dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit. Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat marshall diperoleh data-data sebagai berikut : nilai stabilitas, berat volume, kadar aspal, kelelahan plastis (*flow*), VIM, VMA, penyerapan aspal , tebal lapisan aspal (*film aspal*), kadar aspal efektif, hasil bagi marshall (*koefisien marshall*).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium UNIT AMP PT. KADI INDONESIA MANUFAKTUR, Wringin Putih, Kec Bergas, Semarang, Jawa Tengah.

B. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Satu Set Saringan (*Sieve*)

Penggunaan alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat

2. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

Pemakaian alat ini digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain seperti uji penetrasi, uji titik lembek, uji kehilangan berat, uji daktilitas, uji berat jenis (piknometer dan timbangan).

3. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), alat pengering yaitu oven, timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).

4. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat dan Aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall, meliputi:

- a. Alat tekan Marshall yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin pengujii berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur flowmeter.
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 3 inchi (7,5 cm).
- c. Marshall automatic compactor yang digunakan untuk pemasakan campuran sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah).
- d. Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemasakan.
- e. Bak perendam (water bath) yang dilengkapi pengatur suhu.

- f. Alat-alat penunjang yang meliputi pengorengan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, ember untuk merendam benda uji, jangka sorong, pan, dan tipe-x yang digunakan untuk menandai benda uji.

C. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Agregat Kasar

Agregat yang digunakan berasal dari PT. Watu Maju Bersama (WMB) yang berlokasi di Gringsing Batang dengan ukuran butiran standar untuk lapis perkerasan jenis laston.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Watu Maju Bersama (WMB) yang berlokasi di Gringsing Batang. Agregat halus didapat dari proses disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

3. Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis aspal modifikasi PG 76

4. Bahan Pengisi / atau material lolos saringan No.200 (Filler)

Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen.

D. Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir seperti pada gambar (gambar alir penelitian) yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan

Pada tahap ini yang dilakukan yaitu menyiapkan bahan, dan pengecekan alat-alat yang akan digunakan. Persiapan bahan (aspal PG 76, agregat kasar, agregat halus, filler).

2. Pengujian bahan

a. Aspal PG 76

Pengujian aspal PG 76 dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Standar pengujian aspal seperti tertera pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Standar Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetras 25°C (mm)	SNI 2456-2011
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011
3	Dektilitas 25°C (cm)	SNI 2432:2011
4	Berat Jenis	SNI 2441:1991
5	Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2

a. Agregat kasar, Agregat halus, dan filler

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Untuk agregat kasar, agregat halus, dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan dan filler yang digunakan adalah semen. Berikut adalah standar ketentuan pemeriksaan agregat pada Tabel 8 dibawah ini

Tabel 8. Standar Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990
3	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1968-1990
4	Los Angles Tes	SNI 2417:2008

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2

b. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

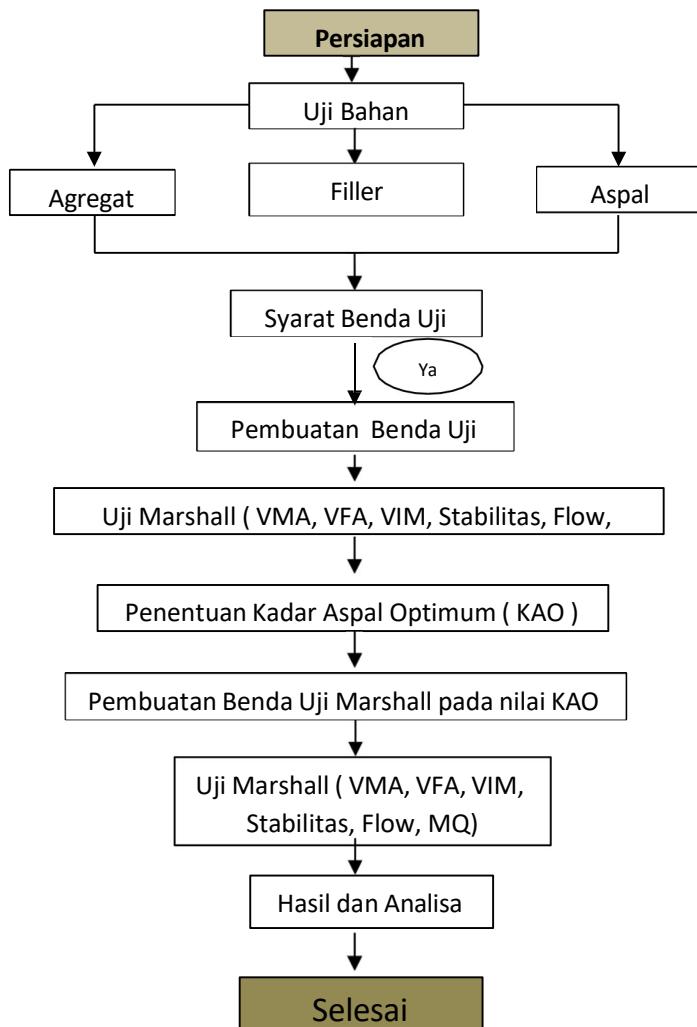
Tabel 9. Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal Untuk Campuran & Pemadatan

No.	Prosedur Pelaksanaan	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)		
		Aspal Pen.60-70 dengan Asbuton B 50/30	Asbuton Pra-Campur	Aspal Pen.60-70 dengan Asbuton B 5/20
1	Pencampuran benda uji Marshall	160 ± 1		165 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	150 ± 1		155 ± 1
3	Pencampuran di Unit Pencampur Aspal			
	- Pemanasan Agregat di Dryer	170-180		160-170
	- Pemanasan Aspal di Tangki	160-170		165-175
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	140-155		145-160
5	Pemasukan ke Alat Penghampar	135-155		140-160
6	Pemadatan Awal (roda baja)	130-150		135-155
7	Pemadatan Antara (roda karet)	105-130		110-135
8	Pemadatan Akhir (roda baja)	>100		>105

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2

Perancangan Campuran dilakukan dengan menggunakan *Metode Asphalt Institute* dan perhitungan penggabungan nilai persentase lolos saringan (%) agregat menggunakan cara Diagonal. Setelah semua agregat di analisis menggunakan saringan selanjutnya nilai persentase gradasi agregat gabungan dikontrol menggunakan cara coba-coba (*trial and error*) yaitu untuk menentukan proporsi campuran yang ideal yang mendekati spesifikasi yang telah ditentukan.

E. Diagram Alur Pengujian



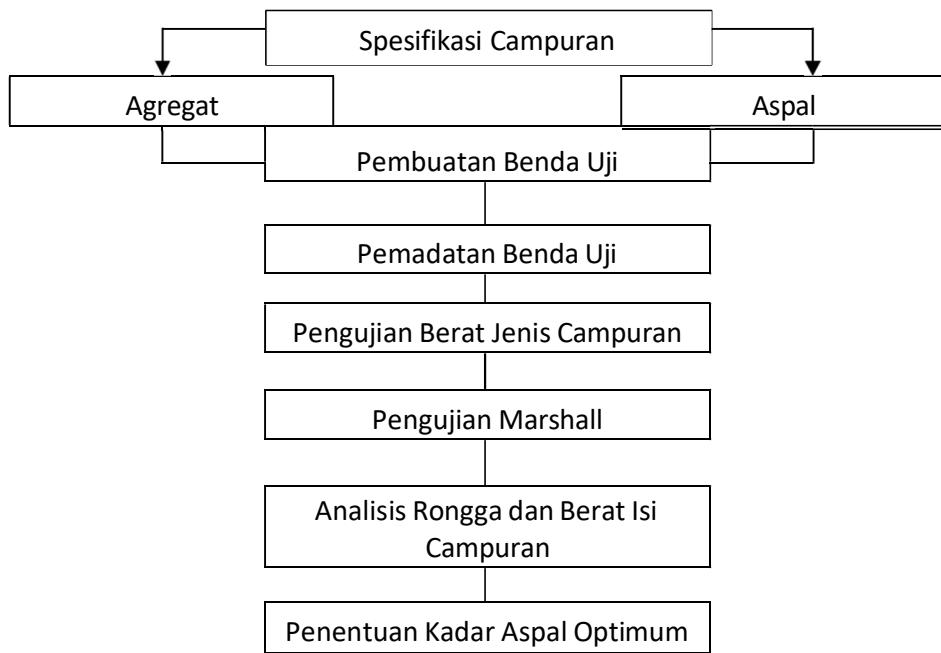
Gambar : 3.1 Diagram Alur Pengujian

Diagram Tahapan Pembuatan Mix Design Campuran Aspal



Gambar : 3.2 Diagram Alir Pembuatan Mix Design

Diagram Alur Menentukan Kadar Aspal Optimum



Gambar : 3.3 Diagram Alir Penentuan KAO

Diagram Alur Cara Pengujian Stabilitas



Gambar : 3.4 Diagram Alir Pengujian Stabilitas Marshall

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian sifat fisik Agregat

Pemeriksaan gradasi agregat yang digunakan untuk bahan pencampuran aspal dilakukan dengan uji analisis saringan yang hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10. Hasil analisis saringan

Ukuran Saringan		Percentase lolos saringan (%)				
		Batu pecah 1"	Batu pecah 3/4"	Batu pecah 1/2"	Abu batu	Filler
Inchi	mm					
1"	25,4		100,00	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,1		100,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,7		50,95	100,00	100,00	100,00
3/8"	9,5		16,18	84,89	100,00	100,00
# 4	4,75		1,36	30,43	100,00	100,00
# 8	2,38		0,58	4,32	82,51	100,00
# 16	1,18		0,50	1,16	61,94	100,00
# 30	0,60		0,45	1,06	43,22	98,66
# 50	0,30		0,43	1,01	32,75	85,16
# 100	0,15		0,38	0,94	18,79	66,31
# 200	0,075		0,30	0,84	10,80	36,22

Selain itu, dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat, yang berupa pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus, serta pemeriksaan keausan (*Abrasi*) agregat kasar. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 11. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan agregat halus

No	Pengujian	Jenis Material			
		Batu Pecah 1"	Batu Pecah 3/4"	Batu Pecah 1/2"	Abu Batu
1	Berat Jenis Bulk		2,641	2,626	2,607
2	Berat Jenis SSD		2,682	2,670	2,667
3	Berat Jenis Semu <i>(apparent)</i>		2,754	2,747	2,774
4	Penyerapan Air		1,551	1,676	2,302

2. Perancangan Campuran

Perancangan Campuran dilakukan dengan menggunakan *Metode Asphalt Institute* dan perhitungan penggabungan nilai persentase lolos saringan (%) agregat menggunakan cara Diagonal. Setelah semua agregat di analisis menggunakan saringan selanjutnya nilai persentase gradasi agregat gabungan dikontrol menggunakan cara coba-coba (*trial and error*) yaitu untuk menentukan proporsi campuran yang ideal yang mendekati spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tabel proporsi campuran agregat hasil dari (*trial and error*) nilai persentase lolos saringan.

Tabel 12. Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara *Trial and Error*

Ukuran Saringan		Percentase lolos saringan (%)							Hasil Gradasi Gabunga n	
		CA			FA		Filler			
		Batu pecah 1"	Batu pecah 3/4"	Batu pecah 1/2"	Abu batu	Semen				
		Proporsi Campuran Agregat								
Inchi	mm			15%	40%	44%	1%	100%		
1"	25,4								100,00	
3/4"	19,1		100,0	15,00	100,0	40,00	100,0	44,0	98,66 0,99 99,99	
1/2"	12,7		50,95	7,64	100,0	40,00	100,0	44,0	98,66 0,99 92,63	
3/8"	9,5		16,18	2,43	84,89	33,96	100,0	44,0	98,66 0,99 81,37	
# 4	4,75		1,36	0,20	30,43	12,17	100,0	44,0	98,66 0,99 57,36	
# 8	2,38		0,58	0,09	4,32	1,73	82,51	36,30	98,66 0,97 39,09	
# 16	1,18		0,50	0,07	1,16	0,46	61,94	27,25	98,66 0,97 28,77	
# 30	0,60		0,45	0,00	1,06	0,42	43,72	19,24	98,66 0,99 20,71	
# 50	0,30		0,0	0,00	1,01	0,41	32,75	14,41	85,16 0,85 15,67	
# 100	0,15		0,0	0,00	0,94	0,37	18,79	8,27	66,31 0,66 9,30	
# 200	0,075		0,0	0,00	0,84	0,34	10,80	4,75	36,22 0,36 5,45	

Untuk menentukan proporsi campuran yang ideal kita juga harus memperhatikan nilai spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tabel hasil gradasi gabungan yang dikontrol berdasarkan nilai spesifikasi.

Tabel 13. Hasil Perhitungan Gradasi Gabungan Cara *Trial and Error* berdasarkan nilai Spesifikasi.

Ukuran Saringan	Hasil Gradasi Gabungan	Spesifikasi	Keterangan
1"	100,00	100 - 100	
3/4"	99,99	90 - 100	✓
1/2"	92,63	75 - 90	✓
3/8"	81,37	77 - 90	✓
#4	57,36	53 – 69	✓
#8	39,09	33 – 53	✓
#16	28,77	21 – 40	✓
#30	20,71	14 – 30	✓
#50	15,67	9 – 22	✓
#100	9,30	6 – 15	✓
#200	5,45	4 – 9	✓

Dari hasil perhitungan komposisi campuran yang sudah didapat, nilai total kombinasi dapat digunakan untuk menentukan perkiraan kadar aspal awal. Perkiraan kadar aspal awal diperoleh dengan menggunakan Persamaan 11.

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{Konstanta}(11)$$

dengan:

Pb = Kadar aspal tengah / ideal, persen terhadap berat
campuran CA = Agregat kasar; (BP 1"+ BP ¾"+BP ½")

FA = Agregat halus; (Abu Batu)

Filler = Agregat halus lolos saringan No. 200

Dengan menggunakan persamaan tersebut diperoleh kadar aspal Pb sebesar 5,58% atau dibulatkan menjadi 5,5% untuk mempermudah perhitungan terhadap berat total agregat. Selanjutnya ditentukan 2 variasi kadar aspal di bawah dan 2 variasi kadar aspal di atas nilai Pb, dengan interval 0,5%. Kelima variasi kadar aspal tersebut adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Berat total agregat yang digunakan adalah 1.200 gram.

Berdasarkan komposisi yang telah ditetapkan, dilakukan perhitungan berat material dan aspal untuk pembuatan benda uji. Rancangan berat material dan aspal dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 14. Rancangan Komposisi Campuran.

Agregat kasar						Agregat Halus		Filler		Berat Total Agregat Campuran	
BP 1"		BP 1/2"		BP 3/4"		Abu batu		Semen			
%	gram	%	gram	%	gram	%	gram	%	gram		
		40	458,4	15	171,9	44	504,2	1	0,95	1200	
Variasi Kadar Aspal										Kode Sample	
4,5%		5,0%		5,5%		6,0%		6,5%			
Berat Kadar Aspal terhadap Total Campuran											
%	gram	%	gram	%	gram	%	gram	%	gram		
4,5	54,0	5,0	60,0	5,5	66,0	6,0	72,0	6,5	78	1	

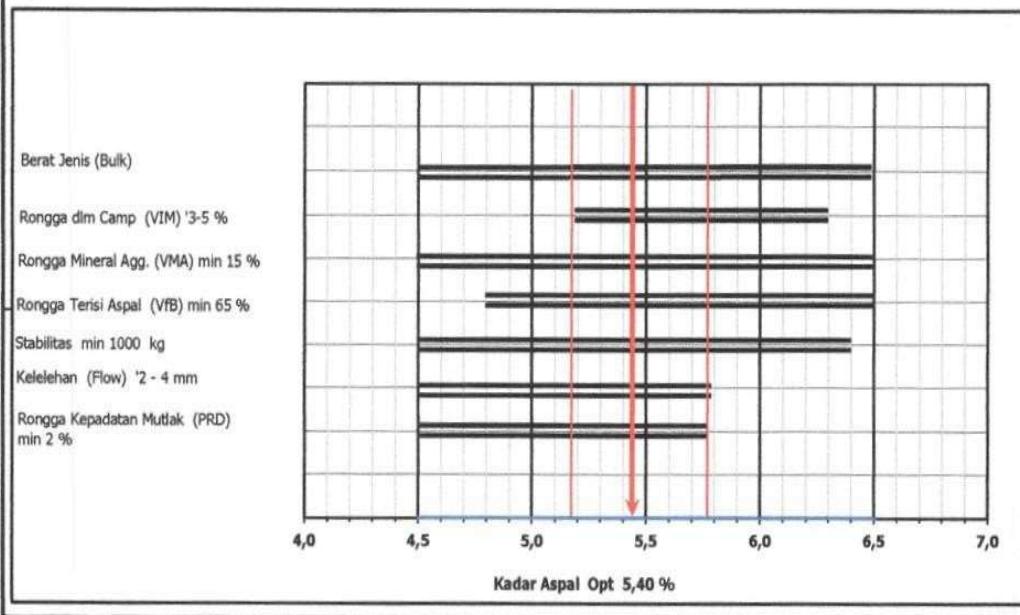
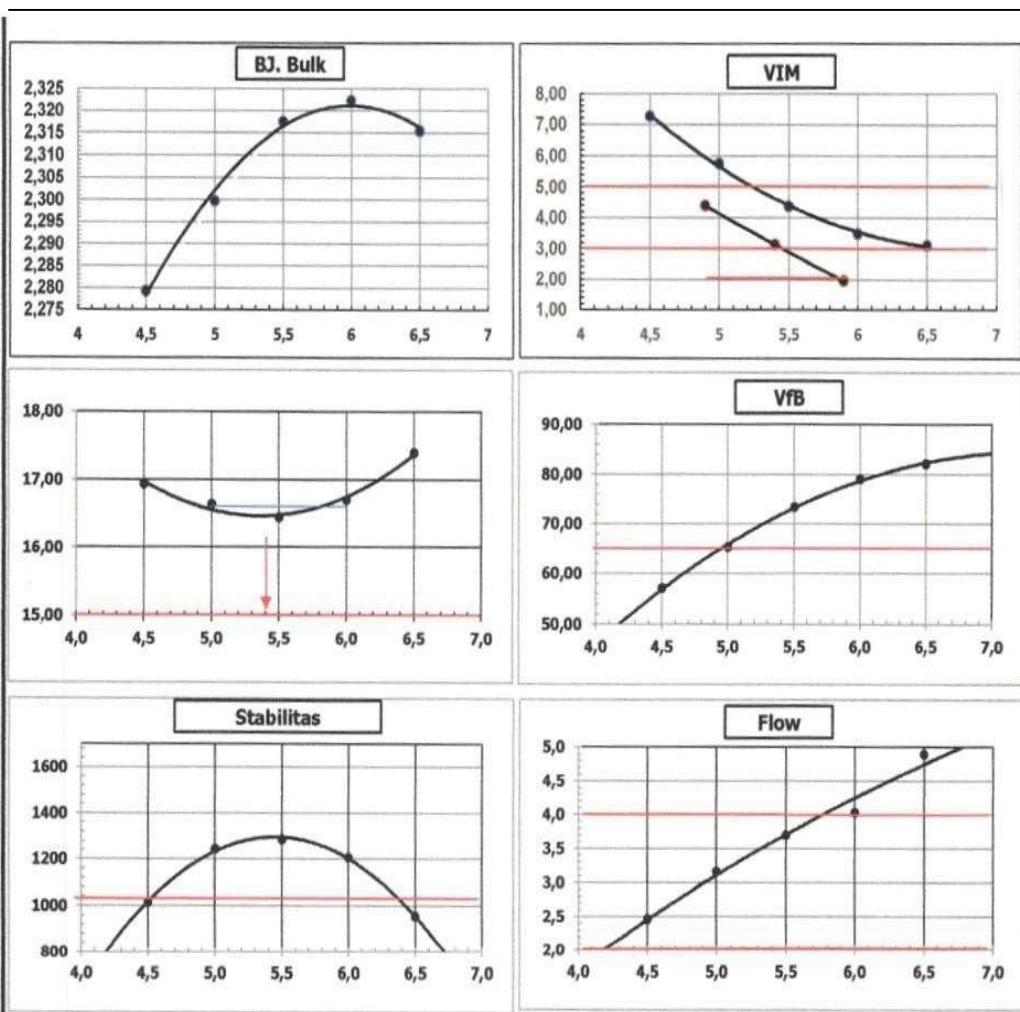
3. Pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil dari pengujian Marshall diatas dapat dilihat pada Tabel 16. Hasil pengujian Marshall ini menunjukkan bahwa parameter Marshall pada campuran beraspal dengan kadar aspal 5,0%, 5,5% dan 6,0% memenuhi spesifikasi, sedangkan beberapa parameter Marshall pada campuran beraspal dengan kadar aspal 4,5% dan 6,5% tersebut tidak memenuhi spesifikasi.

Tabel 15. Hasil Pengujian Parameter Karakteristik Marshall

Kadar Aspal (%)	Parameter karakteristik Marshall					Keterangan
	Stabilitas	Flow	VIM	VFA	MQ	
	Kg/cm ²	mm	%	%	kg/mm	
4,5	1014	2,50	7,26	57,15	411	VIM,VFB tidak memenuhi
5,0	1243	3,20	5,76	65,36	392	Memenuhi
5,5	1286	3,70	4,36	73,44	348	Memenuhi
6,0	1207	3,48	3,48	79,13	299	Memenuhi
6,5	1026	3,10	4,36	82,16	221	MQ tidak memenuhi
Spesifikasi	> 1000	2 - 4	3 - 5	> 65	250	

Dari tabel hasil pengujian parameter karakteristik Marshall diatas menunjukkan bahwa pada kadar aspal 5,0 ,5,5 dan 6,0 campuran telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. kemudian dilanjutkan dengan langkah selanjutnya yaitu menentukan kadar aspal optimum dengan cara memasukan nilai pada tabel tersebut kedalam grafik, bisa kita lihat sebagai berikut:



Hasil evaluasi sifat karakteristik Marshall menunjukkan bahwa pada rentang kadar aspal 5,29% hingga 5,75%, campuran memenuhi semua persyaratan yang ditentukan (Gambar 1). Berdasarkan rentang tersebut diambil nilai tengah rentang, yaitu 5,45% sebagai nilai KAO. Hasil nilai parameter Marshall dengan KAO dapat dilihat pada Tabel 17.

Kadar aspal optimum kadar aspal yang terpilih dari sebuah percobaan dan pencampuran dan percobaan penghamparan dengan parameter jobmix design yang menyebabkan terjadinya pencampuran aspal yang baik, kemudian penentuannya dari hasil marshall quotient, stabilitas, flow, rongga udara dalam campuran (VIM), rongga udara dalam mineral agregat (VMA), serta variasi terhadap kadar aspal awal perencanaan. Semakin besar kadar aspal maka aspal akan menyebabkan aspal menjadi leleh keluar (blending) dan apabila kadar aspal semakin kecil maka aspal akan mudah runtuh.

Tabel 16. Nilai Parameter Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum (KAO)

Komposisi campuran	Kadar Aspal Optimum (%)	Parameter karakteristik Marshall				
		Stabilitas	Flow	Rongga dalam campuran (VIM)	Rongga Terisi Aspal (VFA)	Hasil bagi Marshall (MQ)
		Kg/cm ²	mm	%	%	kg/mm
I	5,4	1290	3,6	4,55	72,22	358
Spesifikasi	-	> 1000	2 - 4	3 - 5	> 65	250

4. Pembahasan Hasil Penelitian Percobaan Marshall

a. Pembahasan Terhadap Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapis perkerasan jalan untuk menahan deformasi akibat adanya beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan

bentuk tetap seperti gelombang, alur (*rutting*) ataupun *bleeding*.

Nilai stabilitas pada Tabel 16. Pada percobaan Marshall memiliki nilai paling tinggi yaitu 1286 kg/cm^2 dengan kadar aspal 5,5 %. Hal tersebut menunjukkan rongga dalam campuran dan rongga yang terisi aspal memiliki perbandingan yang tepat atau saling mengisi (interlock) dalam campuran aspal sehingga dapat meningkatkan nilai stabilitas, yang berarti campuran agregat dengan aspal terselimuti secara menyeluruh.

b. Pembahasan Terhadap Nilai *Flow*

Flow atau kelelahan adalah besarnya deformasi atau penurunan yang terjadi pada campuran benda uji akibat menahan beban yang bekerja hingga batas runtuhan, dinyatakan dalam satuan mm.

Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, gradasi, suhu, dan jumlah pemasukan, semakin tinggi nilai *flow* maka campuran semakin elastis. Dalam percobaan campuran Marshall tersebut, bisa dilihat semakin tinggi kadar aspal maka semakin tinggi juga nilai *flow*nya tetapi tidak untuk nilai stabilitasnya. Hal tersebut menunjukkan campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk, sehingga besarnya deformasi akibat beban lalu lintas akan semakin meningkat pula. Maka dari itu dalam percobaan dengan berbagai variasi kadar aspal, harus menentukan nilai optimum pada variasi kadar aspal yaitu menentukan nilai yang ideal pada penggunaan penambahan aspal agar campuran tidak mudah mengalami perubahan bentuk dan mengurangi deformasi akibat beban lalu lintas. Nilai *flow* pada campuran laston (AC- WC) pada variasi kadar aspal yaitu diperoleh nilai paling tinggi dengan kadar aspal 6,5 % .akan tetapi semakin tinggi nilai kadar aspalnya dapat mengakibatkan kemungkinan besar terjadinya bleeding , bleeding.

c. Pembahasan Terhadap Nilai VIM (*Void In Mixture*)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam campuran. Rongga udara diperlukan untuk tersedianya ruang gerak bagi unsur- unsur dalam campuran pada saat suhu perkerasan tinggi. Nilai VIM berpengaruh kepada keawetan dari campuran aspal agregat,

Pada Percobaan ini nilai VIM dengan kadar aspal rendah memiliki nilai VIM yang

tinggi dibandingkan dengan kadar aspal yang banyak, bisa dikatakan semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous, hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat dimana air dan udara mudah masuk dalam campuran.

Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai VIM tinggi berarti kadar aspal rendah dan kemungkinan besar terjadi segregasi atau campuran mudah lepas karena tingginya nilai VIM dalam campuran. Pada campuran laston (AC-WC) tersebut pengujianya sesuai syarat yang ditetapkan pada spesifikasi bina marga 2010 yaitu sebesar 3% - 5%.

d. Pembahasan Terhadap Nilai VFA (*Void Filled with Asphalt*)

VFA merupakan persentase rongga yang dapat terisi aspal pada campuran setelah dipadatkan. Besarnya nilai VFA menentukan tingkat keawetan campuran. Nilai VFA dipengaruhi oleh jumlah tumbukan dan suhu saat campuran aspal dipadatkan, gradasi agregat dan banyaknya kadar aspal.

, yang berarti semakin banyak rongga dalam campuran aspal (VIM) maka akan semakin kecil nilai rongga yang terisi aspal (VFA), dikarenakan aspal cair memiliki sifat kau oleh karena itu semakin banyak penambahan kadar aspal maka sifat elastisitas aspal akan semakin menurun hal ini menyebabkan aspal tidak dapat mengisi seluruh rongga yang ada dalam campuran. sehingga campuran tidak mudah mengalami bleeding saat temperatur meningkat. Oleh karena itu dalam percobaan berbagai variasi kadar aspal, harus menentukan nilai Kadar Plastik Optimum, Agar campuran bisa seimbang dan tidak mudah mengalami bleeding, pada percobaan campuran laston (ACWC) tersebut dengan menggunakan variasi kadar aspal didapat nilai VFA pada percobaan marshall stability diperoleh nilai paling tinggi 82,16% dengan kadar aspal 6,5%, dan di kadar aspal 4,5% didapat nilai VFA 57,15% hal tersebut tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan minim 65% Tabel 16.

e. Pembahasan Terhadap Nilai MQ (*Marshall Quotient*)

MQ (*Marshall Quotient*) merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan nilai *flow*. MQ dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekuatan dan *fleksibelitas* dari suatu campuran aspal.

Pada percobaan ini nilai MQ terus menurun pada Tabel 19. Hal tersebut menunjukkan

bahwa semakin tinggi nilai kadar aspal dalam campuran aspal nilai MQ nya semakin kecil , yang berarti campuran bersifat kaku dan memiliki *fleksibilitas* yang rendah sehingga campuran akan lebih mudah mengalami retak (*cracking*). Maka dari itu dalam percobaan Marshall dengan berbagai variasi kadar aspal, harus menentukan nilai optimum pada variasi tersebut yaitu untuk menentukan nilai yang ideal pada penggunaan kadar aspal terhadap komposisi agregat agar campuran memiliki sifat kaku dan *fleksibilitas* yang seimbang sehingga campuran tidak mudah mengalami retak (*cracking*) dan *bleeding*. Nilai MQ pada Tabel 24. percobaan Marshall campuran laston (AC-WC) dengan berbagai variasi kadar aspal telah memenuhi syarat sesuai spesifikasi bina marga 2010 yaitu minimum 250 kg/mm, kecuali kadar aspal 6,5% yang memiliki nilai MQ 221 kg sehingga tidak memenuhi spesifikasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Setelah mengadakan serangkaian kegiatan penelitian di laboratorium PT. KADI INDONESIA MANUFAKTUR Berdasarkan studi ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Aspal PG76 salah satu jenis aspal modifikasi yang memiliki daya rekat kuat dan memiliki daya tahan tinggi terhadap suhu panas dibandingkan aspal jenis lainnya, dan aspal PG76 ini bisa direkomendasikan untuk pekerjaan seperti Sirkuit, Bandara, daerah – daerah ekstrim seperti daerah tropis di Indonesia.
- 2) Hasil penelitian campuran terhadap parameter Marshall dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5% didapat Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,4 %.
- 3) Untuk pembanding terhadap parameter teknis terhadap kadar aspal optimum dibuat kembali benda uji marshall untuk menentukan nilai *JSD* (*Job Standart Density*) dalam campuran AC WEARING tersebut .
- 4) Pada percobaan campuran Marshall AC WEARING diatas dengan berbagai variasi kadar aspal terhadap berat aspal optimum, mempunyai nilai parameter Marshall sebagai berikut:
 - a. Nilai stabilitas untuk percobaan Marshall AC WEARING menggunakan aspal PG76 diatas semua memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Nilai stabilitas tertinggi terdapat pada percobaan kadar aspal 5,5% dengan nilai stabilitas 1286 kg terhadap Kadar Aspal Optimum memiliki nilai stabilitas 1290 kg.
 - b. Nilai kelelahan (*flow*) untuk percobaan Marshall AC WEARING dengan aspal PG 76 semakin meningkat. Hal tersebut menunjukan bahwa penggunaan aspal terlalu banyak dalam

campuran aspal dapat meningkatkan nilai *flow*, yang berarti campuran bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk, sehingga besarnya deformasi akibat beban lalu lintas akan semakin meningkat pula. Nilai *flow* pada tabel 24. Memenuhi syarat spesifikasi.

- c. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) untuk percobaan Marshall AC WEARING diatas semakin meningkat atau semakin tinggi kadar aspalnya maka untuk rongga udara dalam campuran semakin kecil, ini dikarenakan kadar aspal yang tinggi menjadikan campuran semakin elatis tanpa ada rongga untuk udara didalam campuran. Hal tersebut menunjukan bahwa penggunaan aspal terlalu banyak dalam campuran dapat meningkatkan nilai (VIM), yang berarti semakin besar nilai (VIM) rongga dalam campuran aspal akan semakin elastis campuran aspal tersebut dan rongga semakin kecil, Nilai (VIM) pada percobaan diatas paling tinggi didapatkan dengan nilai VIM 7,26% sedangkan nilai terendah pada Percobaan campuran Marshall diatas yaitu sebesar 3,10%. Sedangkan nilai (VIM) Pada marshall kadar aspal optimum yaitu 4,55%
 - d. Nilai rongga terisi aspal (VFA) untuk percobaan Marshall AC WEARING diatas semakin naik rongga yang terisi aspal seiring bertambahnya nilai kadar aspal. Hal tersebut menunjukan bahwa penggunaan aspal terlalu banyak dalam campuran hotmix dapat menurunkan nilai (VFA), yang berarti semakin banyak rongga dalam campuran aspal (VIM) maka akan semakin kecil nilai rongga yang terisi aspal (VFA), dikarenakan aspal memiliki sifat pengaku dan pengikat sehingga campuran tidak mudah mengalami *bleeding* saat temperatur meningkat. Nilai (VFA) pada tabel 24. Pada kadar aspal 4,5 tidak memenuhi nilai spesifikasi yang disyaratkan.
 - e. Nilai hasil bagi Marshall untuk percobaan diatas kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0% memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sedangkan nilai hasil bagi Marshall dengan kadar aspal 6,5% tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan min 250, sedangkan hasil bagi marshall tertinggi terdapat pada percobaan Marshall yaitu sebesar 411 kg/mm dan nilai terendah terdapat pada percobaan yaitu sebesar 221 kg/mm, sedangkan hasil bagi marshall pada kadar aspal optimum memenuhi spesifikasi yang ditentukan dengan nilai 358 kg/mm.
- 5) Dalam studi ini diperoleh hasil nilai yang ideal yaitu pada percobaan Marshall AC

WEARING COURSE menggunakan aspal PG 76 didapatkan dengan kadar aspal optimal yaitu 5,4%. Nilai parameter karakteristik Marshall ini menghasilkan stabilitas sebesar 1290 kg, *flow* sebesar 3,60 mm, rongga dalam campuran (VIM) sebesar 4,55%, rongga terisi aspal (VFA) sebesar 72,22%, dan hasil bagi Marshall (MQ) sebesar 358 kg/mm. Nilai tersebut memenuhi syarat spesifikasi.

B. SARAN

1. Pada saat menentukan Proporsi campuran dengan cara coba-coba (*Trial and error*) harus selalu memperhatikan nilai spesifikasi yang disyaratkan dan dilakukan berulang ulang agar mendapatkan Proporsi campuran yang ideal.
2. Pada waktu pencampuran agregat dengan aspal, suhu pada campuran harus diperhatikan dan campuran harus sering diaduk sampai aspal benar-benar tercampur secara homogen.
3. Agar kepadatan semua benda uji Marshall mendapatkan hasil kepadatan yang maksimal dengan nilai kepadatan yang merata sebaiknya menggunakan alat penumbuk *marshall automatic compactor*.
4. Pada waktu perendaman Marshall sebelum melakukan uji stabilitas suhu air pada *water bath* harus diperhatikan yaitu dengan suhu tetap 60⁰C dan waktu perendaman harus diperhatikan juga yaitu selama 30 mnt, Untuk mendapatkan hasil uji stabilitas yang baik.
5. Untuk semua alat uji harus selalu dikalibrasi untuk mendapatkan hasil nilai yang akurat.
6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang campuran aspal dengan bahan tambahan lainnya dengan berbagai variasi campuran, Hal ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi limbah – limbah yang ada disekitar lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

2018. *Bab VI Spesifikasi Umum Revisi 2 Perkerasan Aspal.* Republik Indonesia Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 113 hal.
- Carlina, Serli. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshal pada Laston (AC-WC).* Skripsi teknik sipil Universitas Lampung. 91 hal.
- Hendarsin, Shirley. 2000 . *Aspal merupakan bahan plastis dengan kelenturan yang mudah dicampur dengan agregat, aspal lebih tahan terhadap asam dan garam garaman.* Jurnal Transportasi Vol. 19 No. 3 Desember 2019: 179-186 *Karakteristik Marshall campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course Menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis Polyethylenen Terephthalate* Tugas Akhir tidak diterbitkan. Palangka Raya: Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
- Jurnal Peneltian Tugas Akhir Fitriana Aji, dan Isrofin 2018. Campuran Aspal Cair Dengan Limbah Plastik
- Nasution, M.F.N. 2017. *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) terhadap Karakteristik Campuran AC-WC di Laboratorium.* Tugas Akhir tidak diterbitkan. Medan: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Marshall, Bruce. U.S Corps Of Engineer. *Metode Marshall dan Pengujian Marshall.*
- Purwadi, Didik. 2008. *Buku Ajar Rekayasa Jalan Raya 2 (Perkerasan Jalan).* Universitas Diponegoro. 15 hal.
- Soehartono . 2016 . *Aspal Lapis Perkerasan Berfungsi Sebagai Pengikat. Spesifikasi Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Jalan, Mengacu Standar AASHTO, ASTM, SNI.*
- Sukirman, Silvia. 1999. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan.* Jakarta. Granit. 104 hal.
- Suprapto Tm. 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya.* Yogyakarta. KMTS FT UGM. 59 hal.
- Tenrisukki, Andi Tenrijeng. *Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan Raya* Gunadarma. 207 hal

LAMPIRAN - LAMPIRAN



Gambar 1 : Proses Pengeringan Material



Gambar 2: Proses Pembagian Material Untuk Benda Uji



Gambar 3 : Proses Pembagian Material dan gradasi Untuk Benda Uji



Gambar 4 : Proses Penimbangan Material Untuk Benda Uji



Gambar 5 :
Proses pembuatan sampel briket Untuk Benda Uji



Gambar 6 :
Proses Penimbangan Campuran Material Untuk Benda Uji



Gambar 7 :
Proses Pemasukan
Material kedalam
wadah Untuk Benda
Uji



Gambar 8 :
Proses Penggorengan
Material Untuk Benda
Uji



Gambar 9 :
Proses Pemberian
Aspal Cair Pada
Material



Gambar 10 :
Penuangan Material
Untuk Benda Uji
Marshall pada
Cetakan



Gambar 11 : Proses
Perapian Material
Menggunakan Spatula
Benda Uji Marshall
pada Cetakan



Gambar 12 :
Proses pemanatan
Material Untuk Benda
Uji Marshall pada
Cetakan



Gambar 13 :
Pelepasan Benda Uji
dari cetakan



Gambar 14 :
Pengukuran dan
penandaan Benda
Uji Marshall



Gambar 15 :
Sampel setelah
dilepas dari
cetakan Benda Uji
Marshall



Gambar 16 :
Penimbangan Benda
Uji Marshall di udara



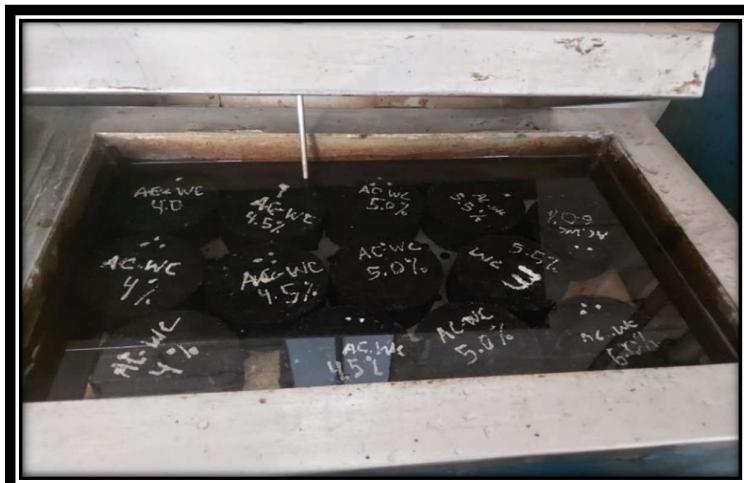
Gambar 17 :
Perendaman Benda
Uji Marshall di
dalam air



Gambar 18 :
Penimbangan
Benda Uji
Marshall di
dalam air



Gambar 19 :
Penimbangan Benda
Uji Marshall setelah
SSD



Gambar 20 :
Perendaman Benda
Uji Marshall pada
Water Bath



Gambar 21 :
Proses Perendaman
Benda Uji Marshall
Pada suhu 60 C



Gambar 22 :
Pengetesan Benda
Uji Marshall (Test
Stability)



Gambar 23 :
Pengetesan Benda
Uji Marshall (Test
Stability)

PEMERIKSAAN SIFAT - SIFAT CAMPURAN ASPAL
DENGAN METODE MARSHALL

PEMERIKSAAN SIFAT - SIFAT CAMPURAN ASPAL
DENGAN METODE MARSHALL

Ketorsi Prov/Ring : 11.80

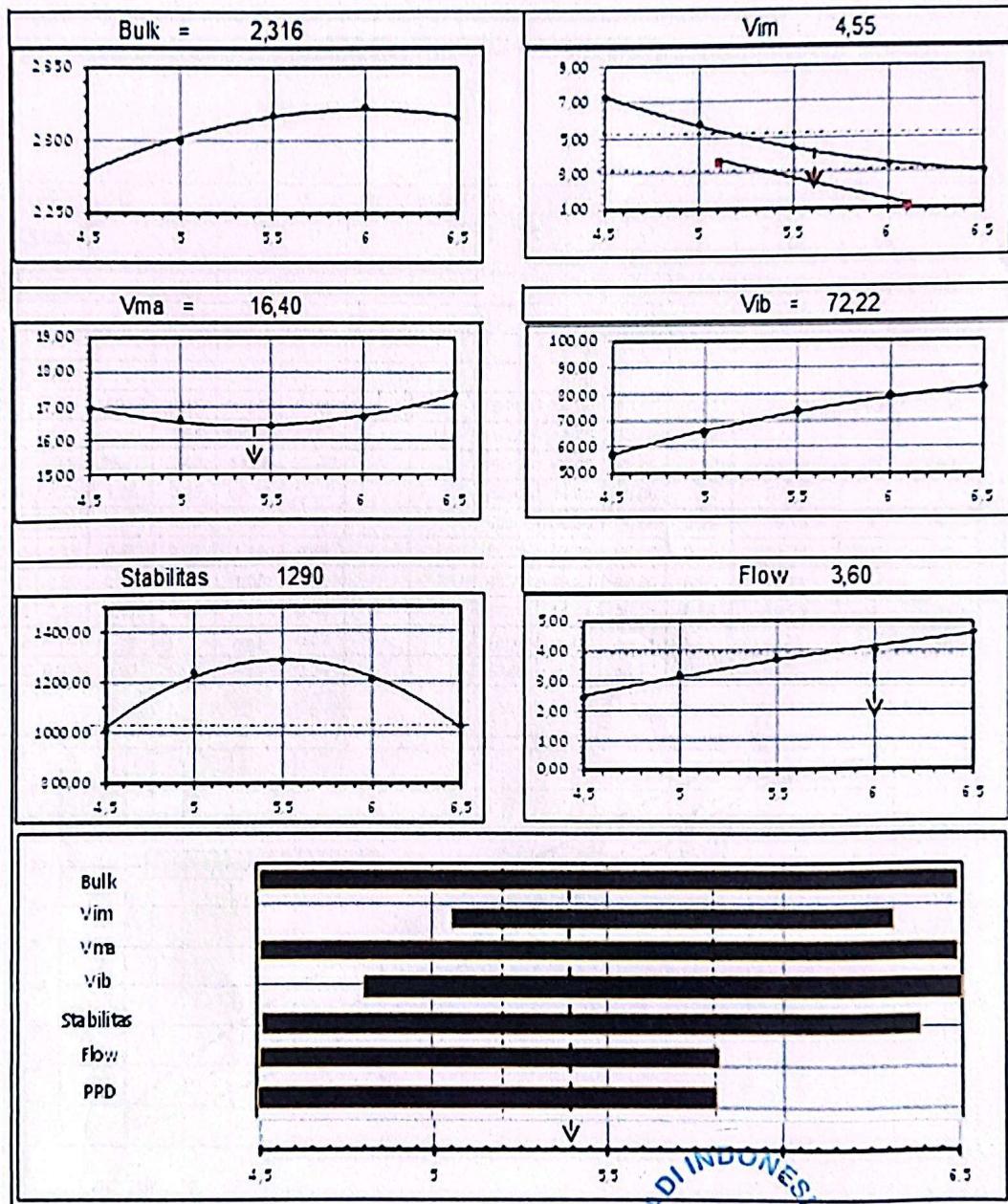
b) Aspal : 1.04

Gse : 2.621

Gsb : 2.621

No	Kadar	Kadar	Berat	Berat	Volume	Bij/Bulk	% Rongga	% Rongga	Stabilitas	Lau	Penyir	Total
Bentuk	Aspal	Aspal	Dibentuk	Dlm Air	SSD	Campuran	dim camp.	dim camp.	Oberata	Perme	Aspal	Lapis
Up	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	Aspal Film
%Sesat												-
Total												100(q-a)
Aggregat												p/(100-b)
Component												(l/100h)
%	%	(Gr)	(Gr)	(Gr)								mm
1	1190.2	673.7	1196.2	522.5	2.278				87	1026	2.3	
2	1189.6	677.3	1198.6	521.3	2.282				85	1003	2.7	
3	4.50	1184.5	671.5	1191.5	520.0	2.278			86	1014	2.4	
					2.279	2.46	16.94	7.26	57.15	1014	2.5	411
												5.465
												0.083
												8.14
1		1185.2	678.7	1191.2	515.1	2.301			107	1262	3.0	
2		1184.6	679.5	1191.6	514.4	2.303			104	1227	3.3	
3	5.00	1187.6	671.6	1192.6	517.5	2.295			105	1239	3.2	
					2.300	2.44	16.63	6.76	65.36	1243	3.2	392
												5.465
												0.083
												9.11
1		1188.6	684.6	1195.6	513.0	2.317			109	1286	3.7	
2		1187.4	683.4	1195.4	512.0	2.319			110	1298	3.6	
3	5.50	1193.6	688.2	1202.6	515.4	2.316			108	1274	3.8	
					2.317	2.42	16.44	4.36	73.44	1286	3.7	348
												5.465
												0.083
												10.08
1		1182.3	680.3	1189.3	509.0	2.323			103	1215	3.8	
2	6.00	1179.6	677.2	1185.6	508.4	2.320			105	1239	4.0	
3	6.50	1181.4	679.1	1187.4	508.3	2.324			99	1168	4.3	
					2.322	2.41	16.70	3.48	79.13	1207	4.0	299
												5.46
												0.082
												11.08

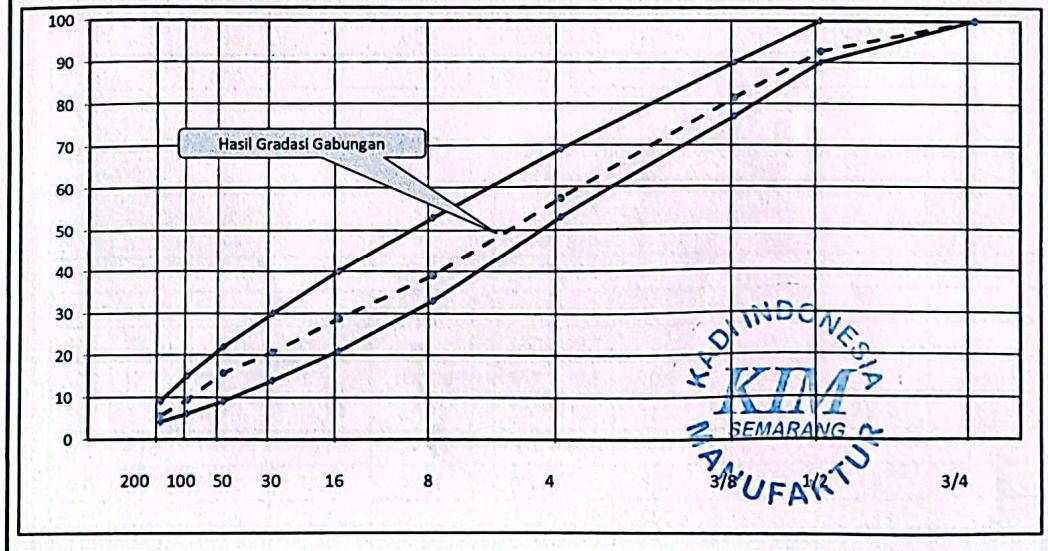
KALIAND
KIM
UFAN
CEMARANG



KIM
SEMARANG
MANUFAKTUR
INDONESIA

TABEL GRADASI GABUNGAN

Ukuran Saringan	Hasil Gradasι								Hasil Gradasι Gabungan	Spesifikasi	
	Lolos % Batu Pecah 3/4"		Lolos % Batu Pecah 1/2"		Lolos % Abu Batu		Lolos % Filler				
	Inchi	mm	15%	40%	44%	1.0%	100.0%	Min	Max		
1.5 "	37.5										
1"	25.4										
3/4"	19.1	100.00	15.00	100.00	40.00		100.00	44.00	98.66	0.99	
1/2"	12.7	50.94	7.64	100.00	40.00		100.00	44.00	98.66	0.99	
3/8"	9.5	16.17	2.43	84.88	33.95		100.00	44.00	98.66	0.99	
# 4	4.75	1.35	0.20	30.43	12.17		100.00	44.00	98.66	0.99	
# 8	2.36	0.57	0.09	4.32	1.73		82.51	36.30	98.66	0.99	
# 16	1.18	0.49	0.07	1.16	0.46		61.94	27.26	98.66	0.99	
# 30	0.60	0.44	0.07	1.06	0.42		43.72	19.23	98.66	0.99	
# 50	0.30	0.42	0.06	1.01	0.41		32.75	14.41	85.16	0.85	
# 100	0.150	0.37	0.06	0.94	0.37		18.79	8.27	66.31	0.66	
# 200	0.075	0.29	0.04	0.84	0.34		10.80	4.75	36.22	0.36	



ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

(SNI 03 - 1990 / AASTHO T. 27 - 88)

Jenis Material : Batu Pecah 3/4 "

Ukuran Saringan		Contoh 1			Rata-Rata-%	
		Berat Tertahan (Gram)	Tertahan %	Lolos %		
Inchi	mm					
1.5 "						
1"						
3/4"	19.1	0	0.0	100.0		
1/2"	12.7	2471.0	49.42	50.58		
3/8"	9.5	4184.0	83.68	16.32		
# 4	4.75	4932.0	98.64	1.36		
# 8	2.38	4972.0	99.44	0.56		
# 16	2.28	4976.0	99.52	0.48		
# 30	0.6	4978.0	99.56	0.44		
# 50	0.3	4979.0	99.58	0.42		
# 100	0.15	4982	99.64	0.36		
# 200	0.08	4986	99.72	0.28		
Brt Contoh		5000				
Brt Contoh		5000				

Jenis Material : Batu Pecah 1/2 "

Ukuran Saringan		Contoh 1			Rata-Rata-%	
		Berat Tertahan (Gram)	Tertahan %	Lolos %		
Inchi	mm					
1.5 "						
1"						
3/4"	19.1					
1/2"	12.7	0	0.00	100.00		
3/8"	9.5	147.4	14.74	85.26		
# 4	4.75	701.7	70.17	29.83		
# 8	2.38	957.8	95.78	4.22		
# 16	2.28	988.2	98.82	1.18		
# 30	0.6	989.1	98.91	1.09		
# 50	0.3	989.5	98.95	1.05		
# 100	0.15	990.1	99.01	0.99		
# 200	0.08	991.1	99.11	0.89		
Brt Contoh		1000				
Brt Contoh		1000				

KIMI

SEMARANG
MANUFAKTUR

ANALISA PEMBAGIAN BUTIRAN

(SNI 03 - 1990 / AASTHO T. 27 - 88)

Jenis Material :

Ukuran Saringan		Contoh 1			Ukuran Saringan		Contoh 2			Rata-Rata-%
		Berat Tertahan (Gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)			Berat Tertahan (Gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	
Inchi	mm									
3/4"	19.1				3/4"	19.1				
1/2"	12.7				1/2"	12.7				
3/8"	9.5				3/8"	9.5				
# 4	4.75				# 4	4.75				
# 8	2.38				# 8	2.38				
# 16	2.28				# 16	2.28				
# 30	0.6				# 30	0.6				
# 50	0.3				# 50	0.3				
# 100	0.15				# 100	0.15				
# 200	0.08				# 200	0.08				
Brt Contoh					Brt Contoh					

Jenis Material : Abu Batu

Ukuran Saringan		Contoh 1			Ukuran Saringan		Contoh 2			Rata-Rata-%
		Berat Tertahan (Gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)			Berat Tertahan (Gram)	Tertahan (%)	Lolos (%)	
Inchi	mm									
3/8"	9.5				3/8"	9.5				
# 4	4.75	0.00	0.00	100.00	# 4	4.75	0.00	0.00	100.00	100.00
# 8	2.38	130.7	17.08	82.92	# 8	2.38	141.3	17.90	82.10	82.51
# 16	2.28	298.0	38.95	61.05	# 16	2.28	293.4	37.16	62.84	61.94
# 30	0.6	439.9	57.50	42.50	# 30	0.6	434.8	55.07	44.93	43.72
# 50	0.3	519.9	67.96	32.04	# 50	0.3	525.4	66.54	33.46	32.75
# 100	0.15	628.2	82.12	17.88	# 100	0.15	634.0	80.29	19.71	18.79
# 200	0.08	688.2	89.96	10.04	# 200	0.08	698.3	88.44	11.56	10.80
Brt Contoh 765.0					Brt Contoh 789.6					

Filler

# 30	0.6	4.4	1.15	98.85	# 30	0.6	5.4	1.54	98.46	98.66
# 50	0.3	59.4	15.48	84.52	# 50	0.3	49.8	14.21	85.79	85.16
# 100	0.15	135.2	35.23	64.77	# 100	0.15	112.7	32.16	67.84	66.31
# 200	0.08	254.4	66.28	33.72	# 200	0.08	214.7	61.27	38.73	36.22
Brt Contoh 383.8					Brt Contoh 350.4					


KIM
 MANUFACTURE
 SEMARANG INDONESIA

PERHITUNGAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN

Uraian	Bulk	SSD	App	Absr			
Batu Pecah 3/4 "	2.641	2.682	2.754	1.551			
Batu Pecah 1/2 "	2.626	2.670	2.747	1.676			
Abu Batu	2.607	2.667	2.774	2.302			
Filer (Semen)	2.700						
BJ Maximum (GMM)	2.420						

Optimum % Aspal Estimas

CA	:	0.035	x	60.90	=	2.131	%
FA	:	0.045	x	33.61	=	1.512	%
FF	:	0.18	x	5.50	=	0.989	%
Konstanta	:				=	0.96	%
						5.59	

$$\begin{array}{r} \text{Gsb} & & 100 & & = & 2.621 \\ \hline & \frac{1.0\%}{2.700} + \frac{15.0\%}{2.641} + \frac{40.0\%}{2.626} + \frac{44.0\%}{2.607} & & & & \end{array}$$

BJ Efektif (Gse)	:	100	-	5.59	2.626
		<u>100</u>	-	<u>5.59</u>	
		2,420	-	1,040	

$$\text{Penyerapan} = \frac{(1.040 \times 100)}{2.626} \times (2.626 - 2.621) = 0.087$$



PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN

(PB - 0203 - 76)

Jenis Material : Batu Pecah 3/4 "

	Pengujian		Rata - rata
	1	2	
Berat Contoh Kering Oven	BK	3873	3925
Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh	BJ	3932	3987
Berat Contoh didalam Air	BA	2468	2498
Berat Jenis Bulk	<u>BK</u> BJ - BA	2.645	2.636
Berat Jenis SSD	<u>BJ</u> BJ - BA	2.686	2.678
Berat Jenis Semu (Apparent)	<u>BK</u> BK - BA	2.757	2.751
Penyerapan Air	<u>BJ-BKx100%</u> BK	1.523	1.580
			1.551

Jenis Material : Batu Pecah 1/2 "

	Pengujian		Rata - rata
	1	2	
Berat Contoh Kering Oven	BK	3768	3572
Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh	BJ	3831	3632
Berat Contoh didalam Air	BA	2394	2274
Berat Jenis Bulk	<u>BK</u> BJ - BA	2.622	2.630
Berat Jenis SSD	<u>BJ</u> BJ - BA	2.666	2.675
Berat Jenis Semu (Apparent)	<u>BK</u> BK - BA	2.742	2.752 <i>INDON</i> <i>2.747</i>
Penyerapan Air	<u>BJ-BKx100%</u> BK	1.672	<i>KLIVI</i> <i>1.680 SEMARAKA 1.676</i>

PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN
(PB - 0203 - 76)

Jenis Material

	Pengujian		Rata - rata
	1	2	
Berat Contoh Kering Oven	BK		
Berat Contoh Kering Permukaan Jenuh	BJ		
Berat Contoh didalam Air	BA		
Berat Jenis Bulk	$\frac{BK}{BJ - BA}$		
Berat Jenis SSD	$\frac{BJ}{BJ - BA}$		
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{BK}{BK - BA}$		
Penyerapan Air	$\frac{BJ-BK \times 100\%}{BK}$		

Jenis Material : Abu Batu

	Pengujian		Rata - rata
	1	2	
Berat Contoh SSD	A	500	500
Berat Contoh Kering Oven	B	488.4	489.1
Berat Picnometer + Air + (Kalibrasi)	C	675.7	681.5
Berat Picnometer + Air + Contoh	D	988.1	994.2
Berat Jenis Bulk	$\frac{B}{C + A - D}$	2.603	2.611
Berat Jenis SSD	$\frac{A}{C + A - D}$	2.665	2.670
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{B}{C + B - D}$	2.775	2.773
Penyerapan Air	$\frac{A-B \times 100\%}{B}$	2.375	2.229
			2.302

KADI INDONESIA
KIM
 SEMARANG
 MANUFAKTUR

PENGUJIAN
BERAT JENIS CAMPURAN MAKSUMUM (GMM)

No	Uraian	Satuan	Contoh 1	Contoh 2	Contoh 3
a	Berat Botol + Contoh	gram	3864	3867	
b	Berat Botol	gram	2716	2716	
c	Berat Contoh	a - b gram	1148	1151	
d	Berat Botol + Air	gram	4359	4359	
e	Berat Botol + Air + Contoh	gram	5033	5034	
f	Berat Isi Contoh	g/cm ³	2.422	2.418	
g	Suhu Air	°C	25	25	
h	Koreksi		1	1	
i	Berat Jenis Gmm	g/cm ³	2.422	2.418	
	Rata - rata		2.420		

REDAKSI
KIMIA
SEMARANG
PAPUAFAKULTAS

PROPORSI CAMPURAN ASPHALT

KADAR ASPHALT	4.5%	x	1200	=	54.0	Gr
Agregat Max 3/4 "	=	15%	x	1146	=	171.9 Gr
Agregat Max 1/2 "	=	40%	x	1146	=	458.4 Gr
Crusher dust	=	44.0%	x	1146	=	504.2 Gr
Filler	=	1.0%	x	1146	=	11.5 Gr
		Total Agg		=	1146	Gr
		Asphalt		=	54.0	Gr
KADAR ASPHALT	5.0%	x	1200	=	60.0	Gr
Agregat Max 3/4"	=	15%	x	1140	=	171 Gr
Agregat Max 1/2 "	=	40%	x	1140	=	456 Gr
Crusher dust	=	44.0%	x	1140	=	501.60 Gr
Filler	=	1.0%	x	1140	=	11.4 Gr
		Total Agg		=	1140	Gr
		Asphalt		=	60.0	Gr
KADAR ASPHALT	5.5%	x	1200	=	66.0	Gr
Agregat Max 3/4 "	=	15%	x	1134	=	170.1 Gr
Agregat Max 1/2 "	=	40%	x	1134	=	453.6 Gr
Crusher dust	=	44.0%	x	1134	=	498.96 Gr
Filler	=	1.0%	x	1134	=	11.34 Gr
		Total Agg		=	1134	Gr
		Asphalt		=	66.0	Gr
KADAR ASPHALT	6.0%	x	1200	=	72.0	Gr
Agregat Max 3/4 "	=	15%	x	1128	=	169.2 Gr
Agregat Max 1/2 "	=	40%	x	1128	=	451.2 Gr
Crusher dust	=	44.0%	x	1128	=	496.32 Gr
Filler	=	1.0%	x	1128	=	11.28 Gr
		Total Agg		=	1128	Gr
		Asphalt		=	72	Gr
KADAR ASPHALT	6.5%	x	1200	=	78.0	Gr
Agregat Max 3/4 "	=	15%	x	1122	=	168.3 Gr
Agregat Max 1/2 "	=	40%	x	1122	=	448.8 Gr
Crusher dust	=	44.0%	x	1122	=	493.68 Gr
Filler	=	1.0%	x	1122	=	11.22 Gr
		Total Agg		=	1122	Gr
		Asphalt		=	78	Gr

