

SKRIPSI

**“ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL
PANAS (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL
PLASTIK DAN PENDAMAN BERULANG”**



Oleh:

MUHAMMAD SYUKUR SAID
45 12 041 031

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR
TAHUN 2019**



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No: 987/FT/UNIBOS/VIII/2019, tanggal Dua Puluh Dua bulan Agustus Tahun Dua Ribu Sembilan Belas, Perihal Pembentukan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka:

Pada hari/tanggal : Selasa 10 Desember 2019

Tugas Akhir Mahasiswa:

Nama Mahasiswa : **Muhammad Syukur Said**

No. Stambuk : **45 12 041 031**

Judul Skripsi : "ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL PLASTIK DAN PERENDAMAN BERULANG"

Dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Sarjana (S1) Fakultas Teknik Universitas Bosowa setelah dipertahankan di depan tim penguji ujian Sarjana Strata satu (S1), untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dengan susunan sebagai berikut:

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT.

(.....)

Sekretaris (Ex. Officio) : Ir. Nurhadijah Yunianti, ST., MT.

(.....)

Anggota : 1. Ir. Fauzy Lebang, ST., MT.

(.....)

2. Ir. Eka Yuniarto, ST., MT.

(.....)

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 1012 7101


Ir. Nurhadijah Yunianti, ST., MT
NIDN : 09 1606 8201



LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Tugas Akhir :

**" ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC)
DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL PLASTIK DAN PERENDAMAN
BERULANG "**

Disusun dan diajukan oleh :

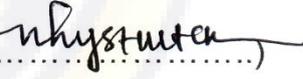
Nama Mahasiswa : **Muhammad Syukur Said**

No. Stambuk : **45 14 041 031**

Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil/Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. (.....)

Pembimbing II : Ir. Nurhadijah Yunianti, ST., MT. (.....)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 101271 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Ir. Nurhadijah Yunianti, ST., MT
NIDN : 09 1606 8201

SURAT PERNYATAAN
KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Syukur Said
Nomor Stambuk : 45 12 041 031
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Panas (AC-WC) Dengan Menggunakan Aspal Plastik Dan Perendaman Berulang

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri dan Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau hasil pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalih mediadakan/mengalih formatkan, mengelolah dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak jurusan sipil fakultas teknik Universitas Bosowa dari

semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 10 Desember 2019

Yang menyatakan



(Muhammad Syukur Said)

BOSOWA

KATA PENGANTAR

BISMILLAHIRRAHMANIRRAHIM,

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya kepada kita, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan tepat waktu, yang kami beri Judul

**“ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PANAS (AC-WC)
DENGAN MENGGUNAKAN ASPAL PLASTIK DAN PERENDAMAN
BERULANG”**

Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu persyaratan akademik guna menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Didalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Dr. Ridwan, ST, MSi selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar
2. Ibu Ir. Nurhadijah Yunianti, ST, MT selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
3. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, MT. dan Ibu Nurhadijah Yunianti, ST, MT selaku pembimbing I dan II yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Seluruh Staf Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
5. Kepada kedua orang tua tercinta (Bapak H. Muhammad Said Oddang & Ibu Hj. Hapiah Dalle) atas doa, dukungan dan bantuannya, berupa moril maupun materil selama penulis menuntut ilmu di Universitas Bosowa Makassar.
6. Secara khusus kepada Istriku tercinta (Azzahra Alias, SP.d.) yang telah memberikan dukungan moril maupun materil .
7. Rekan-rekan Mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya untuk angkatan 2012 yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kesadaran diri dan segala kerendahan hati penulis, menyadari bahwa hanya Allah yang memiliki segala kesempurnaan, sehingga tentu masih banyak lagi rahasia-Nya yang belum tergali dan belum kita ketahui. Oleh karena itu, kami mengharapkan saran-saran dan kritik yang positif demi penyempurnaan tugas akhir ini. Semoga tulisan yang sederhana ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca. Amien.

Makassar, Juli 2019

PENULIS

MUHAMMAD SYUKUR SAID

ABSTRAK

Pada penghujung tahun 2017 pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan additive pada campuran aspal beton mulai diuji-cobakan pada beberapa daerah di Indonesia. Namun demikian, untuk memastikan keandalan aspal beton plastik ini masih diperlukan penelitian-penelitian lanjutan sesuai dengan kondisi geografis dan iklim di Indonesia. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja campuran aspal beton yang menggunakan filler bubuk limbah botol plastik disubstitusi terhadap filler portland cement pada kondisi terendam pada air tawar dan pada air laut.

Penelitian dilakukan dengan membuat campuran aspal beton jenis AC-WC kadar aspal 5,5 % terhadap berat agregat, dan menggunakan 25 % filler bubuk limbah plastik ditambah 75 % filler portland cement, selanjutnya dilakukan analisis kinerja yang meliputi nilai struktural, durabilitas, dan ketahanan terhadap deformasi platis pada kondisi terendam pada air tawar dan pada air laut.

Setelah perendaman 7 hari pada air laut diperoleh kinerja struktural yang dinyatakan sebagai nilai stabilitas mengalami penurunan 15,58 % dan nilai flow mengalami penurunan 61,00 %, sedangkan pada perendaman air tawar stabilitas turun sebesar 12,50% dan nilai flow turun sebesar 52,00 %. Kinerja durabilitas yang dinyatakan sebagai nilai VMA mengalami peningkatan 5,30 % dan nilai VFB turun 4,98 % setelah direndam selama 7 pada air tawar. VMA mengalami peningkatan 5,99 % dan nilai VFB turun 6,52 % setelah perendaman selama 7 hari pada air laut. Peningkatan nilai VMA disebabkan pengembangan volume briket sebesar $3,96 \text{ mm}^3$ atau sebesar 0,75 %.

Kinerja ketahanan terhadap deformasi yang dinyatakan sebagai Nilai VIM meningkat 20,65 % setelah direndam pada air tawar dan pada perendaman air laut meningkat 26 % setelah perendaman 7 hari.

Kata Kunci : *Aspal beton, AC-WC, filler, plastik.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengajuan	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Pernyataan Keaslian Disertasi	iv
Pra Kata.....	v
Abstrak	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Notasi	xvii
Daftar Gambar.....	xx
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Lampiran	xvii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah.....	I-5
1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan	I-5
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	I-6
1.5. Sistematika Penulisan	I-7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Tinjauan umum Perkerasan jalan Raya	II-1
2.1.1. Pengertian Perkerasan Jalan.....	II-2
2.1.2. Jenis Konstruksi Perkerasan.....	II-4

2.1.3. Pembebanan Pada Perkerasan Jalan.....	II-11
2.2. Agregat.....	II-13
2.2.1. Klasifikasi Agregat	II-14
2.2.2. Sifat-Sifat fisik Agregat.....	II-19
2.3. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	II-27
2.3.1. Low Density Polyethylene (LDPE)	II-28
2.5. Bahan Pengikat (Aspal)	II-28
2.4.1. Jenis Aspal	II-28
2.4.2. Fungsi Aspal Sebagai material Perkerasan Jalan .	II-34
2.4.3. Sifat Kimiawi Aspal	II-35
2.4.4. Tes Standar Bahan Aspal	II-37
2.4.5. Jenis Semen Aspal	II-41
2.5. Plastik.....	II-43
2.5.1 Definisi dan Jenis-jenis Plastikl	II-43
2.5.2 Penggunaan Limbah Plastik pada Aspal Beton.....	II-48
2.6. Beton Aspal.....	II-62
2.6.1. Karakteristik Campuran Beton Aspal	II-64
2.6.2. Sifat Volumetrik dari Campuran Beton Aspal yang Yang Telah dipadatkan	II-68
2.6.3. Jenis Beton Aspal	II-61
2.6.4 Rancangan Campuran Beton Aspal.....	II-74
2.7. AMP (<i>Asphalt Mixing Plant</i>)	II-77
2.8. Pengujian <i>Marshall</i>	II-84

2.8.1. Karakteristik <i>Marshall</i>	II-85
2.8.2. Pengaruh Suhu Terhadap Pencampuran dan Pemadatan	II-87
2.8.3. Persyaratan Suhu Terhadap Pencampuran dan Pemadatan	II-88
2.8.4. Evaluasi Hasil Pengujian.....	II-88
BAB III METODE PENELITIAN	III-1
3.1. Diagram Alur Penelitian	III-1
3.2. Lokasi Material	III-3
3.3. Lokasi Penelitian	III-3
3.4. Waktu Pelaksanaan.....	III-3
3.5. Persiapan Peralatan dan Pengambilan sampel	III-3
3.6. Pemeriksaan Agregat	III-3
3.6.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus.....	III-3
3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	III-5
3.6.3. Pemeriksaan Abrasi.....	III-7
3.6.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	III-9
3.6.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur	III-12
3.7. Pemeriksaan Aspal.....	III-14
3.7.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-14

3.7.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar.....	III-17
3.7.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal.....	III-19
3.7.4. Pemeriksaan Daktilitas	III-20
3.7.5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal	III-22
3.7.6. Pemeriksaan Viskositas	III-24
3.8. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji.....	III-27
3.8.1. Penentuan Jumlah Benda Uji.....	III-27
3.8.2. Rancangan agregat Gabungan.....	III-27
3.8.3. Pembuatan Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	III-29
3.8.4. Pengujian Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	III-30
3.8.5. Pembuatan Benda Uji II untuk Pengujian Variasi Tambahkan serbuk Plastik terhadap KAO	III-32
3.8.6. Pengujian Benda Uji II untuk Variasi tambahan Serbuk Plastik terhadap KAO.....	III-34
3.8.7. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan antara Kadar Aspal dan Parameter <i>Marshall</i>	III-36

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Penyajian Data	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	IV-1
4.1.2. Pemeriksaan Abrasi.....	IV-4
4.1.3. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak.....	IV-5
4.2. Analisa Rancangan Campuran	IV-4
4.2.1. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan	IV-5
4.3. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	IV-8
4.3.1. Perkiraan Kadar aspa Optimum Pencana (Pb)	IV-8
4.3.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran	IV-9
4.3.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV-10
4.4. Data Hasil Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-11
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat, Berat Aspal dan Variasi Durasi Perendaman dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	IV-16
4.4.2. Data Hasil Uji Marshall Pada Penggunaan Agregat Kasar Bili-bili	IV-17
4.4.3. Data Hasil Uji <i>Marshall</i> Berdasarkan Variasi Durasi Perendaman dengan KAO	IV-18

4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Perencanaan Campuran Aspal Panas AC-WC dengan <i>Marshall</i>	IV-19
4.4.5. Pembahasan Hasil Pengujian Perencanaan Campuran Aspal Panas AC-WC dengan <i>Marshall</i>	IV-26
4.4.6. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS.....	IV-28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V-1
5.1. Kesimpulan.....	V-1
5.2. Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

1. Data Hasil Pengujian Laboratorium
2. Foto Dokumentasi Penelitian

DAFTAR NOTASI

AASTHO	=	<i>American Association Of State Highway and Transportation Officials</i>
AC	=	<i>Asphalt Concrete</i>
AC - BC	=	<i>Asphalt Concrete Binder Course</i>
AC - Base	=	<i>Asphalt Concrete Base</i>
AC - WC	=	<i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>
ASBUTON	=	Aspal Batu Buton
ASTM	=	<i>American Society For Testing and Materials</i>
Ba	=	Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air
BFT	=	<i>Bitumen Film Thickness</i>
Bj	=	Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	=	Berat Benda Uji Kering Oven
cP	=	<i>Centipoise</i>
DMF	=	<i>Design Mix Formula</i>
EVA	=	<i>Ethylene Vinyl Acetate</i>
Filler	=	Berupa Abubatu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan No. 200
Flow	=	Pelelehan
Ga	=	Berat Jenis Aspal
Gsa	=	Berat Jenis Semu
Gsb	=	Berat Jenis curah dari total Agregat

Gse	= Berat Jenis Efektif
H	= Hidrokarbon
HRS	= <i>Hot Rolled Sheet</i>
HRS - Base	= <i>Hot Rolled Sheet Base</i>
HRS - WC	= <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i>
HRSS	= <i>Hot Rolled sand Sheet</i>
HSMA	= <i>High Stiffnes Modulus Asphalt</i>
JMF	= <i>Job Mix Formula</i>
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LATASTON	= Lapisan Tipis Aspal Beton
LATASIR	= Lapisan Tipis Aspal Pasir
LASTON	= Lapisan Aspal Beton
LPA	= Lapis Pondasi Atas
LPB	= Lapis Pondasi Bawah
LTD	= <i>Lapis Tanah Dasar</i>
MC	= <i>Medium Curing Cut Back</i>
MPBJ	= Manual Pemeriksaan Bahan Jalan
MQ	= Marshall Quetiont(kg / mm)
Pa.s	= Pascal sekon
Pb	= Perkiraan Bitumen
Pba	= Penyerapan Aspal
Pen 60/70	= Penetrasi 60/70
RC	= <i>Rapid Curing</i>

RCC	=	<i>Residium Catalytic Cracking</i>
SBS	=	<i>Styrene Butadine Styrene</i>
SBR	=	<i>Styrene Butadine Rubber</i>
SC	=	<i>Slow Curing Cut Back</i>
SI	=	Standar Internasional
SIS	=	<i>Styrene Isoprene Styrene</i>
SMA	=	Split Mastic Asphalt
SNI	=	Standar Nasional Indonesia
SS	=	<i>Sand Sheet</i>
SSD	=	<i>Surface Saturated Dry</i>
VFB	=	<i>Voids Filled With Bitumen</i>
VIM	=	<i>VoidsIn Mixed (%)</i>
VMA	=	<i>VoidsIn Mineral Agregates (%)</i>
"	=	Ukuran Saringan Dalam Inchi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komponen Perkerasan Lentur	II-5
Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Kaku	II-6
Gambar 2.3. Komponen Perkerasan Komposit.....	II-8
Gambar 2.4. Potongan Lapisan Pada Perkerasan Lentur.....	II-10
Gambar 2.5. Distribusi Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan.....	II-12
Gambar 2.6. Ilustrasi Gradasi Agregat.....	II-21
Gambar 2.7. Kandungan Kimia dari Aspal	II-37
Gambar 2.8. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal.....	II-50
Gambar 2.9. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorpsi.....	II-51
Gambar 2.10. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM.....	II-51
Gambar 2.11. Alat Uji <i>Marshall</i>	II-64
Gambar 2.12. Hubungan Viskositas dan Suhu	II-67
Gambar 2.13. Tipikal Ke – 1 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal.....	II-71
Gambar 2.14. Tipikal Ke – 2 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal.....	II-71
Gambar 2.15. Tipikal Ke – 3 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal.....	II-72
Gambar 2.16. Tipikal Ke – 4 Kurva Hubungan VMA dengan	

Kadar Aspal	II-73
Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian	III-1
Gambar 3.2. Satu Set Saringan	III-4
Gambar 3.3. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	III-7
Gambar 3.4. Los Angeles Abrasion Test	III-9
Gambar 3.5. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	III-11
Gambar 3.6. Pengujian Kadar Lumpur	III-14
Gambar 3.7. Pengujian Berat Jenis Aspal	III-17
Gambar 3.8. Pengujian Daktilitas	III-17
Gambar 3.9. Pengujian Penetrasi	III-17
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC - BC	IV-8
Gambar 4.2 Grafik Hasil Marshall untuk Penentuan KAO	IV-16
Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-16
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman dengan Stabilitas	IV-19
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman dengan Flow	IV-20
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman dengan Marshall Quotient	IV-22
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman dengan VIM	IV-23
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman	

dengan VMA..... IV-24

Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Durasi Perendaman

dengan VFB..... IV-25



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pesatnya pertumbuhan lalu lintas dan semakin meningkatnya beban kendaraan, maka diperlukan pula peningkatan kualitas dan ketahanan konstruksi perkerasan jalan. Ketahanan konstruksi perkerasan jalan fleksibel sangat ditentukan oleh kualitas aspal yang digunakan sebagai bahan perekat agregat batuan. Salah satu usaha yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal adalah usaha meningkatkan titik leleh aspal dengan cara mencampur aspal dengan plastik mutu rendah jenis polietilen.

Kota Vancouver di Kanada menjadi kota pertama membangun jalan yang memanfaatkan aspal plastik. Pemerintah dan warga kota ini ingin menjadikan tahun 2020 menjadi kota yang menghargai lingkungan dengan mengurangi tingkat polusi lingkungan dengan melakukan pemanfaatan limbah plastik menjadi aspal plastik. Para ahli di kota ini telah melakukan beberapa penelitian sejak tahun 2008 untuk menghasilkan campuran yang dapat menerima beban saat dilindas roda mobil yang berlalu lalang di atasnya

Di Indonesia penambahan plastik (polimer) kedalam aspal telah diteliti oleh beberapa peneliti antara lain oleh Tjitjik Wasiah Suroso yang menyimpulkan bahwa penambahan plastik LDPE (Low Density

Polyethylene) ke dalam aspal dapat dilakukan dengan cara basah atau dengan cara kering. Stabilitas Dinamis dan Resilien Modulus campuran aspal beton yang dicampur plastik LDPE cara kering lebih besar dari aspal penetrasi 60, namun lebih rendah dari cara basah. Dari segi ekonomi cara kering diperkirakan lebih murah karena waktu pencampuran lebih cepat, tidak memerlukan alat pengaduk dan lebih mudah di handle dari pada cara basah (Suroso T.W.2009).

Oleh Asrar.Y.D.(2007) disimpulkan bahwa hasil pengujian marshall terhadap campuran aspal beton yang mengandung plastik menunjukkan bahwa penambahan kadar plastik sampai dengan 3 % pada aspal meningkatkan stabilitas, berat isi, kepadatan agregat yang dipadatkan (CAD) dan Marshall Quotient campuran HRA. Selanjutnya disebutkan bahwa secara umum penelitiannya menunjukkan penambahan kadar plastik 2 % - 3 % pada aspal memberikan pengaruh yang baik terhadap karakteristik campuran. Hal ini disimpulkan pula oleh Rezza P. dan Aschuri (2009) bahwa penambahan plastik pada aspal sebesar 0,5%, 1%, dan 2% dari berat aspal penetrasi 60/80 akan dapat secara signifikan meningkatkan kualitas aspal. Selanjutnya oleh Zulfiani (2012) disimpulkan antara lain bahwa substitusi plastik terhadap aspal penetrasi 60/70 dapat menghemat penggunaan/pemakaian aspal sebesar 2,5 % terhadap berat aspal yang digunakan dalam campuran aspal beton AC-WC, dan ditambahkan pula bahwa penambahan plastik meningkatkan nilai

stabilitas dan nilai VFB, menurunkan nilai flow, menurunkan nilai VIM dan nilai VMA.

Pada Majalah Mektek Tahun XI No.2 Mei 2009, oleh Mashuri pada kajian mengenai Karakteristik Aspal sebagai bahan pengikat yang ditambahkan plastik polyvinyl chloride (PVC) disimpulkan bahwa penambahan serbuk PVC kedalam aspal antara 2 % sampai 8 % cenderung menurunkan nilai daktilitas aspal yang berarti aspal menjadi lebih kaku. Sifat ini akan cenderung menyebabkan nilai kelelahan campuran aspal akan menurun (campuran aspal akan lebih kaku) tetapi cenderung mempunyai stabilitas yang lebih tinggi. Demikian pula, Yogi, sugiri dan Imam Aschori (2010) pada Studi sifat reologi aspal pen rendah dan tinggi yang dimodifikasi limbah tas plastik (HDPE) menyebutkan bahwa kualitas aspal yang dimodifikasi dengan plastik menghasilkan sifat yang lebih baik dibandingkan aspal murni. Selanjutnya oleh Imam Aschori disebutkan bahwa suhu pemadatan yang optimum untuk campuran aspal beton dengan menggunakan modifikasi bitumen limbah plastik adalah pada suhu 148 °C.

Tinjauan penggunaan limbah plastik sebagai material pengisi rongga pada campuran aspal beton yang dibandingkan dengan penggunaan abu sekam telah dilakukan oleh Faisal Ahda Safril (2010) dengan kesimpulannya bahwa pemanfaatan limbah abu sekam dengan kadar 2 %, 3 %, dan 4 % menghasilkan campuran aspal beton yang baik, namun pada penambahan limbah plastik dengan kadar yang sama

campuran aspal beton yang dihasilkan tidak baik karena menghasilkan campuran aspal beton yang mempunyai kadar rongga udara yang terlalu tinggi.

Campuran aspal beton atau aspal beton (asphaltic concrete) merupakan bahan perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal penetrasi rendah serta bahan additive anti striping. Persyaratan material telah diatur misalnya pada Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan oleh Binamarga edisi tahun 2010 revisi II tahun 2012. Berdasarkan komposisi material, ukurannya agregat dan syarat mutu yang ditentukan maka campuran aspal beton (AC) dibedakan atas AC-WC, AC-WC, dan AC-BASE.

Berdasarkan kajian-kajian tersebut diatas maka dapat dipahami bahwa penambahan plastik dengan persentase tertentu terhadap aspal pada campuran aspal beton dapat meningkatkan kinerjanya, namun bilamana dijadikan sebagai bahan filler maka menghasilkan campuran dengan kadar rongga yang tinggi. Dengan demikian, Peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai “ ***Analisis Karakteristik Campuran Aspal Panas (Ac-Wc) dengan Menggunakan Aspal Plastik dan Perendaman Berulang***”.

Kinerja aspal beton yang baik antara lain bernilai struktural, workabilitas yang baik, durabilitas tinggi, ketahanan terhadap deformasi, skid resistance dan fatigue resistance yang baik, serta ekonomis.

1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana nilai struktural, durabilitas, dan ketahanan terhadap deformasi serta modulus kekakuan campuran aspal beton jenis AC-WC yang menggunakan aspal penetrasi 160/70 dengan tambahan serbuk limbah botol plastik?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penulisan

a. Tujuan :

Menganalisis karakteristik campuran aspal panas (AC – WC) yang menggunakan aspal minyak Pen 60/70 dan penambahan serbuk plastic kresek sebagai bahan pengisi rongga.

b. Manfaat :

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

1. Merupakan salah satu terobosan baru di bidang perkerasan jalan dengan pemanfaatan limbah *plastik* sebagai campuran aspal lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course).
2. Sebagai salah satu cara peningkatan mutu perkerasan lentur jalan raya dengan peningkatan nilai stabilitas campuran aspal.
3. Salah satu solusi pengurangan sampah *plastik* yang sulit terurai dan untuk peningkatan nilai ekonomis dan fungsinya.

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

a. Pokok Bahasan

1. Melakukan penelitian laboratorium untuk mengetahui karakteristik agregat kasar, agregat halus, dan bahan perekat yaitu aspal minyak Pen 60/70 dan penambahan serbuk plastik sebagai bahan pengisi.
2. Menentukan persentase kadar serbuk plastik yang dapat digunakan dalam campuran aspal panas (AC-WC).
3. Karakteristik Marshall campuran yang di tinjau meliputi :
 - kadar aspal optimum (KAO), kadar rongga dalam agregat (VMA), kadar rongga dalam campuran (VIM), kadar rongga terisi aspal (VFWA/VFB), marshall quotient (MQ), stabilitas dan kelelahan (Flow).

b. Batasan Masalah

Penulisan skripsi ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Pengujian dilakukan di laboratorium Aspal dan Jalan Universitas Bosowa Makassar
2. Jenis aspal yang digunakan yaitu aspal minyak dengan penetrasi 60/70 dan penambahan serbuk plastik.
3. Filler yang digunakan adalah semen
4. Agregat halus yang digunakan adalah abu batu dari Bili-bili
5. Agregat kasar yang digunakan adalah split 1-2 dari Bili-bili

6. Gradasi campuran mengikuti spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3.
7. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI.
8. Pengujian dilakukan dengan menggunakan Metode Marshall

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang berurutan sebagai berikut :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini merupakan pendahuluan yang menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

- **BAB II : KAJIAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang teori-teori pendukung mengenai penelitian yang dilakukan.

- **BAB III : METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang bagan alir penelitian, bahan, lokasi, dan waktu penelitian, metode pengambilan sampel, persiapan bahan campuran dan pembuatan benda uji.

- **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas tentang hasil rekapitulasi data, analisa rancangan campuran , hasil pengetesan benda uji serta pembahasan hasil penelitian.

- **BAB V : SIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini merupakan penutup yang memberikan kesimpulan dan saran-saran yang diharapkan sesuai dengan tujuan dan manfaat penulisan.

UNIVERSITAS

BOSOWA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Perkerasan Jalan Raya

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan Negara. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi orang, barang atau jasa secara aman dan nyaman.

Karena kemajuan teknologi dan pembangunan di segala bidang maka jalan mengalami perkembangan sesuai dengan tingkat penggunaan, fungsi, dan klasifikasinya serta segi konstruksinya. Berdasarkan fungsinya jalan dapat dibedakan atas :

- a. Jalan Arteri, adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien;
- b. Jalan Lokal, adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- c. Jalan Kolektor, adalah jalan yang melayani angkutan pengumpulan/pembagian dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

2.1.1. Pengertian Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan dipadatkan diatas tanah dasar, Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

- a. Daya dukung tanah dasar,
- b. Beban lalu lintas,
- c. Keadaan lingkungan,
- d. Masa pelayanan atau umur rencana
- e. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,
- f. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada,
- g. Pemeliharaan jalan selama masa pelayanan perlu dilakukan secara periodik sehingga umur rencana dapat tercapai.

Maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat-syarat tertentu yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu :

1. Syarat Berlalu Lintas

Dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas, maka konstruksi perkerasan lentur harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kasar, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga kendaraan tidak mudah selip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika terkena sinar matahari.

2. Syarat-Syarat Kekuatan/Struktural

Dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, maka konstruksi perkerasan jalan lentur harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan di bawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

2.1.2. Jenis Konstruksi Pengerasan

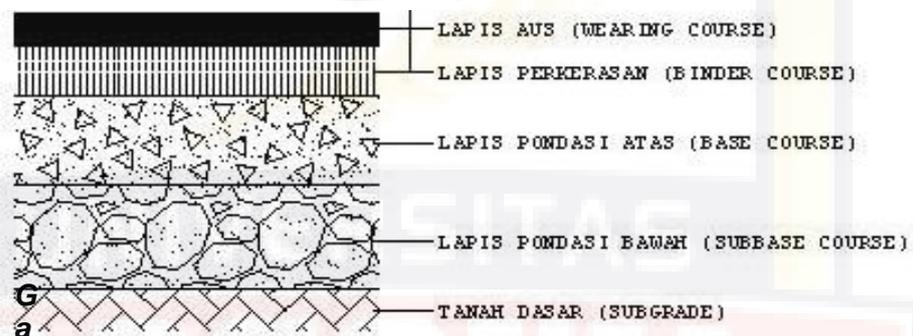
Berdasarkan jenis bahan pengikatnya, perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

a. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)

Menurut Silvia Sukirman (2010) Perkerasan lentur pada umumnya baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai yang sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan system utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Aspal itu sendiri adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu, aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sifat aspal berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh sehingga daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi / dikurangi jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri atas lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-

lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan yang ada dibawahnya, sehingga beban yang diterima oleh tanah dasar lebih kecil dari beban yang diterima oleh lapisan permukaan dan lebih kecil dari daya dukung tanah dasar.



Gambar 2.1. Komponen Perkerasan Lentur

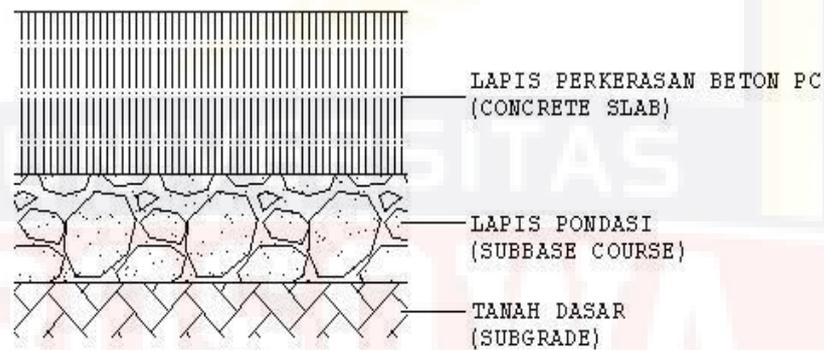
(Sumber, dikutip dari tugas akhir Eko Agus Nugroho Universitas Negeri Semarang)

b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian dipikul oleh pelat beton tersebut.

Pada konstruksi perkerasan kaku, perkerasan tidak dibuat menerus sepanjang jalan seperti halnya yang dilakukan pada perkerasan lentur. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya pemuaian yang besar pada permukaan perkerasan sehingga dapat menyebabkan retaknya perkerasan, selain itu konstruksi

seperti ini juga dilakukan untuk mencegah terjadinya retak menerus pada perkerasan jika terjadi keretakan pada suatu titik pada perkerasan. Salah satu cara yang digunakan untuk mencegah terjadinya hal diatas adalah dengan cara membuat konstruksi segmen pada perkerasan kaku dengan sistem joint untuk menghubungkan tiap segmennya.



Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Kaku

Sumber : dikutip dari tugas akhir Eko Agus Nugroho Universitas Negeri Semarang

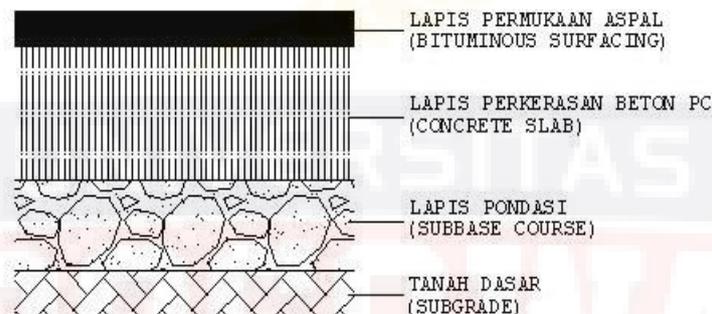
Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur

Jenis Perkerasan	Kelebihan	Kekurangan
Perkerasan Kaku	1 Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus elastisitas antara lapis permukaan dan pondasi sangat berbeda.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta pada perkerasan lapangan terbang
	2 Dapat lebih bertahan terhadap kondisi drainase yang lebih buruk.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat
	3 Umur rencana dapat mencapai 20 tahun	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya

			awal hampir sama untuk jenis konstruksi jalan berkualitas tinggi dan tidak tertutup kemungkinan bisa lebih rendah.
Jenis Perkerasan		Jenis Perkerasan	Kekurangan
Perkerasan Kaku	4	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang.
	5	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi
	6	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih	Bila dibebani praktis tidak melentur (kecil)
Perkerasan Lentur	1	Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas.	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit.
	2	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan terendam air.	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang buruk
	3	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah	Umur rencana relatif pendek berkisar 5-10 tahun
	4	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah menentukan perkiraan pelapisan ulang.	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya
	5	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar.	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku

	6 Bila dibebani perkerasan akan melentur, Beban hilang sehingga lenturan kembali	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar.
--	---	--

Sumber : dikutip dari <http://bebas-unik.blogspot.co.id/2014/11/perkerasan-jalan.html>



c. Perkerasan komposit (*Composite Pavement*),

Perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan komposit ini dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

Gambar 2.3. Komponen Perkerasan Komposit

Sumber : dikutip dari tugas akhir Eko Agus Nugroho Universitas Negeri Semarang

Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

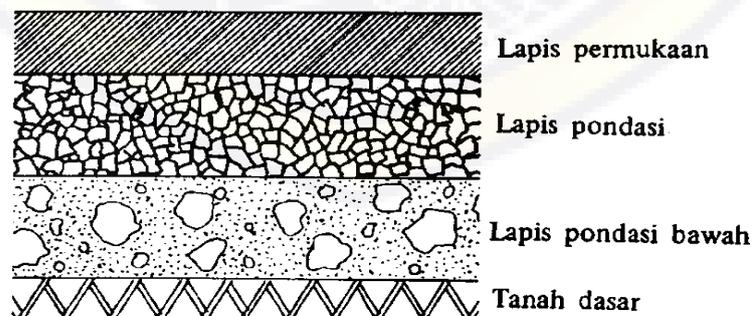
Tabel 2.2 Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

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

Sumber: Pengantar Rekayasa jalan Sub Jurusan Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.

Konstruksi perkerasan jalan yang banyak digunakan di Indonesia adalah konstruksi perkerasan lentur yang terdiri dari lapisan-lapisan yang berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan bagian bawah.

Perkerasan pada umumnya terdiri dari beberapa lapisan dengan mutu yang berbeda-beda dan secara umum konstruksi perkerasan jalan terdiri atas :



Gambar 2.4. Potongan Lapisan Pada Perkerasan Lentur

(Sumber, dikutip dari tugas akhir Eko Agus Nugroho Universitas Negeri Semarang)

Menurut Silvia Sukirman (2010) fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai:
 - a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan;
 - b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda kendaraan yang mengerem;
 - c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan;
 - d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi
 - e. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*
2. Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis ini adalah :
 - a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
 - b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
 - c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

4. Lapisan Tanah Dasar (TD) atau *Subgrade*

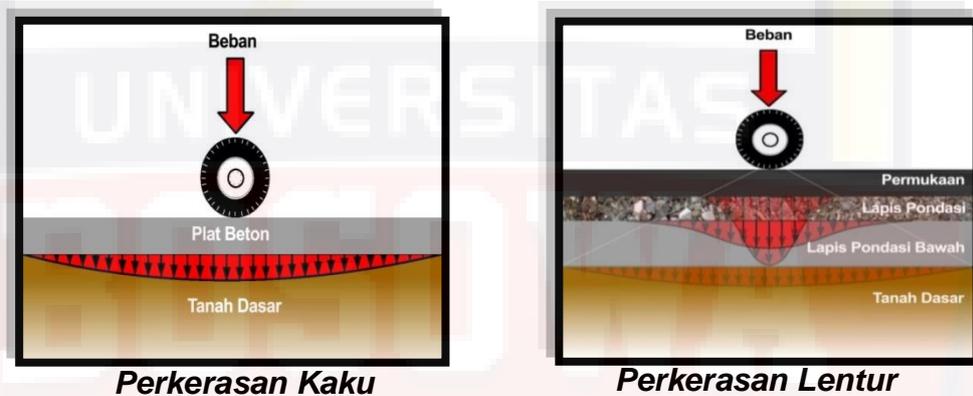
Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.1.3. Pembebanan Pada Perkerasan Jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur yang diperkeras menimbulkan beban langsung pada arah vertikal (tegangan statis) yang terkonsentrasi pada bidang kontak yang kecil antara roda dan perkerasan. Ketika kendaraan bergerak, timbul tambahan tegangan dinamis pada arah horisontal akibat akselerasi pergerakan kendaraan serta pada arah vertikal akibat pergerakan kendaraan ke atas dan ke bawah karena perkerasan yang tidak rata. Intensitas tegangan statis dan dinamis terbesar

terjadi di permukaan perkerasan dan terdistribusi dengan bentuk piramida dalam arah vertikal pada seluruh ketebalan struktur perkerasan.

Peningkatan distribusi tegangan tersebut mengakibatkan tegangan semakin kecil sampai permukaan lapis tanah dasar. Untuk memperjelas hal tersebut maka ditampilkan pada Gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5. Distribusi Beban Roda Melalui Lapisan Perkerasan Jalan
(Sumber, dikutip dari bahan kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya oleh Ir. H. Abd. Rahim Nurdin, MT.)

Mekanisme retak yang terjadi di lapangan terjadi karena adanya gaya tarik yang ditandai dengan adanya retak awal pada bagian bawah perkerasan yang mengalami deformasi kemudian retak ini lama kelamaan akan menjalar kepermukaan perkerasan jalan yang dapat mengakibatkan kerusakan dan ketidaknyamanan.

Banyak hal yang menyebabkan rusaknya perkerasan jalan, salah satunya adalah karena beban tarik. Beban tarik sering menyebabkan adanya retak, terutama diawali dengan adanya retak

awal (*crack initiation*) pada bagian bawah lapisan perkerasan yang kemudian akan menjalar ke permukaan-permukaan. Untuk mengetahui karakteristik material perkerasan lentur di lapangan mulai dikembangkan dengan analisa di laboratorium agar tercapai mix desain yang tepat. Beban lalu lintas yang bekerja di atas konstruksi perkerasan dapat dibedakan menjadi :

- a. Muatan kendaraan yang berupa gaya vertikal.
- b. Gaya rem atau gaya inersia percepatan pada kendaraan berupa gaya horizontal.
- c. Pukulan roda kendaraan berupa getaran-getaran.

Oleh karena itu sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin kecil. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, lapis pondasi atas menerima gaya vertikal dan getaran, sedangkan tanah dasar dianggap hanya menerima gaya vertikal saja.

2.2. Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90 – 95% agregat berdasarkan presentase berat atau 75 – 85% agregat berdasarkan presentase volume.

Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Menurut Silvia Sukirman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Sedangkan menurut *America Society for Testing and Materials (ASTM)* mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat adalah bahan yang berbutir yang mempunyai komposisi mineral seperti pasir, kerikil, batu pecah, atau komposisi mineral-mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil pengolahannya yang merupakan bahan utama untuk konstruksi jalan.

Salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah sifat agregat. Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, sehingga diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik dari material. Dalam hal ini yang perlu untuk dilakukan pemeriksaan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal

2.2.1. Klasifikasi Agregat

Menurut Silvia Sukirman (1999), klasifikasi agregat berdasarkan asal kejadiannya dapat dibedakan atas batuanbeku (igneous rock), batuan sedimen, dan batuan metamorf (batuan malihan).

a. Batuan Beku

Batuan beku berasal dari magma yang mendingin dan memadat. Pada dasarnya ada dua jenis batuan yakni :

- Batuan beku dalam
- Batuan beku luar

Batuan beku dalam terbentuk dari magma yang terjebak dalam patahan kulit bumi yang kemudian mendingin dan membeku membentuk suatu struktur kristal. Contoh dari batuan ini adalah Granit, diorit dan garbo. Sedangkan batuan beku luar terbentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi selama aktivitas erupsi vulkanis dan aktivitas geologi lainnya.

b. Batuan Sedimen

Sedimen dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. Ada dua istilah yang dipakai pada batuan sedimen yaitu batuan silika dan karbonat. Batuan sedimen silika adalah batuan sedimen yang banyak mengandung silika. Sedangkan

batuan sedimen banyak mengandung kalsium karbonat atau disebut batuan sedimentasi karbonat.

c. Batuan Metamorf

Batuan metamorf atau di kenal juga dengan nama batuan malihan, berasal dari batuan sedimen atau batuan beku yang telah mengalami perubahan karena tekanan dan panas yang intensif di dalam bumi atau akibat reaksi kimia yang kuat. Karena kompleksnya proses pembentukan formasi batuan ini maka agak sulit untuk menentukan bentuk asli batuan.

Berdasarkan proses pengolahannya agregat untuk campuran beraspal umumnya di klasifikasikan, seperti agregat alam (*Natural aggregates*), agregat hasil pemrosesan dan agregat buatan atau agregat artificial.

a. Agregat Alam

Agregat alam merupakan agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali, agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es dan reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin. Dua jenis utama dari agregat alam yang di gunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil.

b. Agregat yang Diproses

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah di pecah atau disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan dengan tiga alasan yakni : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin kekasar. Untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah di pecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu.

c. Agregat Buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat, salah satu contohnya adalah Slag. Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang didapat dari hasil sampingan produksi yang timbul ke permukaan dari pencairan/peleburan biji besi selama proses peleburan. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai material pengisi (*Filler*).

Berdasarkan ukuran partikel-partikel agregat, agregat dapat dibedakan atas :

1. agregat kasar
2. agregat halus
3. abu batu/filler

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.8. Dimana agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering, bersih dari lempung, kotoran-kotoran, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki, dan mendekati gradasi.

Pada campuran AC-WC kedudukan agregat kasar hanya mengambang (*Floating*) dan ini dimaksudkan agar agregat kasar sebagai bahan tambahan akan memberikan pengaruh pada campuran yaitu menurunkan penggunaan kadar aspal, mengurangi ruang kosong (*void*) dalam campuran. Selain itu, agregat kasar juga harus memenuhi persyaratan- persyaratan sebagai berikut:

1. Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
2. Keausan agregat dengan mesin Los Angeles pada 500 putaran 12 bola baja AASHTO T96 – 77 (1982) maksimum 40 %
3. Berat jenis curah (*bulk*) AASHTO T84 – 88 minimum 2,5
4. Penyerapan air maksimum 3 %.

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lolos saringan 2.36 mm dan tertahan pada saringan 75 μ m atau saringan no. 200. Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah atau kombinasi dari keduanya. Fungsi utama agregat halus adalah mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel. Berkenaan dengan hal ini, sifat-sifat khas yang diperlukan dari agregat adalah sudut permukaan, kekasaran permukaan, bersih dan bukan bahan organik. Selain itu, agregat halus juga harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
2. Nilai Sand Equivalent dari agregat halus AASHTO T-176 min. 50%
3. Berat jenis semu (*Apparent*) AASHTO T 84 – 88 minimum 2,5 Penyerapan terhadap air maksimum 3 %.

2.2.2. Sifat-Sifat Fisik Agregat

Dalam hubungannya dengan kinerja campuran beraspal diperlukan pemeriksaan terhadap sifat-sifat fisik agregat. Untuk tujuan ini sifat pada agregat yang harus di periksa antara lain : ukuran butir, gradasi, kebersihan, kekerasan bentuk partikel, tekstur permukaan, penyerapan dan kelekatan terhadap aspal.

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam suatu campuran beraspal terdistribusi dari berukuran besar sampai yang terkecil. Semakin besar ukuran maksimum agregat yang di pakai semakin banyak variasi ukurannya dalam campuran tersebut.

Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara almahatau dapat juga di hasilkan dari proses pemecahan batuan atau proses buatan. Mineral ini penting artinya untuk mendapatkan campuran yang padat, berdaya tahan dan kedap air. Perubahan sifat dari campuran ini bisa terjadi hanya karena sedikit perubahan dalam jumlah atau sifat dari bahan pengisi atau mineral debu yang digunakan. Oleh karena itu jenis dan jumlah mineral pengisi atau debu yang di gunakan dalam campuran haruslah dikontrol dengan seksama.

b. 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 dan variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat dapat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus lolos pada saringan tertentu.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing - masing contoh yang lolos pada saringan tertentu dan di

tentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan di masing-masing saringan. Menurut silvia (1990) Gradasi agregat terbagi atas tiga yaitu ; gradasi seragam (*uniform graded*), gradasi rapat (*dense graded*) dan gradasi senjang (*gap graded*).

1. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama, gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran agregat yang dibuat dengan gradasi ini memiliki permeabilitas tinggi, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi Rapat (*Dense Graded*)

Gradasi rapat (*dense graded*) adalah gradasi agregat, dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus sehingga disebut juga gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Campuran dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap air .

3. Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*) adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali.



Gambar 2.6. Ilustrasi Gradasi Agregat

Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan harus mempunyai daya tahan terhadap degradasi yang timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disintegrasi yang terjadi selama masa pelayanan tersebut. Degradasi merupakan kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun beban lalu lintas. Tingkat degradasi dipengaruhi oleh jenis agregat, gradasi, bentuk, ukuran partikel dan energi pemadatan.

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang

terdistribusi dari besar sampai kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang digunakan semakin banyak variasi ukuran dari besar sampai kecil yang dibutuhkan. Terdapat 2 cara untuk menyatakan ukuran partikel agregat yaitu dengan :

1. Ukuran maksimum, merupakan ukuran tapis/ayakan terkecil dimana agregat tersebut lolos 100 %.
2. Ukuran nominal maksimum, merupakan ukuran tapis terbesar dimana agregat tertahan tapis tidak lebih dari 10%.

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Campuran AC-WC

Ayakan		Gradasi
No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	AC –WC
1 ½"	3,750	-
1"	25,000	-
¾"	9,500	100
½"	4,750	90 - 100
3/8"	4,750	77 - 90
No. 4	4,750	53 - 69
No. 8	2,360	33 - 53
N0. 16	1,180	21 - 40
No. 30	0,600	14 - 30
No. 50	0,300	9 - 22
N0. 100	0,150	6 - 15
N0. 200	0,075	4 - 9

Sumber : Spesifikasi Umum Bidang Jalan, 2010 revisi 3

c. Kebersihan Agregat

Dalam spesifikasi biasanya memasukkan syarat kebersihan agregat dengan memberikan suatu batasan jenis dan jumlah material yang tidak diperlukan, seperti lumpur, tanaman dan

lain sebagainya, yang melekat pada agregat, karena akan memberikan pengaruh yang jelek pada perkerasan seperti berkurangnya ikatan antara aspal dan agregat.

d. Kekerasan

Agregat yang nantinya digunakan sebagai lapis permukaan haruslah lebih keras (lebih tahan) dari agregat yang digunakan pada lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena permukaan perkerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

e. Bentuk Butir Agregat

Agregat memiliki bentuk butir dari bulat (*rounded*) dan bersudut (*angular*). Bentuk butir agregat dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan pada saat penghamparan, yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan untuk kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanannya.

Dalam campuran beraspal, penggunaan agregat yang bersudut saja atau bulat saja tidak akan menghasilkan campuran beraspal yang baik. Kombinasi penggunaan kedua bentuk partikel ini sangat dibutuhkan untuk menjamin kekuatan pada struktur perkerasan dan workabilitas yang baik dari campuran tersebut.

f. Tekstur Permukaan Agregat

Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran beraspal karena kekasaran permukaan agregat dapat menahan agregat dari pergeseran atau perpindahan. Kekasaran permukaan agregat juga akan memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan sehingga meningkatkan keamanan kendaraan terhadap slip. Agregat dengan permukaan yang kasar memiliki koefisien gesek yang tinggi yang membuat agregat tersebut sulit untuk berpindah tempat sehingga akan menurunkan workabilitasnya. Oleh sebab itu, penggunaan agregat bertekstur halus dengan proporsi tertentu kadang-kadang dibutuhkan untuk membantu meningkatkan workabilitasnya. Di lain pihak film aspal lebih mudah merekat pada permukaan yang kasar sehingga akan menghasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

g. Daya Serap Agregat

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap air dan aspal adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap agregat sangat tinggi, agregat ini akan terus menyerap aspal baik pada saat maupun setelah proses pencampuran agregat dengan aspal di unit pencampur aspal (AMP). Hal ini akan menyebabkan aspal yang berada pada permukaan agregat

yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan film aspal yang tipis. Oleh karena itu, agar campuran yang dihasilkan tetap baik agregat yang porus memerlukan aspal yang lebih banyak dibandingkan dengan yang kurang porus.

Agregat dengan keporusan atau daya serap yang tinggi biasanya tidak digunakan, tetapi untuk tujuan tertentu pemakaian agregat ini masih dapat dibenarkan asalkan sifat lainnya dapat terpenuhi. Contoh material seperti batu apung yang memiliki keporusan tinggi yang digunakan karena ringan dan tahan terhadap abrasi.

h. Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan film aspal. Agregat hidrophobik (tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki sifat kelekatan terhadap aspal yang tinggi, contoh dari agregat ini adalah batu gamping dan dolomit. Sebaliknya, agregat hidrophilik (suka air) adalah agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrophilik. Ada beberapa metode uji untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal dan kecenderungannya untuk mengelupas

(*stripping*). Salah satu diantaranya dengan merendam agregat yang telah terselimuti aspal kedalam air, lalu diamati secara visual. Tes lainnya adalah dengan melakukan perendaman mekanik. Tes ini menggunakan 2 contoh campuran, satu direndam dalam air dan diberikan energi mekanik dengan cara pengadukan, dan satunya lagi tidak. Kemudian kedua contoh ini diuji kekuatannya. Perbedaan kekuatan antara keduanya dapat dipakai sebagai indikator untuk dapat mengetahui kepekaan agregat terhadap pengelupasan.

2.3. Bahan Pengisi (Filler)

Filler adalah material yang lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, *Portland* semen dan abu batu. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperatur serta mengurangi jumlah rongga udara dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Terlampau tinggi kadar *filler* maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Pada sisi lain kadar *filler* yang terlampau rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi. Jumlah *filler* ideal antara 0,6% sampai 1,2%, yaitu perbandingan prosentase *filler* dengan prosentase kadar aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

Filler berperan dalam campuran aspal dengan 2 macam cara : yaitu pertama *filler* sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa didalam campuran. Sedangkan peran kedua adalah suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal didalam mortar, selanjutnya sifat-sifat mortar ini tergantung pada sifat asli dari pasir, jumlah takaran dalam campuran aspal serta bahan pengikat yang digunakan.

Menurut Sukirman (2003), bahan pengisi (*filler*) juga harus memenuhi persyaratan- persyaratan sebagai berikut:

- a. Gradasi agregat AASHTO T27 – 82
- b. Berat jenis curah (*Bulk*) AASHTO T84 – 88 minimum 2,5
- c. Penyerapan air maksimum 3%.

2.3.1 Low Density Polyethylene (LDPE)

LDPE (*Low Density Polyethylene*) yaitu barang – barang yang berkode #4, dapat didaur ulang dan baik untuk barang – barang yang memerlukan fleksibilitas tinggi, contohnya botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.

2.4. Bahan Pengikat (Aspal)

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. bersifat (termoplastis) , yaitu mencair jika dipanaskan sampai pada suhu tertentu dan akan kembali membeku jika temperatur mulai turun. *Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen sehingga aspal sering disebut bitumen.

Pada konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan persentase berat atau 10-15 % berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. Aspal yang umum digunakan saat ini adalah aspal yang berasal dari proses destilasi minyak bumi disamping itu mulai banyak pula digunakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton.

2.4.1. Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas:

a. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam.

Berdasarkan depositnya aspal alam ini dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu :

1. Aspal Danau (Lake Asphalt)

Aspal ini secara alamiah terdapat di danau trinidad Venezuela dan Lawele. Aspal ini terdiri dari bitumen, mineral dan bahan organik lainnya. Angka penetrasi dari aspal ini sangat rendah dan titik lembeknya sangat tinggi. Karena aspal ini sangat keras, dalam pemakainnya aspal

ini dicampur dengan aspal keras yang mempunyai angka penetrasi yang tinggi.

2. Aspal Batu (Rock Asphalt)

Aspal batu Kentucky dan Buton adalah aspal yang secara terdeposit di pulau Buton, Indonesia dan di daerah Kentucky, USA. Aspal dari deposit ini terbentuk dalam celah-celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari masa batu tersebut dan memiliki tingkat penetrasi antara 0 – 40. Untuk pemakainanya, deposit ini harus ditimbang terlebih dahulu, lalu aspalnya diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak atau aspal keras dengan angka penetrasi yang lebih tinggi agar didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai dengan yang diinginkan. Pada saat ini aspal batu telah dikembangkan lebih lanjut, sehingga menghasilkan aspal batu dalam bentuk butiran partikel yang berukuran lebih kecil dari 1 mm dan dalam bentuk mastik.

b. Aspal Buatan

Aspal yang masuk dalam kategori aspal buatan adalah aspal minyak dan tar, akan tetapi tar tidak umum digunakan pada perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan beracun.

c. Aspal Minyak

Aspal minyak dengan berbahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal Keras/Panas (*Asphalt Cement, AC*)

Yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal semen pada temperatur ruang (25° - 30° C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasinya ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

2. Aspal Dingin/Cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan-bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang.

Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan bahan pelarutnya aspal cair dapat dibedakan atas :

a. RC (*Rapid Curing cut back*)

Merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium, RC merupakan cut back aspal yang paling mudah menguap.

b. MC (*Medium Curing cut back*)

Merupakan aspal yang di larutkan dengan bahan pencair minyak tanah.

c. SC (*slow Curing cat back*)

Merupakan aspal semen yan dilarutkan dengan bahan yang kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan aspal yang paling lama menguap.

3. Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*)

Aspal emulsi di hasilkan dari proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal keras di pisahkan dan di dispresikan ke dalam air yang mengandung emulsifer (*emulgator*). Partikel aspal yang terdispresi berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran koloid. Jenis emulsifer yang digunakan sangat mempengaruhi jenis dan kecepatan pengikatan aspal emulsi yang dihasilkan. Berdasarkan muatan listrik zat pengemulsi yang digunakan, aspal emulsi yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi :

- a. Kationik (emulsi asam), merupakan aspal emulsi bermuatan listrik positif.
- b. Anionik (emulsi alkali), merupakan aspal emulsi bermuatan listrik negatif.
- c. Non-ionik, adalah merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi atau tidak mengantarkan listrik

(netral). Aspal emulsi yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah aspal emulsi anionik dan kationik

d. Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Polimer adalah jenis bahan tambah yang banyak digunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal polymer. Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan polymer yang biasanya digunakan untuk tujuan ini, yaitu polymer elastomer dan polymer plastomer.

- **Aspal Polymer Elastomer**

SBS (Styrene Butadine Styrene), SBR (Styrene Butadine Rubber), SIS (Styrene Isoprene Styrene) dan karet adalah jenis-jenis polymer elastomer yang biasanya digunakan sebagai bahan pencampur aspal keras. Penambahan polymer jenis ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat biologi aspal, antara lain penetrasi, kekentalan, titik lembek, dan elastisitas aspal keras. Campuran beraspal yang dibuat dengan aspal polymer elastomer akan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dari campuran beraspal yang dibuat dengan aspal keras. Persentase penambahan bahan tambah (aditive) pada pembuatan aspal polymer harus

ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu memang dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

- **Aspal Polymer Plastomer**

Seperti halnya dengan aspal polymer elastomer, penambahan bahan polymer plastomer pada aspal keras juga dimaksudkan untuk meningkatkan sifat rheologi baik pada aspal keras dan sifat fisik campuran beraspal. Jenis polymer plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah EVA (*Ethlene Vinyl Acetate*), polypropilene dan polyethilene. Persentase penambahan polymer ini ke dalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian laboratorium karena sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat-sifat rheologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

2.4.2. Fungsi Aspal sebagai Material Perkerasan Jalan

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.

2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat dilaksanakan mempunyai tingkat kekentalan tertentu.

Penggunaan aspal pada perkerasan jalan dapat dicampurkan pada agregat sebelum dihamparkan (prahampar), seperti lapisan beton aspal atau disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan dan ditutupi oleh agregat-agregat yang lebih halus (pascahampar), seperti perkerasan penetrasi makadam atau pelaburan.

Pada proses pascahampar, aspal disiramkan pada lapisan agregat yang telah dipadatkan, lalu di atasnya ditaburi butiran agregat halus. Pada keadaan ini aspal akan meresap kedalam pori-pori antar butir agregat dibawahnya.

Dengan adanya aspal dalam campuran diharapkan diperoleh lapisan perkerasan yang kedap air sehingga mampu melayani arus lalu lintas selama masa pelayanan jalan. Oleh karena itu aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca.

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat

tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat ini dapat diperiksa dengan melakukan pengujian tentang kelekatan aspal (stripping test). Agregat bersilika tinggi bersifat *hydrophilic*, sehingga mempunyai ikatan dengan aspal yang kurang baik. Agregat bersilika rendah mengikat aspal dan bersifat *hidrophobic*. Agregat yang dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan adalah agregat dengan kelekatan agregat terhadap aspal minimum 95.

2.4.3. Sifat Kimiawi Aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokkan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama.

Metode Rostler menentukan komponen fraksional aspal melaluidaya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam *sulfuric acid*, yaitu:

1. Asphaltenes (A)

Asphalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Asphalten berwarna coklat tua sampai hitam yang terdiri dari senyawa karbon dan hydrogen dengan

perbandingan 1:1, dan kadang-kadang mengandung nitrogen, sulfur, dan oksigen. Molekul asphalten ini memiliki ukuran antara 5-30 nano meter.

2. Malten

Malten adalah unsur kimia lainnya yang terdapat di dalam aspal selain asphalten. Unsur malten ini terbagi lagi menjadi tiga unsur yaitu:

a. Resin

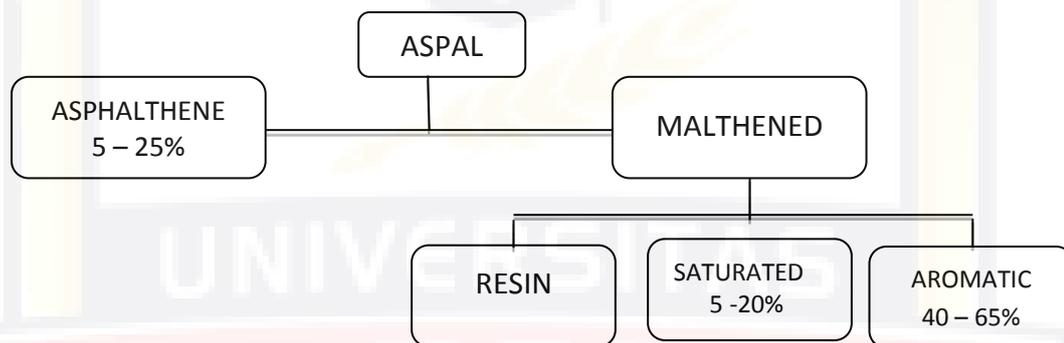
Terdiri dari hidrogen dan karbon, dan sedikit mengandung oksigen, sulfur dan nitrogen. Resin memiliki ukuran antara 1 – 5 nano meter, berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adesif pada aspal.

b. Aromatik

Aromatik adalah unsur pelarut asphalten yang paling dominan didalam aspal. Aromatik berbentuk cairan kental yang berwarna coklat tua dan kandungannya dalam aspal berkisar 40% - 60% terhadap berat aspal. Aromatik terdiri dari rantai karbon bersifat non-polar yang didominasi oleh unsur tak jenuh (unsaturated) dan memiliki daya larut yang tinggi terhadap molekul hidrokarbon.

c. Saturated

Saturated adalah bagian dari molekul malten yang berupa minyak kental yang berwarna putih atau kekuning-kuningan dan bersifat non-polar. *Saturated* terdiri dari paraffin dan non-paraffin, kandungannya dalam aspal berkisar antara 5%-20% terhadap berat aspal.



Gambar 2.7 Kandungan Kimia dari Aspal

2.4.4. Tes Standar Bahan Aspal

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (*grade*) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang paling sesuai dalam rangka mengurangi resiko kegagalan.

a. Penetrasi

Penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal.

Berdasarkan nilai penetrasinya, semen aspal dibagi menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal

85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

b. Titik Lembek

Titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horisontal didalam larutan air atau gliserin yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan suhu/angka titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C sampai 200°C dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

c. Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal. Tujuan dari pengujian titik nyala aspal adalah untuk menentukan batas temperatur tertinggi dimana aspal mulai menyala sehingga menjaga keselamatan agar pada waktu pemanasan aspal tidak mudah terjadi kebakaran.

d. Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal, yang diukur dari jarak terpanjang, apabila diantara dua cetakan berisi bitumen keras yang ditarik sebelum putus pada suhu 25°C dan dengan kecepatan 50 mm/menit (SNI 06-2432-1991). Jarak minimal benang aspal hasil tarikan adalah minimal 100 cm.

Maksud pengujian ini adalah untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada temperatur dan kecepatan tarik tertentu. Pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui bahan aspal mengandung bahan lain yang tidak menyatu dengan aspal, karena bila ada bahan asing yang lain maka benang aspal hasil tarikan mesin tidak akan mencapai panjang 100 cm.

e. Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C. Pengujian ini ditujukan untuk memperoleh nilai berat jenis aspal keras dengan menggunakan rumus berat jenis hasil pengujian. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi ini mensyaratkan berat jenis diatas 1,0 gram/cc kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan *asphaltene*.

f. Kehilangan Berat

Kehilangan berat adalah selisih sebelum dan sesudah pemanasan pada tebal tertentu pada suhu tertentu. Maksud dari pemeriksaan ini untuk mencegah pasokan bahan aspal yang terlalu banyak mengandung minyak-minyak ringan yang kalau dipanaskan lama (pada tes ini sampel dipanaskan 163°C selama 5 jam sebagai simulasi) terlalu banyak yang menguap

sehingga aspal akan kering dan sulit dikerjakan (kental dan getas).

g. Pengujian Viskositas Aspal

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai viskositas aspal untuk menentukan suhu pencampuran dan pemadatan campuran beraspal panas. Pengujian viskositas sering kali didasarkan pada laju aliran dapat dengan mudah dilakukan pada suhu yang tinggi seperti temperature 60°C (140°F). Koefisien viskositas adalah perbandingan antara tegangan geser yang diberikan dengan laju geser. Nilai koefisien ini adalah suatu ukuran ketahanan terhadap pengaliran cairan. Satuan viskositas dalam standar internasional (SI) adalah pascal sekon (Pa.s). satuan viskositas dalam sistem centimeter gram sekon (cgs) adalah poise ($\text{dyreis}/\text{cm}^2$) dan nilai setara dengan 0,1 pascal sekon (Pa.s). biasanya satuan viskositas dinyatakan dalam centipoise (cP), dimana 1 cP sama dengan 1 milipascal sekon (mPa.s).

2.4.5. Jenis Semen Aspal

Agregat halus juga harus memenuhi persyaratan-persyaratan semen aspal dapat dibedakan berdasarkan nilai penetrasi atau viskositasnya. Berdasarkan nilai penetrasinya, AASHTO membagi semen aspal kedalam 5 kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan

aspal 200-300. Spesifikasi dari masing-masing kelompok aspal tersebut seperti pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Spesifikasi AASHTO untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal, AASHTO 20-70 (1990)

Jenis aspal (sesuai penetrasi)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Penetrasi (25°C, 100 _{gr} , 5 det)	40-50	60-70	85-100	120-150	200-300
Titik nyala, cleaveland °C	≥ 235	≥ 235	≥ 235	≥ 220	≥ 180
Daktalitas (25°C, 5cm/men, cm)	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100	≥ 100
Solubilitas dlm CC14, %	≥ 99	≥ 99	≥ 99	≥ 99	≥ 99
TFOT, 3.2mm, 5jam, 163°C					
Kehilangan berat, %	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1	≤ 1,3	≤ 1,5
Penetrasi setelah kehilangan berat	≥ 58	≥ 54	≥ 50	≥ 46	≥ 40
Daktalitas setelah kehilangan berat, (25°C, 5 cm/men, cm)		≥ 50	≥ 75	≥ 100	≥ 100

Sumber : *Beton Aspal Campuran Panas, Sukirman, 2003: 45*

Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 85/100. Persyaratan kualitas aspal yang umum digunakan di Indonesia seperti pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Klasifikasi Bina Marga untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal

Jenis Pengujian	Jenis Aspal sesuai penetrasi	
	60	80
Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 detik)	60 – 79	80 – 99
Daktalitas (25°C, 5 cm/men, cm)	≥ 100	≥ 100
Titik nyala, cleaveland	≥ 200	≥ 225
Solubilitas dalam CCl ₄ , %	≥ 99	≥ 99
TFOT, 3,2 mm, 5 jam, 163°C	-	-
Kehilangan berat %	≤ 0,4	≤ 0,6

Penetrasi setelah kehilangan berat, % semula	≥ 75	≥ 75
Berat jenis (25°C)	≥ 1	≥ 1

Sumber : *Beton Aspal Campuran Panas, Sukirman, 2003: 4*

Pembagian semen aspal berdasarkan nilai viskositasnya tak umum digunakan di Indonesia. Spesifikasi aspal sesuai spesifikasi baru campuran beraspal panas yang diterbitkan oleh Depkimwarsil menetapkan aspal yang digunakan untuk beton aspal campuran panas adalah semen aspal pen. 60/70, sesuai Spesifikasi AASHTO M 20-70 (1990), seperti pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Metode Pemeriksaan Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metode	Syarat
1.	Penetrasi, 25°C; 100 gr; 5 dtk; 0,1 mm	SNI-06-2456-1991	60 – 79
2.	Titik Lembek, °C	SNI-06-2434-1991	48 – 58
3.	Titik Nyala, °C	SNI-06-2433-1991	Min.200
4.	Daktilitas 25°C, 5 cm per menit	SNI-06-2432-1991	Min. 100
5.	Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	Min. 1.0
6.	Kelarutan Dalam Trichloroethene, %	RSNI M-04-2004	Min. 99
7.	Kehilangan Berat, %	SNI-06-2440-1991	Max. 0.8
8.	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	SNI-06-2456-1991	Min. 54
9.	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	SNI-06-2432-1991	Min. 50

Sumber : *Pengantar Rekayasa jalan Sub Jurusan Rekayasa Transportasi Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung.*

2.5. Plastik

Plastik adalah nama golongan zat-zat polimer tinggi buatan seperti polistirene, polietilena polvinil, cloroda, fenolformaldehina, urea formaldehina, seluloid, dan lain-lain. Seluloid (dari selulosa) telah dapat dibuat pada tahun 1869, tetapi plastik-plastik secara umum baru dipakai

dalam industri setelah BAKELIT dibuat banyak-banyak pada tahun 1970 (Ensiklopedia Umum, 1993:892).

2.5.1. Definisi dan Jenis-Jenis Plastik

Plastik adalah material sintetik buatan manusia yang mudah dibentuk dan dicetak (John Farndon, 2010). Sebagian besar plastik adalah polimer sehingga struktur molekul polimer menentukan karakteristik suatu plastik.

Berdasarkan sifat fisiknya, plastik dibagi atas dua jenis yaitu:

a. Termoplastik, merupakan jenis plastik yang bisa didaur- ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang.

Polimer termoplastik memiliki sifat-sifat khusus sebagai berikut:

1. Jika dipanaskan akan melunak
2. Jika didinginkan akan mengeras
3. Mudah untuk diregangkan
4. Fleksibel
5. Titik leleh rendah
6. Dapat dibentuk ulang (daur ulang)
7. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.

Contoh plastik yang termasuk dalam jenis Termoplastik adalah sebagai berikut :

a. *Polietilena* (PE), seperti:

1. PETE (*Polyethylene Terephthalate*) yaitu produk – produk dengan bahan berkode #1 yang

direkomendasikan untuk satu kali pakai, berat jenis tipe ini adalah 1,34-1,39. Contoh botol minuman.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*) yaitu produk dengan bahan berkode #2 dan direkomendasikan satu kali pakai, berat jenis tipe ini adalah 0,96-0,97. Contoh botol susu berwarna putih

3. LDPE (*Low Density Polyethylene*) yaitu barang – barang yang berkode #4, dapat didaur ulang dan baik untuk barang – barang yang memerlukan fleksibilitas tinggi, contohnya botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.

b. *Polyvinilklorida* (PVC), tertera logo #3, berat jenis tipe ini adalah 1,37–1,39. Contohnya pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.

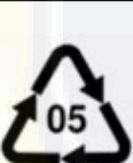
c. *Polipropena* (PP) tertera logo #5. Contohnya: karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.

- d. *Polistirena* (PS) tertera logo dengan angka #6, berat jenis tipe ini adalah 1,04-1,09. Contohnya: Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.
- e. *Polycarbonate (Other)* tertera logo dengan angka #7 serta tulisan other, berat jenis tipe ini adalah 1,2. Contohnya: botol minuman olahraga, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, dan alat-alat elektronik.
- b. *Termoseting*, merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur- ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Sifat polimer termosetting sebagai berikut :
- Keras dan kaku (tidak fleksibel)
 - Jika dipanaskan akan mengeras
 - Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang)
 - Tidak dapat larut dalam pelarut apapun
 - Jika dipanaskan akan meleleh
 - Tahan terhadap asam basa
 - Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Contoh plastik termosetting adalah asbak, *fitting* lampu listrik, *steker* listrik, peralatan fotografi, dan radio.

Pada penelitian ini digunakan limbah dari plastik dari kategori *Polyethylene* sebagai bahan filler dalam campuran aspal beton. *Polyethylene* dibagi menjadi PET, HDPE, dan LDPE. Sifat mekanis *polyethylene* untuk kerapatan tinggi yakni keras, kuat, dan kaku, sedangkan untuk kerapatan rendah bersifat lembut, lentur, dan jernih. Beberapa contoh pengaplikasian *polyethylene* yaitu botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik, dll.

Tabel 2.7. Jenis-jenis Plastik dan Simbol Daur Ulang

Simbol Daur Ulang	Jenis Plastik	Sifat-sifat	Aplikasi kemasan
	Polietilen Tereftalat (PET, PETE)	Bening, kuat, tangguh non permeabel (gas dan uap air)	Soft drink, botol air-salad keju kacang
	High Density Polietilen	Kaku, kuat, tangguh, tahan lembab,	Susu, jus buah, kantong belanja
	Polivinil Klorida (PVC)	Tangguh, kuat, mudah dicampur	Botol jus, pipa air bungkus plastik
	Low Density Polietilen (LDPE)	Mudah diproses, kuat tangguh, fleksibel, mudah disegel, tahan lembab	Kantong makanan beku, botol remas (kecap, saus, madu), bungkus plastik
	Polipropilen (PP)	Kuat, tangguh, tahan panas, minyak bahan kimia, tahan lembab	Peralatan dapur, peralatan microwave, wadah yoghurt, piring dan mangkuk sekali pakai
	Polistiren (PS)	Mudah dibentuk dan diproses	Karton telur, styrofoam, mangkuk sekali pakai
	Plastik lain (Polikarbonat atau ABS)	Tergantung dari jenis polimernya	Botol minuman, botol susu bayi, barang-barang elektronik

2.5.2. Penggunaan Limbah Plastik pada Aspal Beton

Pemanfaatan plastik, dalam hal ini limbah plastik sebagai bahan konstruksi, yaitu sebagai bahan pengikat untuk campuran aspal beton merupakan salah satu hal yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan, sebab limbah plastik sebagian berupa polimer yang sangat sulit terurai. Di samping membantu pencemaran lingkungan, sebagai *filler* untuk campuran aspal beton, pemanfaatan limbah dapat meningkatkan kualitas campuran aspal beton.

Sojobi, dkk. (2016) dalam penelitiannya menggunakan botol plastik jenis PET (Polyethylene Therephthalate) untuk campuran aspal beton. Hasil pengujian karakteristik *marshall* menunjukkan peningkatan yang baik sehingga sampah botol plastik (PET) dianjurkan untuk digunakan dalam campuran aspal beton, dan juga menimbang dari keuntungan segi ekonomi dan lingkungan.

Rajput dan Yadav (2016) melakukan penelitian penggunaan limbah plastik dalam konstruksi jalan. Dalam penelitian ini ditambahkan limbah plastik berupa kantong plastik dan plastik jenis *polyethylene* ke dalam campuran aspal dengan variasi 6%, 8%, 10%, 12% dan 14% dari berat bitumen aspal dalam campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas *marshall* dalam keadaan maksimum ketika 12% limbah plastik dari berat aspal ditambahkan ke dalam campuran.

Parameter marshall yang lain juga meningkat dengan penambahan limbah plastik kedalam campuran aspal beton.

Silvia Angelone, dkk. (2015) dalam penelitiannya mengenai *Green Pavements: Reuse of Plastic Waste in Asphalt Mixture*, mendaur ulang limbah plastik jenis *Polyethylene* dan *Polypropylene* sebagai bahan campuran perkerasan jalan dengan persentase masing-masing dari berat total campuran adalah 2%, 4%, dan 6%. Plastik untuk jenis *polyethylene* dibuat dalam bentuk serpihan dan butiran, sedangkan plastik jenis *polypropylene* dibuat dalam bentuk kepingan kecil (*chip*). Hasilnya diperoleh bahwa campuran aspal dengan karakteristik terbaik, yaitu pada jenis *polyethylene* dibuat dalam bentuk serpihan dengan kadar plastik sebesar 2% dari berat total campuran dan terdapat kemungkinan menaikkan umur kelelahan beton aspal.

Penggunaan plastik jenis *Polythilene Terephthalate* sebagai bahan tambah terhadap karakteristik marshall pada campuran AC-WC telah dilakukn oleh Arianti, dkk. (2015). Hasilnya menunjukkan seiring dengan meningkatnya kadar PET dalam campuran, nilai stabilitas, VMA, VFB, *flow*, dan MQ cenderung meningkat dan nilai VIM menurun.

Rahmawati, dkk. (2015) dalam penelitiannya berjudul "Perbandingan Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Polyetilene* (HDPE) dalam Aspal beton-WC dan Lataston-WC terhadap Karakteristik *marshall* memperoleh hasil bahwa dengan penambahan plastik HDPE

sebesar 2% dari total berat aspal maka memberikan hasil peningkatan nilai stabilitas, VIM, VMA, VFA, dan MQ, serta penurunan pada *flow* dan VMA.

Gill, dkk. (2015) menyelidiki pengaruh dari penambahan limbah plastik dengan bubuk limbah ban bekas pada campuran aspal dalam meningkatkan kinerja jalan. Persentase plastik yang digunakan untuk menyelimuti agregat, yaitu 4, 6, 8, dan 10%. Hasil penelitiannya diperoleh bahwa penambahan plastik dalam campuran meningkatkan titik leleh aspal serta dapat meningkatkan kekuatan jalan sesuai yang disyaratkan dan umur jalan.

Fernandes, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang pengembangan suatu inovasi bitumen dengan jumlah yang cukup besar dari penggunaan limbah plastik untuk meningkatkan kinerja campuran aspal. Pada penelitian tersebut ditambahkan 5% limbah plastik jenis HDPE yang menghasilkan peningkatan nilai penetrasi, titik lembek, fleksibilitas, dan mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap kelelahan.

Thanaya, dkk. (2015) dalam penelitiannya yang berjudul "*Properties of Sand Sheet Asphalt Mixture Incorporating Waste Plastic*" memperoleh hasil bahwa limbah plastik *polypropylene* (PP) dapat digabungkan dengan *Sand Sheet Asphalt mixture* tapi jumlahnya terbatas, yaitu kurang dari 10%.

Moghaddam, dkk. (2015) melakukan penelitian untuk mengetahui sifat dari campuran *stone mastic asphalt* yang mengandung limbah PET. Limbah PET yang ditambahkan, yaitu 0-1% dari berat agregat dan ukurannya dapat lolos pada saringan 2,36 mm. Hasilnya diperoleh bahwa kadar aspal optimum diperoleh pada angka 5,88% dengan penambahan 0,18% PET dari berat agregat.

Deshmukh, dkk. (2015) menyelidiki penggunaan limbah plastik dan ban bekas pada campuran aspal. Limbah plastik yang digunakan diparut dengan menggunakan mesin hingga dapat lolos pada saringan ukuran 4,75-2,36 mm dengan persentase penambahan dalam campuran yaitu 8, 10, dan 12 % dari berat aspal, sedangkan persentase ban bekas yang ditambahkan yaitu 10, 15, dan 20% dari berat agregat. Hasil penelitian diperoleh bahwa dengan penambahan limbah plastik dan ban bekas dapat meningkatkan kinerja dan kualitas dari campuran beton aspal serta dapat menambah masa umur layanan jalan. Kadar optimum dari penggunaan limbah yaitu 5-20%. Selain itu, dengan penggunaan limbah plastik dan ban bekas pada campuran aspal dapat mengurangi masalah keretakan dan deformasi permanen pada daerah dengan temperatur yang panas.

Menaria dan Sankhla (2015) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi proporsi optimum dari limbah plastik yang ditambahkan ke dalam campuran aspal untuk memperoleh kekuatan aspal. Limbah

plastik yang ditambahkan dapat lolos pada saringan 2,36 mm – 4,75 mm pada kadar 0%, 8%, 10%, 12%, dan 14%. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan plastik dalam campuran meningkatkan sifat pengikatan dari campuran dan karakteristik aspal yaitu penetrasi, titik lembek meningkat dengan penambahan limbah plastik. Persentasi maksimum limbah plastik ke dalam campuran ialah 8%. Selain itu, penambahan limbah plastik dapat menggantikan kadar aspal dalam campuran sehingga lebih ekonomis serta dengan meningkatnya stabilitas dan durabilitas akan mengurangi biaya pemeliharaan jalan ke depannya.

Aforla, dkk. (2015) melakukan penelitian untuk menentukan apakah limbah plastik pantas sebagai *modifier* dalam perkerasan aspal. Plastik yang digunakan diparut sampai ukuran 2-3 mm dan persentasi yang digunakan dalam campuran yaitu 0-3% dari berat aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik campuran aspal setelah ditambahkan limbah plastik mengalami peningkatan dan dapat digunakan dalam konstruksi perkerasan beton aspal dengan peningkatan kualitas dan mengurangi biaya campuran.

Soyal (2015) mengembangkan teknik penggunaan limbah plastik pada konstruksi jalan (perkerasan lentur). Jenis plastik yang digunakan adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan dipotong- dipotong hingga ukurannya menjadi sangat kecil dengan penambahan kadar plastik sebesar 0-5% ke dalam campuran aspal. Hasil penelitian menunjukkan

bahwa dengan penambahan limbah plastik ke dalam campuran maka akan meningkatkan sifat pengikatan dari aspal, stabilitas, kepadatan, dan lebih tahan dari air. Stabilitas menurun ketika ditambahkan kadar plastik lebih besar dari 4%. Penambahan plastik juga akan menyebabkan campuran lebih tahan kepada keretakan dan pembebanan berulang di jalan.

Latifa dan Pramono (2014) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa penambahan limbah botol air mineral (PET) sebanyak 6% dari berat campuran menyebabkan beton aspal menjadi lebih kaku sehingga lebih tahan terhadap peningkatan suhu. Walaupun kemampuan menerima beban lebih kecil dari campuran beton aspal tanpa limbah, namun karena lebih kaku maka perubahan bentuknya juga lebih kecil. Pada akhirnya, nilai kekakuan *marshall* tetap lebih besar dari campuran tanpa limbah, dengan kata lain campuran beton aspal dengan limbah PET lebih mampu menerima beban roda kendaraan serta peningkatan suhu dibandingkan dengan campuran tanpa limbah.

Shedame dan Pitale (2014) mengevaluasi penggunaan limbah plastik terhadap kinerja dari campuran beton aspal. Jenis limbah plastik yang digunakan adalah LDPE yang dipotong hingga bisa lolos saringan 2-8 mm dengan variasi persentase limbah plastik yaitu 0,25 1 % terhadap berat total campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah plastik dapat digunakan pada campuran beton aspal dengan

kadar plastik optimum adalah 0,76% dari berat total campuran beton aspal. Dengan penambahan limbah plastik ini dapat meningkatkan kinerja dari campuran dan menambah umur layanan jalan.

Musa dan Haron (2014) menyelidiki penggunaan limbah plastik yaitu jenis LDPE di dalam campuran aspal. Persentase limbah plastik yang yaitu 4-18% dari berat aspal. Hasil penelitian diperoleh bahwa terjadi peningkatan karakteristik campuran aspal ketika ditambahkan limbah plastik LDPE dan kadar plastik optimum yaitu 10% dari berat aspal. Penambahan limbah plastik tersebut menyebabkan peningkatan signifikan pada stabilitas dan penurunan pada VFA. Selain itu, mengurangi deformasi perkerasan, meningkatkan ketahanan kelelahan, meningkatkan kelekatan agregat dan aspal, serta mengurangi penggunaan aspal dalam campuran aspal.

Ojha dan Kumar (2014) menyelidiki pengaruh perkerasan lentur menggunakan limbah plastik *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) dengan persentase 0-3%. Hasil penelitiannya bahwa dengan penggunaan limbah plastik ke dalam perkerasan lentur dapat memperkuat perkerasan, mengurangi terjadinya kerusakan seperti lubang dan alur, dapat menahan pembebanan berat, mengurangi konsumsi aspal dalam campuran sehingga biaya konstruksi berkurang, dan menambah umur jalan.

Amrina dan Oftiana (2013) melakukan penelitian menggunakan plastik HDPE untuk meningkatkan kinerja campuran perkerasan jalan. Hasilnya mampu meningkatkan kinerja *marshall* dan titik lembek aspal.

El Saikaly dan Mohammed Hatta (2013) dalam penelitiannya yang berjudul “*Study of Possibility to Reuse Waste Plastic Bags as a Modifier for Asphalt Mixtures Properties (Binder Course Layer)*”, menyatakan bahwa sampah tas plastik (LDPE) dapat digunakan dalam campuran beton aspal karena dapat meningkatkan kinerjanya. Kadar plastik yang direkomendasikan adalah 9% dari berat kadar aspal optimum. Dengan penambahan kadar plastik ini dapat meningkatkan 24% stabilitas dari campuran aspal biasa.

Rongali, dkk. (2013) menyelidiki penggabungan *fly ash* dan limbah plastik ke dalam campuran beton aspal untuk konstruksi perkerasan lentur. Persentase kadar plastik yang digunakan untuk pencampuran yaitu 0,25-1% dari berat total campuran aspal. Hasil penelitian diperoleh bahwa kadar plastik optimum pada campuran beton aspal yaitu 0,75%. Penambahan limbah plastik akan mengurangi terjadinya alur pada konstruksi perkerasan lentur.

Chavan (2013) membandingkan karakteristik campuran aspal biasa dengan campuran aspal dengan agregat yang diselimuti oleh limbah plastik jenis *polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP). Hasilnya diperoleh bahwa kinerja aspal meningkat ketika agregat dalam

campuran diselimuti plastik. Hal ini juga akan membantu pengikatan campuran yang lebih baik serta mengurangi rongga udara dalam campuran. Selain itu, penggunaan limbah plastik dalam campuran akan mengurangi pemakaian aspal sekitar 10%. Kadar plastik optimum ketika ditambahkan limbah plastik ke dalam campuran yaitu 1,5%.

Costa, dkk. (2013) mengevaluasi kemungkinan modifikasi aspal dengan tipe limbah plastik yang berbeda sehingga dapat meningkatkan karakteristik campuran aspal. Tipe plastik yang digunakan adalah *polyethylene* (LDPE & HDPE), *ethylene-vinyl acetate* (EVA), *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS), dan serpihan karet. Kadar plastik yang ditambahkan dalam campuran yaitu 5% dari berat aspal. Hasil penelitian diperoleh bahwa jenis polimer yang terbaik untuk digunakan dalam peningkatan kinerja campuran aspal khususnya stabilitas adalah serpihan karet dari ban bekas dan *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS).

Sitanggang dan Hamsi (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk menyelidiki pengaruh variasi campuran *High Density Polyethylene* (HDPE) dan aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik campuran aspal. Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan HDPE meningkatkan sifat mekanik dari campuran aspal.

Rahman, dkk. (2013) menyelidiki potensi penggunaan limbah *polyethylene* dan PVC untuk meningkatkan karakteristik campuran aspal. Persentase limbah plastik yang digunakan yaitu 2,5-20% terhadap berat

aspal. Hasil penelitian diperoleh bahwa limbah *polyethylene* (kadar optimum 10% terhadap berat aspal) dan PVC (kadar optimum 7,5% terhadap berat aspal) dapat digunakan dalam campuran aspal pada perkerasan lentur.

Thanaya dan Negara (2013) menganalisis karakteristik campuran aspal beton lapis aus dengan menggunakan plastik bekas sebagai bahan pengganti sebagian agregat. Tipe plastik yang digunakan yaitu jenis HDPE dengan kadar 0, 10, 20, 30, 40, dan 50% dari berat total agregat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar aspal optimum diperoleh sebesar 5,9% dan penambahan kadar plastik meningkatkan stabilitas, *flow*, *marshall quotient*, VIM, serta menurunkan VMA dan VFB.

Rahmawati dan Rizana (2013) menyelidiki pengaruh dari penggunaan Polipropilena (PP) sebagai pengganti agregat dalam campuran lapis aspal beton yang ditinjau dari karakteristik *marshall*. Persentase kadar plastik yang digunakan adalah 0, 2, 5, dan 10% dari berat agregat. Dari pengujian *marshall* diperoleh hasil bahwa penggunaan polipropilena (PP) cenderung meningkatkan stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, dan *marshall quotient* (MQ). Adapun nilai VFA cenderung menurun seiring dengan penambahan kadar PP yang digunakan.

Mohanty (2013) menganalisis penggunaan limbah *Polyethylene* dalam campuran perkerasan aspal. Variasi persentase limbah plastik yang

digunakan yaitu 0,5-2,5 % dari berat total campuran. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan limbah plastik jenis *Polyethylene* ke dalam campuran dapat meningkatkan karakteristik campuran yaitu stabilitas, karakteristik *drain down*, dan *indirect tensile strength*.

Ahmadinia, dkk. (2012) menyelidiki kinerja botol plastik PET sebagai bahan tambah pada campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA). Variasi kadar plastik yang ditambahkan dalam campuran yaitu 0-10% terhadap berat aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah PET ke dalam campuran mempunyai efek positif yang signifikan pada karakteristik SMA dengan meningkatnya ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (alur) serta meningkatnya kekakuan dalam campuran. Kadar plastik optimum berada pada rentang 4-6 % terhadap berat aspal.

Widjoko dan Purnamasari (2012) melakukan penelitian terhadap penambahan botol plastik ke dalam campuran beton aspal lapis aus yang menunjukkan bahwa di antara semua karakteristik *marshall*, yang paling menunjukkan peningkatan adalah stabilitas sebesar 23,5%. Dan ini diperoleh ketika ditambahkan kadar plastik sebesar 4% dari berat aspal.

Sultana dan Prasad (2012) menyelidiki potensi menggunakan limbah plastik sebagai *modifier* untuk perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Jenis limbah plastik yang digunakan adalah PP, LDPE, dan HDPE dengan persentase yang ditambahkan pada campuran yaitu 0,5-5%

dari berat campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan karakteristik campuran lebih baik pada perkerasan lentur dengan adanya peningkatan kinerja dari campuran aspal. Semakin banyak persentase limbah plastik dalam campuran maka akan semakin meningkatkan stabilitas. Tipe plastik jenis LDPE menunjukkan peningkatan kinerja lebih baik dengan kadar plastik optimum yaitu 8%.

Moghaddam (2012) menyelidiki efek dari penambahan limbah PET (0-1%) pada karakteristik kekakuan dan kelelahan campuran SMA. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah botol plastik dalam jumlah sedikit akan meningkatkan modulus kekakuan serta dapat meningkatkan umur kelelahan campuran beton aspal.

Ranadive dan Tapase (2012) menyelidiki efek dari penambahan limbah plastik sebagai material penguat dalam lapisan beton aspal. Tipe plastik yang digunakan adalah LDPE dan HDPE dengan persentase plastik yaitu 5-20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 10% aspal dapat digantikan oleh limbah plastik dengan kadar aspal optimum sebesar 5,5%. Selain itu, terjadi peningkatan signifikan pada stabilitas sebesar 25,57% dan karakteristik parameter *marshall* lain juga tetap dalam batas yang disyaratkan.

Rokade (2012) mengevaluasi penggunaan limbah plastik dan ban bekas pada pekerasan lentur. Jenis plastik yang digunakan adalah LDPE di mana variasi persentase yang ditambahkan dalam campuran yaitu 3,

5, dan 9%. Hasil penelitian diperoleh bahwa karakteristik campuran aspal setelah penambahan limbah plastik LDPE dan potongan karet menunjukkan adanya peningkatan terutama stabilitas yaitu 25%. Selain itu, kepadatan campuran juga menunjukkan adanya peningkatan. Hal tersebut akan membuat campuran aspal lebih stabil dan tahan lama serta menambah umur layanan jalan.

Abtahi, dkk. (2011) menyelidiki penggunaan jenis plastik PP dengan variasi persentase 0,1-0,5% dari berat total campuran dalam menguatkan campuran aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menambahkan PP ke dalam campuran akan meningkatkan stabilitas sebesar 26%, rongga udara sebesar 67%, dan mengurangi *flow* sebesar 38%. Kadar plastik yang direkomendasikan untuk campuran yaitu 0,1 hingga 0,2%.

Ahmadinia (2011) menyelidiki efek dari penggabungan limbah botol plastik PET dengan persentase yaitu 0-10% dari berat aspal pada campuran SMA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah PET ke dalam campuran memberikan efek positif yang signifikan dari karakteristik SMA. Dilihat dari peningkatan nilai MQ akan meningkatkan kekakuan campuran dan peningkatan VIM akan meningkatkan kepadatan campuran. Kadar limbah PET yang optimum yaitu 6% dari berat aspal.

Bale (2011) menyelidiki potensi penggunaan limbah plastik *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan *polystyrene* (PS) dengan variasi persentase 10-15% dari berat aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah plastik ke dalam campuran akan meningkatkan kinerja campuran aspal dan menambah umur layanan jalan. Selain itu, penambahan plastik ke dalam campuran aspal akan meningkatkan titik leleh.

Penelitian yang dilakukan Al-Hadidy, dkk. (2009) yang berjudul "*Mechanistic Approach for Polypropylene Modified Flexible Pavements*", menunjukkan bahwa penambahan *Polypropylene* (PP) memberikan tambahan kekuatan (stabilitas) perkerasan jalan sebesar 46,7% pada penambahan sebesar 5% (10,876 KN) dibandingkan perkerasan jalan tanpa PP yang memiliki ketahanan/stabilitas sebesar 7,412 KN.

Al-Hadidy, dkk. (2008) melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap perkerasan lentur. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa komposisi LDPE optimum yang digunakan sebesar 6% dan menghasilkan stabilitas sebesar 11,7 KN meningkat sebesar 57,89% dibandingkan dengan benda uji yang tidak menggunakan LDPE (7,41 KN).

Tapkin (2007) dalam penelitiannya yang berjudul, "*The Effect of Polypropylene Fibers on Asphalt Performance*", menyimpulkan terjadi

peningkatan stabilitas sebesar 58% pada penambahan serat *polypropylene* sebesar 0,3%, yakni dari 1541 kg menjadi 2108 kg.

Nugrohojati, E.S (2002), dalam penelitiannya yang menggunakan plastik *Polyethylene* (PET) sebagai additive menjelaskan bahwa adanya plastik (*PET*) diyakini dapat meningkatkan kekakuan campuran. Dalam penelitiannya, dengan kadar *additive* 0,3% pada kadar aspal 6,8% dan 7,3% campuran mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran dengan kadar *additive* 0,2 % pada kadar aspal yang sama.

2.6. Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampuran pada suhu tertentu, kemudian diangkut kelokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 1450-1550C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama hotmix.

Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dapat dibedakan dalam tiga jenis campuran yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari dua kali

ukuran butir agregat maksimum yang digunakan.

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal yang ditinjau adalah AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Salah satu produk campuran aspal panas yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum adalah AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)/Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-WC, dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak. Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (*Base Course*) dengan lapis aus (*Wearing Course*) yang bergradasi agregat gabungan rapat / menerus, umumnya digunakan untuk jalan- jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat

Penggunaan AC-WC yaitu digunakan sebagai lapisan antara dalam perkerasan dan mencegah rembesan air dari atas masuk ke lapis pondasi. Pada campuran aspal panas AC-WC memiliki ukuran maksimum agregat sebesar 25,4 mm, tebal lapisan padat minimum 6,0 cm dengan toleransi tebal tiap lapisan campuran beraspal tidak lebih dari 4,0 mm. Hal

tersebut menyebabkan campuran AC-WC peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

2.6.1 Karakteristik Campuran Beton Aspal

a. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat 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 dengan volume lalu lintas yang 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, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan:

1. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*)
2. Agregat dengan permukaan yang kasar
3. Agregat berbentuk kubus

4. Aspal dengan penetrasi rendah

5. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

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

Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan mudah rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik karena *VMA* kecil dan juga menghasilkan rongga antar campuran (*voids in mix = VIM*) yang kecil

b. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Faktor- faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan aspal beton adalah :

1. Film aspal atau selimut aspal. Film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
2. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadirapuh/getas.
3. VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

c. Skid Resistance (Tahanan Geser/Kekesatan)

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah maupun di waktu kering. Campuran Aspal dapat dikatakan tahanan geser tinggi jika :

1. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
2. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
3. Penggunaan agregat berbentuk kubus.
4. Penggunaan agregat kasar yang cukup

d. *Fleksibilitas/Kelenturan*

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

1. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
2. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi). Penggunaan aspal yang banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil

e. *Fatigue Resistance (Ketahanan Kelelahan)*

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

1. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
2. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
3. VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

f. *Workability (Kemudahan Pelaksanaan)*

Kemudahan pelaksanaan (*workability*) adalah mudahnya suatu

campuran untuk dihampar dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*) adalah:

1. Gradasi agregat.
2. Temperatur campuran.
3. Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

g. Impermeabilitas (Kedap air)

Impermeabilitas (Kedap Air) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal.

2.6.2 Sifat Volumetrik dari Campuran Beton Aspal yang Telah Dipadatkan

Analitis, dapat ditentukan sifat volumetrik dari beton aspal padat, baik yang dipadatkan dilaboratorium, maupun dilapangan

Parameter yang biasa digunakan adalah:

V_{mb} = volume *bulk* dari beton aspal padat.

VMA = volume pori di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (*void in the mineral aggregate*)

VIM = volume pori beton aspal padat (*void in mix*)

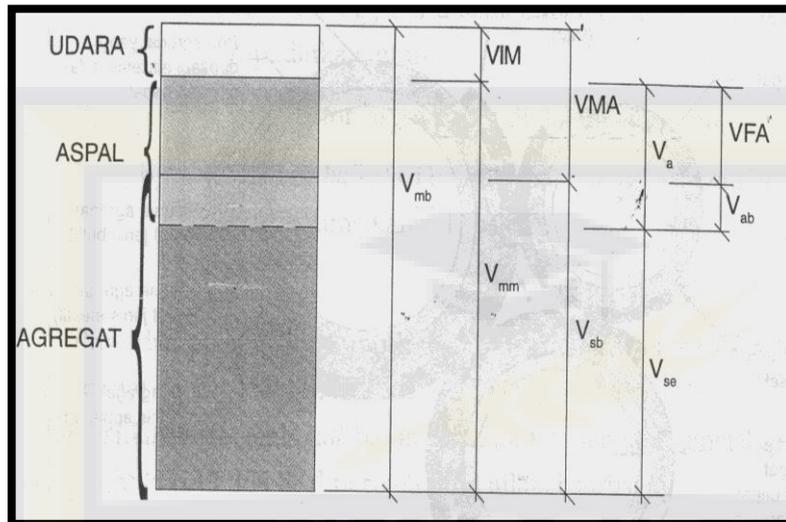
VFA = volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal (*volume of voids filled with asphalt*)

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami bleeding jika temperatur meningkat.

VMA adalah volume pori didalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal diabaikan. Tidak termasuk dalam VMA volume pori di dalam masing – masing butir agregat. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. VFA adalah volume pori beton aspal padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal.

Secara skematis berbagai jenis volume yang terdapat didalam campuran beton aspal padat ditunjukkan pada Gambar 2.8. Pada Gambar 2.9. dan Gambar 2.10. dapat dilihat apa yang dimaksud dengan lapisan aspal efektif atau film aspal, VIM, dan aspal terarsorpsi.

Gambar 2.8. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal



*Sumber : Buku
Beton Aspal
Campuran
Panas, hal. 81*

V_{mb} = volume bulk dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} = volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagianmasif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat).

V_{se} = volume agregat, adalah volume efektif dari agregat (volume bagian masif+pori yang tidak terisi aspal di dalam masing–masing butir agregat).

VMA = volume pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat.

V_{mm} = volume tanpa pori dari beton aspal padat.

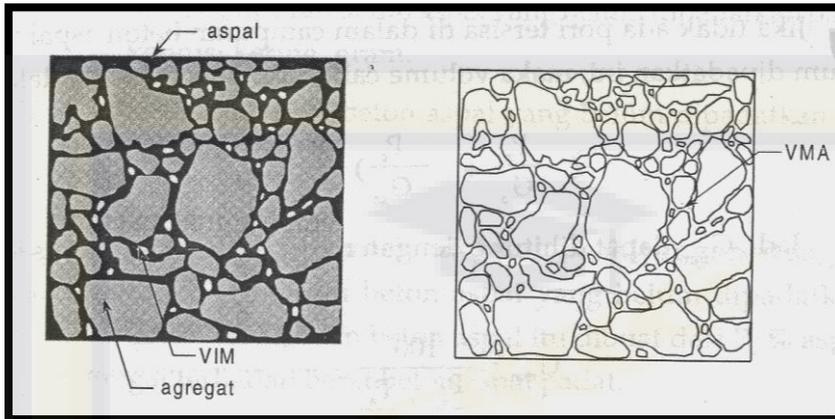
VIM = volume pori dalam beton aspal padat.

V_a = volume aspal dalam beton aspal padat.

VFA = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

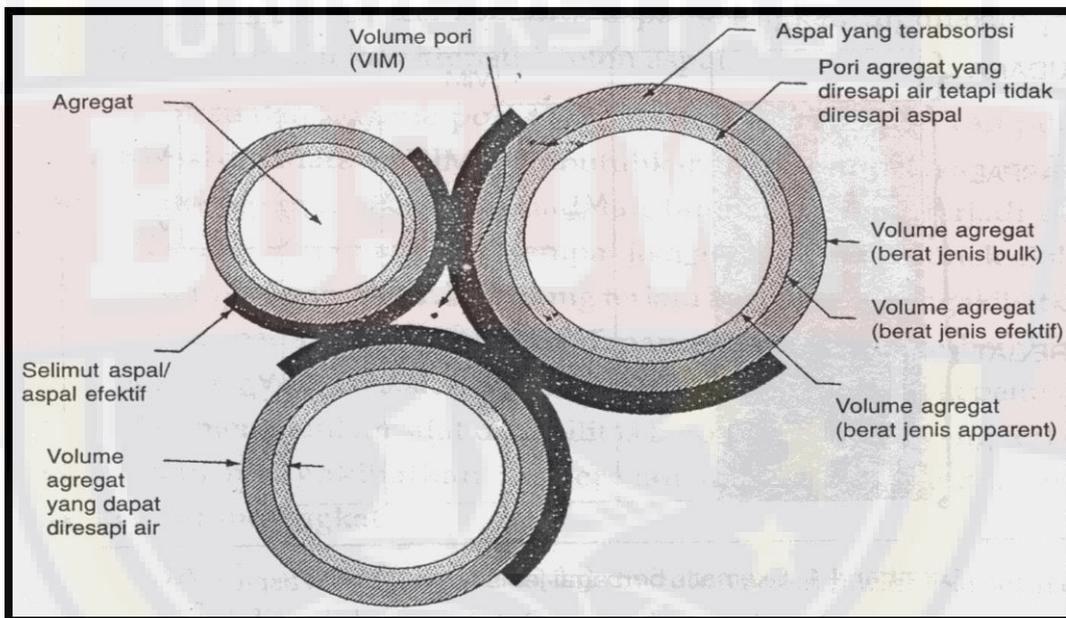
V_{ab} = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal padat.

Gambar 2.9. Pengertian Tentang VIM, Selimut Aspal, Aspal yang Terabsorpsi,



(Sumber :
Buku Beton
Aspal
Campuran
Panas, hal.
82)

Gambar 2.10. Ilustrasi Pengertian VMA dan VIM



2.6.3 Jenis Beton Aspal

Jenis beton aspal yang ada di Indonesia saat ini adalah:

- a. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Asphalt Concrete*)

karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm sesuai fungsinya

Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
 2. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Tebal nominal minimum AC-WC adalah 5 cm.
 3. Laston sebagai lapis pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*). Tebal minimum AC-Base adalah 6 cm.
- b. Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

1. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Coarse*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
2. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.

- c. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa juga disebut SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*). Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:
1. Latasir kelas A, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 1,5 cm
 2. Latasir kelas B, dikenal dengan nama HRSS-A atau SS-A. Tebal nominal HRSS-A adalah 2 cm. Gradasi agregat HRSS-B lebih kasar.
- d. Lapis perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf L. Jadi ada jenis campuran AC-WC (L), AC-WC(L), AC-Base (L).
- e. SMA (*Split Mastic Asphalt*), adalah beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Bahan ini mempergunakan bahan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk menstabilisasikan kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama

digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis SMA, yaitu:

1. SMA 0/5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm
 2. SMA 0/8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm
 3. SMA 0/11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm
- f. HSMA (*High Stiffnes Modulus Asphalt*), adalah beton aspal yang mempergunakan aspal berpenetrasi rendah yaitu 30/40. Lapis terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan lalu lintas berat.

2.6.4 Rancangan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal adalah campuran antara agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Agregat terutama diperoleh dari tempat terdekat dari lokasi yang akan menggunakannya.

Saat ini metode rancangan campuran yang paling baik digunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan mempergunakan alat marshall. Metode rancangan berdasarkan pengujian empiris terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Menguji sifat agregat dan aspal yang akan dipergunakan sebagai bahan dasar campuran.
2. Rancangan campuran di laboratorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan. Rumus campuran rancangan ini dikenal dengan nama DMF (*Design Mix Formula*). DMF ini harus disetujui oleh direksi pekerjaan sebelum dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya.
3. Kalibrasi hasil rancangan campuran ke instalasi pencampuran yang

akan digunakan.

4. Berdasarkan hasil kedua tahap di atas, dilakukan percobaan produksi di instalasi pencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan pemadatan dari hasil campuran percobaan. Percobaan produksi paling sedikit dilakukan sebanyak 50 ton campuran. Seluruh pekerjaan menggunakan seluruh peralatan yang akan digunakan dalam prosedur pemadatan yang direncanakan. Kendali mutu dengan melakukan kontrol kualitas untuk setiap tahap produksi. DMF dapat disetujui menjadi rumus perbandingan campuran (JMF = Job Mix Formula) jika percobaan pencampuran di instalasi pencampuran dan penghamparan memenuhi semua persyaratan, seperti pada tabelberikut

Tabel 2.8. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks	1,4		
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.	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks	4		6 ⁽¹⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		

Sumber : Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Tahun 2010 (Revisi 3 Divisi 6 hal. 43-44)

Tabel 2.9. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Yang modifikasi (AC Mod)

Sifat-sifat Campuran		Laston ⁽⁶⁾		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
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 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽¹⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm ⁽⁵⁾	Min.	2500		

Sumber : Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Tahun 2010 (Revisi 3 Divisi 6 hal. 44).

2.7. AMP (Asphalt Mixing Plant)

Alat Pencampur Aspal atau biasa disebut Asphalt Mixing Plant (AMP) adalah satu kesatuan seperangkat peralatan mekanik dan elektronik dimana agregat dipanaskan, dikeringkan dan dicampur dengan aspal untuk menghasilkan campuran beraspal panas yang memenuhi persyaratan tertentu.

AMP dapat terletak di lokasi yang permanen atau berpindah ke tempat lain. Apabila dilihat dari proses pencampurannya maka AMP dibagi menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. AMP jenis takaran (*batch type*)
- b. AMP jenis menerus (*continuous type*)
- c. AMP jenis drum pencampur (*drum mix*)

Pada tipe takaran atau batch tipe maka proses pencampurannya dilaksanakan tiap kali sesuai jumlah besaran takaran (batch), misalnya tiap 800 kg atau 1000 kg campuran. Sedangkan pada AMP jenis menerus (*continuous type*) proses pencampuran agregat panas dengan aspal panas terjadi terus menerus.

Pencampuran agregat dengan aspal panas pada AMP tipe batch terjadi di dalam pencampur atau pugmill setelah sejumlah agregat yang terdiri dari beberapa fraksi ataupun hanya satu fraksi yang sudah ditimbang dalam jumlah berat tertentu dituangkan ke dalam pugmill kemudian disemprotkan aspal panas ke dalamnya dalam jumlah tertentu sesuai formula yang direncanakan.

Sedangkan pada AMP jenis menerus atau continuous type, dilihat dalam proses pencampuran agregat) AMP jenis menerus dibedakan menjadi:

a. Alat pengering atau Dryer.

AMP ini biasa disebut Drum Mix. Pada AMP Drum Mix aspal panasnya disemprotkan ke atas agregat panas di dalam alat pengering di bagian ujung dekat sebelum pengeluaran. Sedangkan pemanas agregat (burner) ditempatkan di bagian ujung pemasukan agregat dingin.

b. Alat pencampur atau pugmill.

Pada AMP tipe menerus yang kedua, pencampuran agregat panas dengan aspal terjadi di dalam *pugmill*, dimana terjadi terus menerus pengadukan agregat panas dari beberapa fraksi atau hanya satu fraksi dengan aspal panas yang disemprotkan ke atas campuran agregat tersebut secara terus menerus juga.

Terlepas dari perbedaan jenis dari AMP, tujuan dasarnya adalah sama. Yaitu untuk menghasilkan campuran beraspal panas yang mengandung bahan pengikat dan agregat yang memenuhi semua persyaratan spesifikasi.

Proses pencampuran campuran beraspal pada AMP jenis takaran dimulai dengan penimbangan agregat, bahan pengisi (*filler*) bila diperlukan dan aspal sesuai komposisi yang telah ditentukan berdasarkan Rencana Campuran Kerja (RCK) dan dicampur pada pencampur

(mixer/pugmill) dalam waktu tertentu. Pengaturan besarnya bukaan pintu bin dingin dilakukan untuk menyesuaikan gradasi agregat dengan rencana komposisi campuran, sehingga aliran material ke masing-masing bin pada bin panas menjadi lancar dan berimbang.

Pada AMP jenis pencampur drum, agregat panas langsung dicampur dengan aspal panas di dalam drum pemanas atau di dalam silo pencampur di luar drum pemanas. Penggabungan agregat dilakukan dengan cara mengatur bukaan pintu pada bin dingin dan pemberian aspal ditentukan berdasarkan kecepatan pengaliran dari pompa aspal.

Perbedaan dalam hal kelengkapan dari kedua jenis AMP tersebut adalah; AMP jenis takaran dilengkapi saringan panas (hot screen), bin panas (hot bin), timbangan (weight hopper) dan pencampur (pugmill/mixer) sedangkan pada AMP jenis pencampur drum kelengkapan tersebut tidak tersedia. Tentunya kedua jenis AMP tersebut juga mempunyai persamaan yaitu sama-sama dilengkapi bin dingin, pengontrol dan pengumpul debu serta pencampur.

Di Indonesia sebagian besar jenis AMP yang ada adalah dari AMP jenis takaran. Sementara jenis drum relatif sedikit dengan kapasitas yang kecil. AMP jenis menerus seperti yang banyak dimiliki beberapa Kota madya memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan, yaitu:

- Gradasi agregat kurang begitu terjamin kesesuaiannya dengan gradasi pada FCK (Formula Campuran Kerja), disebabkan karena kontrolnya hanyalah dilakukan dari bukaan pintu bin dingin saja,

dan tidak terdapatnya kontrol kedua seperti pada jenis AMP takaran.

- Pengaturan jumlah pasokan agregat tidak begitu teliti jika hanya mengandalkan pengaturan bukaan bin dingin tanpa ada alat kontrol lain (misalnya pengontrol kecepatan ban berjalan).
- Jumlah pasokan aspal yang diberikan saat pencampuran dengan agregat panas sangat tergantung dari viskositas aspal, sehingga apabila terjadi penurunan temperatur aspal akan menyebabkan jumlah aspal yang diberikan tidak sesuai dengan kadar aspal optimum pada JMF (Job Mix Formula)
- Temperatur campuran kadang-kadang terjadi penyimpangan
- Kelebihan AMP tipe drum adalah pengoperasiannya lebih sederhana dan mudah, item pengontrolan lebih sedikit.

Berbicara mengenai unit AMP ada beberapa bagian yang dapat diurai sebagai berikut :

a. Cold Bin

Cold Bin adalah istilah yang biasa dipakai pada kosa kata AMP, mungkin ditempat lain akan menggunakan istilah Hopper tetapi apapun itu yang dimaksudkan pada bagian ini adalah tempat untuk menampung agregat yang menjadi bahan dasar dari proses yang akan dilakukan AMP. Material yang diolah biasanya terdiri dari 3 atau 4 fraksi yang terdiri dari Batu split ukuran 20-30 dan 30-50 mm, pasir, debu batu. Jika demikian maka pada deretan Cold bin akan ada 3

atau 4 hopper yang memiliki kapasitas tampung 3 - 5 Ton. Perancangan Level Coldbin ini harus memperhatikan manuver dari alat berat yang bekerja pada unit ini. Misalnya Loader dengan kapasitas 3m kubik, maka perlu dilihat jangkauan top-nya berapa.

b. Conveyor

Conveyor belt yang digunakan pada AMP tidak banyak karena transfer material hanya digunakan untuk menghantar agregat dari ColdBin ke Dryer (dipasang pada sisi keluaran coldbin). Biasanya hanya 2 unit conveyor dengan CV 01 Horizontal Conveyor ; L (maks C-C 18 m) dan CV 02 ; Slant Conveyor dengan inklinasi 15*. (maks C-C 15 m). Ukuran ini merupakan kebiasaan dari unit AMP yang beredar di Indonesia dan dapat dikoreksi tergantung dari Site Plan-nya.

c. Dryer

Dryer menurut istilahnya yang diterjemahkan dalam bahasa Indonesia dimaksudkan adalah pengering. Proses ini dilakukan sebab untuk menghasilkan mutu HOTMIX yang baik maka agregat yang digunakan diupayakan tidak ada kandungan airnya. Proses ini dilakukan dengan membakar agregat yang masuk kedalam Buntut Dryer dengan Burner yang ada di bagian kepala Dryer. Konstruksi Dryer terdiri dari Plat 10mm yang diroll, diberi pelapis panas. Pada bagian sisi dalam terdapat banyak sudu yang tujuannya untuk membuat agregat yang tersebar didalam terbakar dengan baik, sementara pada bagian

luarnya ada 3 buah ring (2 ringplat, 1 ring gear) guna memutar Drum Dyer ini.

d. Hot Elevator

Material yang sudah dikeringkan akan dialirkan sedemikian rupa keluar dari dryer dan masuk ke dalam pangkal Hot Elevator. Hot elevator ini yang akan menaikkan agregat panas tersebut untuk 'diayak' atau sizing pada Screen. Screen pada AMP biasanya diletakkan dibagaian atas Mainframe sehingga untuk tujuan tersebutlah maka digunakan unit Hot Elevator ini.

e. Screen

Berdasarkan penempatan unit AMP yang disebutkan sebagai Mainframe adalah Body Utama yang tersusun secara bertingkat dimulai dari urutan yang paling atas adalah Screen. Screen disini digunakan untuk memisahkan/membagi ukuran - ukuran agregat sehingga terpisah menjadi 4 ukuran yang berbeda (sizing).

f. Hot Bin

Hot Bin diposisikan persis dibawah Screen sehingga agregat yang turun secara gravitasi tertampung pada bagian ini. pada bagian bawahnya terdapat 'gate' dengan bukaan hidrolik atau air cylinder.

g. Timbangan

Timbangan disini persis dibawah HotBin, nah bagi yang hanya melihat AMP dari luar saja, bagian ini tidak akan nampak karena letaknya tertutup cast Hotbin. Timbangan berfungsi melakukan menimbang

bobot masing - masing fraksi agregat sesuai dengan Hasil akhir campuran yang diinginkan.

h. Mixer

Mixer pada AMP agak sedikit berbeda jika dibandingkan dengan Batching Plan. Kontruksi pengaduknya biasanya disebut Pugmil sedangkan pada batching biasa disebut Swivel (berspiral). Pada bagian ini semua agregat yang telah ditimbang diaduk dan dicampurkan dengan aspal cair panas selama ± 30 detik waktu pencampuran. Dinding Mixer dilapisi dengan liner manganese steel. mixer dilengkapi dengan gate yang dioperasikan secara pneumatic.

i. Filler

Unit ini dilihat dari kontruksinya seperti Hot Elavatoer yaitu berupa tower dengan bucket didalamnya. Filler adalah pemasuk untuk debu batu yang ikut memasok material ke dalam mixer lalu bersama agregat lainnya dicampur dan didalam Mixer disemprotkan pula aspal cair panas yang berasal dari Aspal Tank.

j. Aspal Tank

Tempat penyimpanan aspal

k. BC Tank

l. Hot Oil Heater

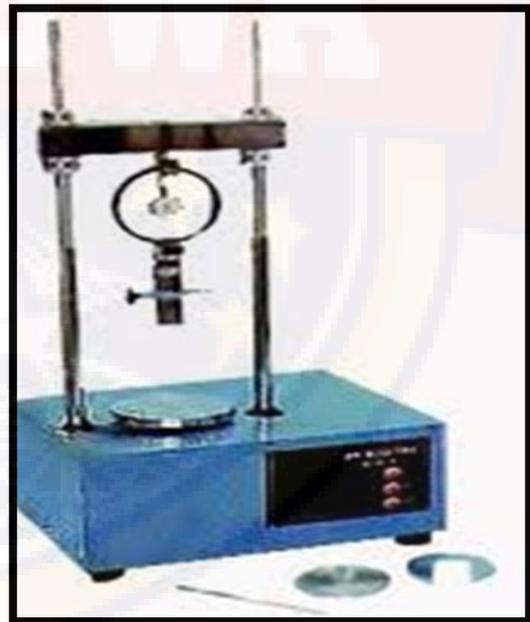
m. Dust Collection System Dry type atau dengan Wet type Dust Collector (optional). Unit AMP selama melakukan prosesnya menghasilkan debu yang bias mengganggu lingkungan oleh sebab itu unit AMP ini

sebaiknya dilengkapi pula dengan Dry atau Wet Cyclone (unit ini relatif lebih murah) yaitu tabung cylo yang menghisap debu hasil sisa pembakaran. Pilihan lain dari Dust Collection ini bisa pula berupa Bag Filter (Berbentuk kotak yang didalamnya terdapat kondom penyaring).

2.8. Pengujian Marshall

Tujuan pengujian ini adalah untuk mendapatkan suatu campuran aspal yang memenuhi ketentuan-ketentuan yang telah ditetapkan di dalam kriteria perencanaan.

Marshall Test, adalah tes wajib untuk beton aspal, untuk mengetahui dan memenuhi sifat beton aspal sesuai dengan yang kita harapkan. Dari tes Marshall akan diketahui berapa persen kandungan aspal yang diperlukan untuk gradasi batuan yang telah direncanakan, yang akan menghasilkan kuat tekan optimum (disebut sebagai stabilitas Marshall, atau disebut juga sebagai *Static Stability test*, dinyatakan dalam (kg) dari selinder beton aspal (benda uji), yang telah



direndam satu jam pada suhu 60°C. **Gambar 2.11. Alat Uji Marshall**

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm).

Agregat yang digunakan untuk membuat benda uji Marshall tidak boleh melebihi 25 mm (=1 inci), jika digunakan agregat lebih besar dari 25 mm sampai dengan 38 mm (=1,5 inci), maka haruslah dilakukan modifikasi.

2.8.1. Karakteristik Marshall

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan. Nilai

stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami alur, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

b. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*. Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya penguncian antar agregat campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai *VFA* yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis

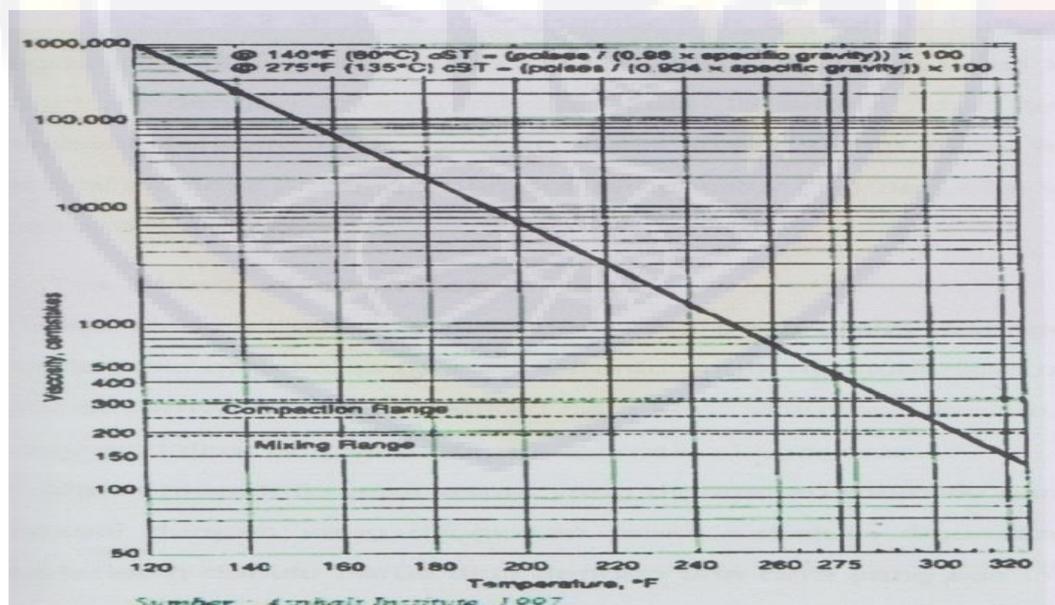
perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur.

c. MQ (Marshall Quotient)

Marshall quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas (kekuatan campuran menahan deformasi atau perubahan bentuk) dengan *flow* (kelelahan atau besarnya deformasi yang terjadi pada campuran).

2.8.2. Pengaruh Suhu Terhadap Pencampuran dan Pematatan

Suhu pencampuran aspal panas merupakan faktor yang paling penting dalam pematatan, karena suhu pada saat pematatan sangat mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan dalam campuran. Jika suhu pada saat pematatan rendah, berarti viskositas tinggi dan membuat sulit dipadatkan.



Gambar 2.12. Hubungan antara Viskositas (cSt) dan Suhu (°F)

Suhu pencampuran dan pemadatan untuk setiap jenis aspal yang digunakan adalah berbeda. Untuk menentukan suhu pencampuran dan pemadatan masing-masing jenis aspal tersebut harus dilakukan pengujian di laboratorium. suhu pencampuran adalah suhu pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan suhu pemadatan adalah suhu pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes.

2.8.3. Persyaratan Suhu Terhadap Pencampuran dan Pemadatan

a. Penerimaan Bahan Aspal

Aspal yang akan digunakan harus sesuai dengan persyaratan tes dasar maupun tes khusus sesuai spesifikasi pekerjaan (aspal minyak, aspal modifikasi, aspal alam, aspal emulsi), disimpan ditangki-tangki yang telah bersih dari sisa aspal lama terutama yang tidak sekelas dengan aspal yang baru didatangkan. Untuk aspal modifikasi perlu diperhatikan pemanasan yang perlu dipertahankan, perlengkapan tangki yang cukup (pemanas dan kekuatan pompa pengantar) karena umumnya aspal modifikasi lebih kental dan membutuhkan pemanasan lebih tinggi dari aspal biasa.

b. Pencampuran

Diperlukan panas cukup sesuai data nilai viskositas dari BTDC sebelum aspal bisa dipompa keluar dari tangki menuju ke pugmill. Kekurangan panas akan menyebabkan kesulitan pemompaan, jumlah aspal yang tidak akurat waktu memasak kedalam pugmill, dan

menyebabkan BFT (*Bitumen Film Thickness*) terlalu tebal sehingga permukaan batuan yang lain justru kekurangan aspal. Kelebihan panas akan menyebabkan kemungkinan aspal hangus menjadi karbon, kehilangan daya lengket atau '*drain off*', aspal mengalir kebawah bak truk sewaktu mengangkut kelapangan karena aspal terlalu cair, menerobos rongga-rongga batuan beton aspal sebelum padat.

c. Pemasatan

Pada proses untuk memulai pemasatan, adukan beton aspal harus pada sesuai dengan viskositas aspal untuk pemasatan. Terlalu panas akan menyulitkan pemasatan karena aspal terlalu cair sehingga permukaan batuan saling bertolak antara satu sama lain karena licin. Terlalu dingin, aspal akan mulai melawan dan menyerap energi pemasatan sehingga batuan tidak mendapat kekuatan dorongan cukup untuk masuk kedalam celah-celah antar butir yang ada, kepadatan lapisan tidak akan tercapai, mudah bocor bila datang hujan.

2.8.4. Evaluasi Hasil Pengujian

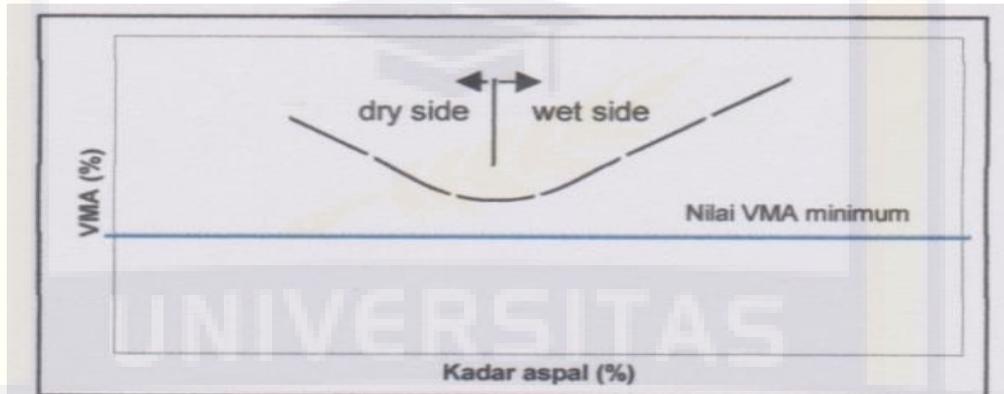
a) Evaluasi Nilai VMA

Rongga di antara mineral atau struktur agregat (VMA) suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji. Volume agregat dihitung dari berat jenis *bulk* (bukan berat jenis efektif atau berat jenis nyata).

Batas minimum VMA tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Hubungan antara kadar aspal dengan VMA pada umumnya membentuk cekungan dengan satu nilai minimum, kemudian naik lagi dengan naiknya kadar aspal. Ada beberapa hal pokok yang perlu diperhatikan untuk memilih gradasi campuran berdasarkan grafik hubungan antara kenaikan kadar aspal dengan VMA sebagai berikut:

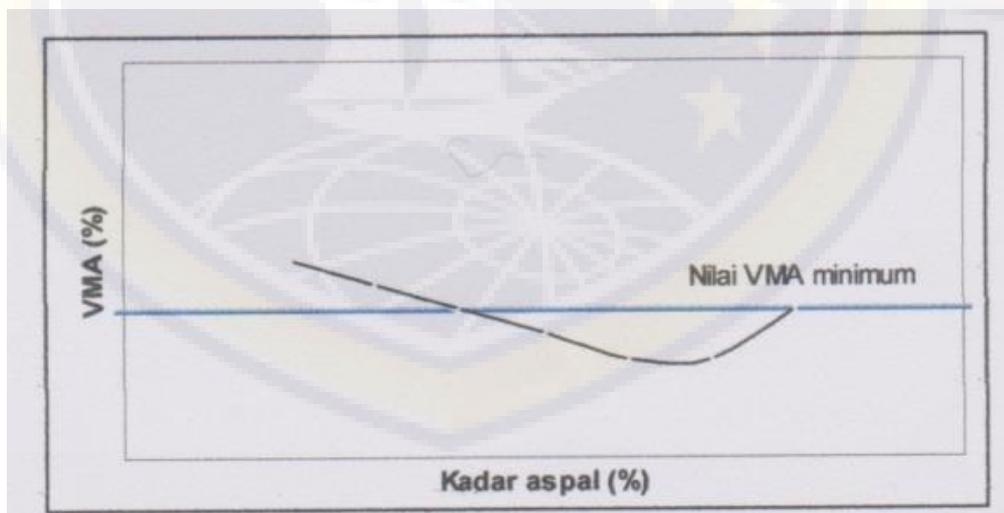
- a. Kurva seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13. adalah bentuk kurva VMA dari campuran yang benar. Daerah sebelah kiri nilai VMA minimum disebut sisi kering (*dry side*), sementara daerah sebelah kanan disebut sisi basah (*wet side*). Bila didapatkan kurva seperti ini, kadar aspal ditentukan pada titik minimum kurva atau digeser sedikit ke kiri pada daerah kering (*dry side*) dari kurva tersebut. Usahakan untuk menghindari daerah berkadar aspal di atas titik minimum VMA (*wet side*). Rongga udara diantara agregat pada daerah basah tersebut membesar (kurva naik) karena sebagian agregat telah terdorong oleh aspal. Oleh sebab itu, walaupun daerah tersebut memberikan VMA sesuai persyaratan tetapi kadar aspal pada daerah tersebut cenderung akan menyebabkan terjadinya pelelehan (*bleeding*) atau deformasi plastis. Pada daerah ini aspal cenderung berfungsi sebagai pelumas. Sementara pemilihan kadar aspal yang terlalu ke kiri (arah *dry side*) akan menyebabkan campuran tersebut rentan terhadap retak atau pelepasan butir (disintegrasi). Pada saat pelaksanaan pencampuran di AMP, pergeseran kadar aspal ke kiri

atau kekanan dari kadar aspal optimum masih diijinkan, selama persyaratan karakteristik campuran masih terpenuhi. Umumnya batas toleransi pergeseran kadar aspal adalah $\pm 0,3\%$ dari kadar aspal optimum.



Gambar 2.13. Tipikal ke-1 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal.

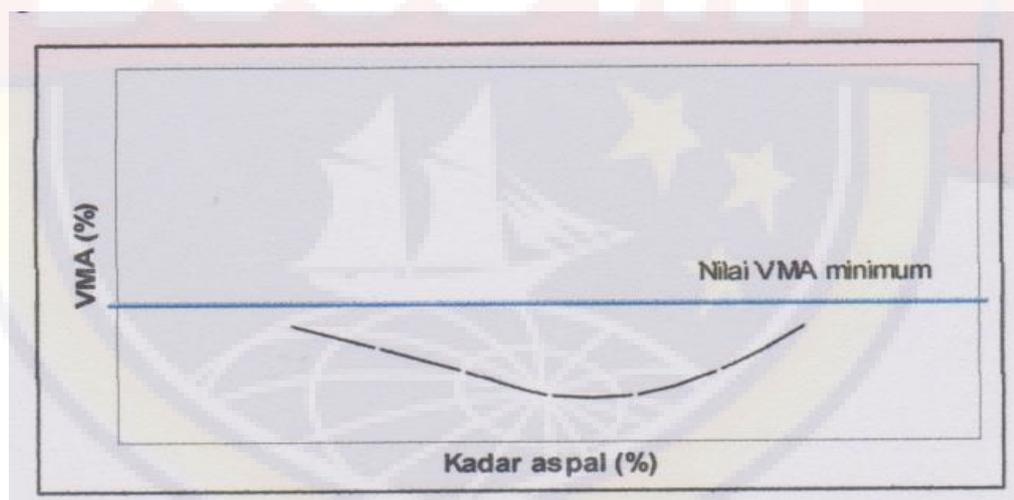
- b. Kurva seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14. garis hubungan memotong dan mempunyai nilai minimum yang berada di bawah batas minimum VMA.



Gambar 2.14. Tipikal ke-2 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

Bila didapat kurva seperti ini, maka VMA yang terjadi akan relatif kecil sehingga dikhawatirkan akan mempunyai VIM di bawah batas minimum pula. Gradasi campuran mungkin mendekati kurva *Fuller*. Campuran akan sangat peka terhadap perubahan kadar aspal sehingga bila kadar aspal ke sebelah kiri maka campuran akan terlalu kering dan rongga udara terlalu tinggi sehingga akan rentan terhadap retak dan disintegrasi. Bila kadar aspal lebih tinggi (ke sebelah kanan) akan mengakibatkan pelelehan dan deformasi plastis.

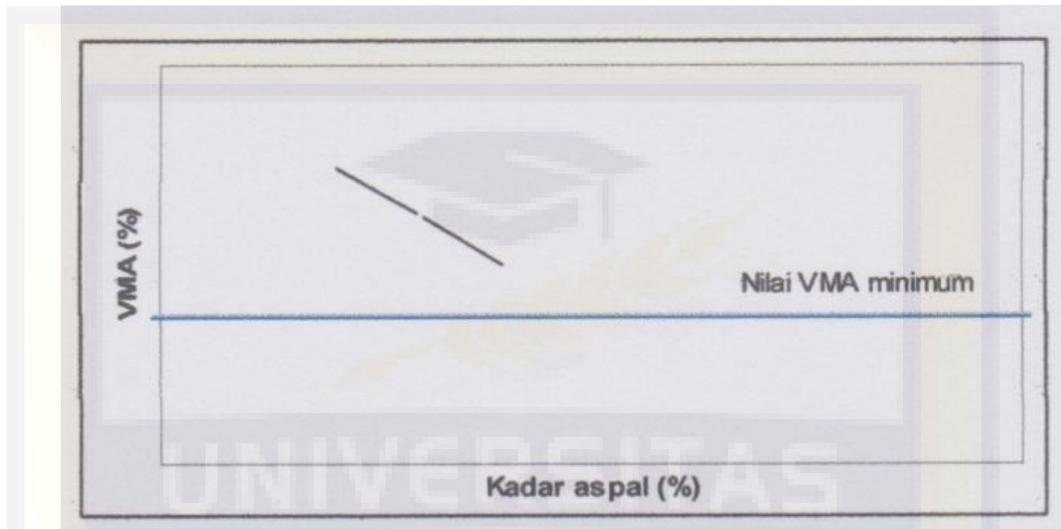
- c. Kurva seperti Gambar 2.15. seluruh kurva hubungan berada di bawah nilai minimum VMA. Bila kurva ini terjadi maka tidak akan tercapai nilai VMA, VFA dan VIM yang minimum sehingga perlu mengganti gradasi lain atau mengganti sumber agregat yang digunakan.



Gambar 2.15. Tipikal ke-3 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

- d. Bila garis hubungan tidak mempunyai nilai minimum tetapi berada di atas batas minimum, maka tambah contoh uji dengan menambah

kadar aspal sehingga terbentuk garis hubungan yang memadai di atas batas minimum VMA. Lihat Gambar 2.16



Gambar 2.16. Tipikal ke-4 Kurva Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

e. Rongga Udara (VIM)

VIW adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dinyatakan dengan persen volume bulk suatu campuran.

Rongga udara (VIM) setelah selesai dipadatkan idealnya adalah 8%. Rongga udara yang kurang jauh dari 8% akan rentan terhadap pelelehan, alur dan deformasi plastis. Sementara VIM setelah selesai pemadatan yang jauh dari 8% akan rentan terhadap retak dan pelepasan butir (disintegrasi). Untuk mencapai nilai lapangan tersebut dalam spesifikasi, nilai VIM rencana dibatasi pada interval 3% sampai 6%. Dengan kepadatan lapangan dibatasi minimum 98%.

Hasil penelitian di jalan-jalan utama (lalu-lintas berat) di Pulau Jawa menunjukkan perkerasan Laston yang mempunyai nilai VIM lapangan diatas 10% umumnya sudah menampakkan indikasi awal terjadinya retak. Sementara perkerasan yang mulai menampakkan indikasi awal terjadinya deformasi plastis umumnya sudah mempunyai VIM lapangan di bawah 3%.

Tujuan perencanaan VIM adalah untuk membatasi penyesuaian kadar aspal rencana pada kondisi VIM mencapai tengah-tengah rentang spesifikasi, atau dalam hal khusus agar mendekati batas terendah rentang yang disyaratkan.

f. Pengaruh Rongga Terisi Aspal (VFA atau VFB)

VFA adalah bagian dari rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi oleh aspal efektif, dinyatakan dalam persen.

Kriteria VFA bertujuan menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. Pada gradasi yang sama, semakin tinggi nilai VFA semakin banyak kadar aspal campuran tersebut. Sehingga kriteria VFA dapat menggantikan kriteria kadar aspal dan tebal lapisan film aspal (*asphalt film ticknes*).

VFA, VMA dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua di antaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima.

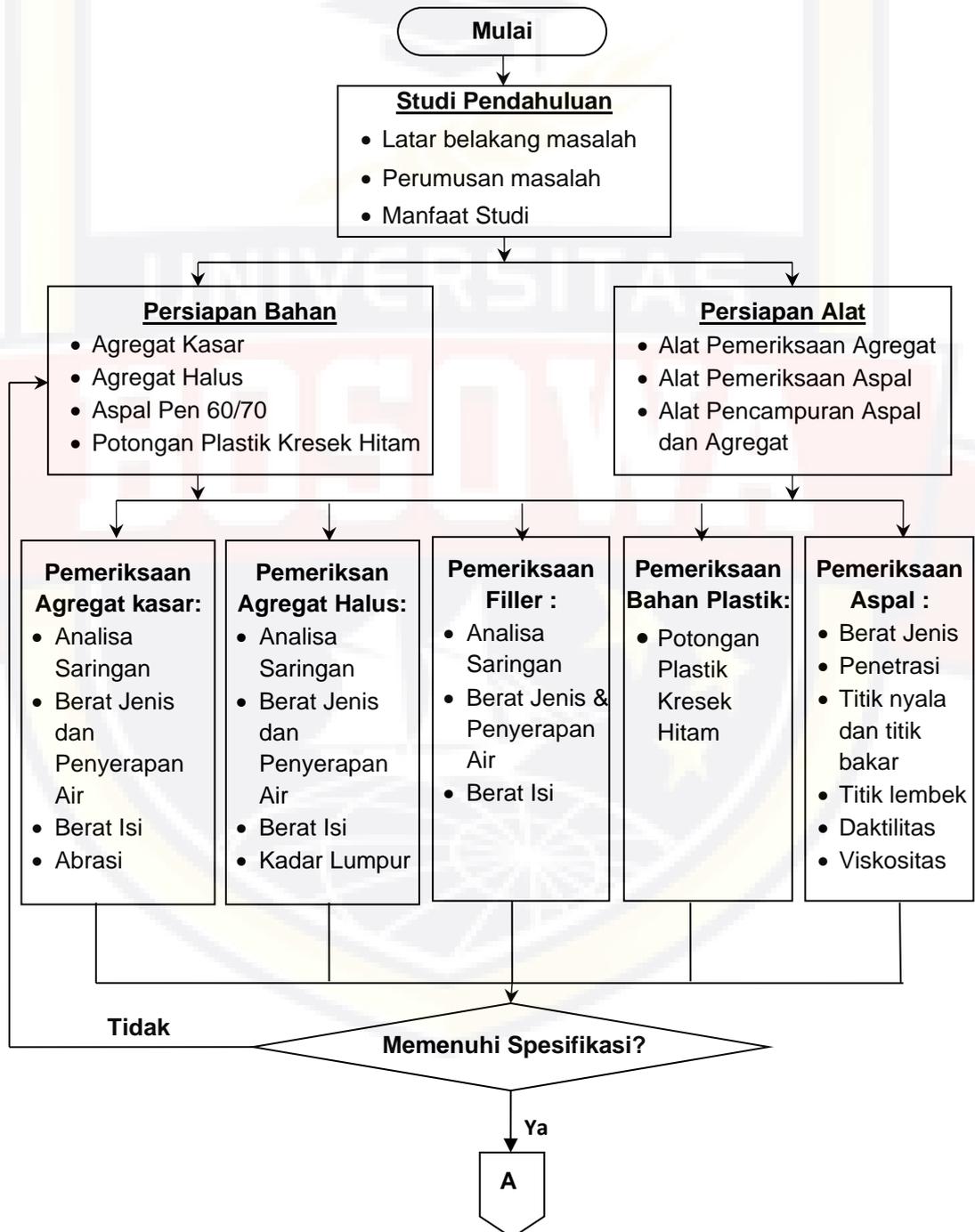
Kriteria VFA menyediakan tambahan faktor keamanan dalam merencanakan dan melaksanakan campuran beraspal panas. Karena perubahan dapat terjadi antara tahap perencanaan dan pelaksanaan, maka kesalahan-kesalahan dapat ditampung dengan memperlebar rentang yang dapat diterima.

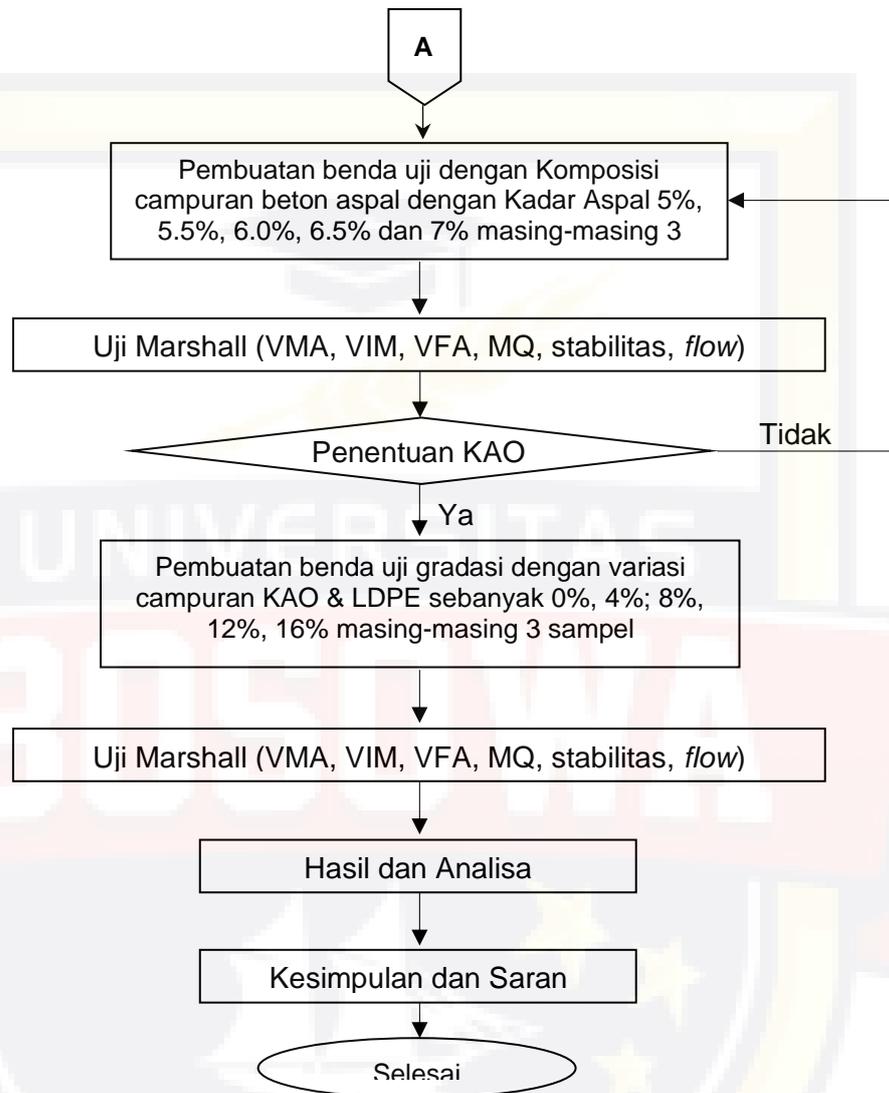
g. Evaluasi Pengaruh Pemasatan

Sebaliknya bila campuran dirancang untuk 2x75 tumbukan tetapi ternyata lalu lintas cenderung rendah, maka rongga udara akhir akan lebih tinggi sehingga air dan udara akan mudah masuk. Akibatnya campuran akan cepat mengeras, rapuh dan mudah terjadi retak serta adhesivitas aspal berkurang yang dapat menyebabkan pelepasan butir atau pengelupasan. Karena itu maka usaha pemasatan yang direncanakan di laboratorium harus dipilih yang menggambarkan keadaan lalu lintas lapangan.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Penelitian





Gambar 3.1. Diagram Alur Penelitian

3.2. Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1 dan abu batu yang didatangkan dari PT. Caturjaya Prima Sejahtera di Pattene Bussiness Park Kabupaten Maros serta potongan limbah plastic kresek hitam.

3.3. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan dan Aspal Universitas Bosowa Makassar

3.4. Waktu Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan penelitian ini pada bulan Oktober 2019

3.5. Persiapan Peralatan dan Pengambilan Sampel

Pada pemeriksaan ini penulis menggunakan metode persyaratan yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu Manual Pemeriksaan Bahan Jalan (*MPBJ*).

3.6. Pemeriksaan Agregat

3.6.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir agregat kasar dengan menggunakan satu set saringan.

b. Peralatan :

1. Timbangan
2. Satu set saringan ditambah PAN
3. Talam dan Kuas

4. Oven

c. Bahan :

Batu Pecah 1 – 2, Batu Pecah 0,5 – 1, Abu Batu, Semen dan potongan plastic kresek hitam.

d. Prosedur Kerja :

1. Masing-masing benda uji dibagi dengan menggunakan alat *Splitter* sampai mendapat pembagian sesuai kebutuhan.
2. Kemudian saringan disusun sesuai spesifikasi.
3. Lalu masing-masing benda uji tersebut baik batu pecah 1-2, batu pecah 0,5-1, abu batu maupun semen dimasukkan kedalam saringan, lalu dilakukan penyaringan sampai tidak ada lagi yang lolos pada tiap-tiap saringan.
4. Setelah itu saringan diangkat dan dibuka lalu ditimbang berat masing-masing agregat yang tertahan pada saringan tersebut.

e. Rumus :

$$\% \text{ tertahan per saringan} = \frac{\text{Jumlah Kumulatif Tertahan}}{\text{Total Agregat}} \times 100 \dots (3.1)$$

$$\% \text{ lolos} = 100\% - \% \text{ tertahan per saringan} \dots \dots \dots (3.2)$$



Gambar 3.2. Satu Set Saringan
Sumber : <http://pkib-ubi.com/image/Analisa> Saringan resize

3.6.2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*Bulk*), berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan prosentase air yang dapat diserap terhadap berat agregat kasar.

b. Peralatan :

1. Timbangan dengan kapasitas 20 kg
2. Keranjang kawat ukuran 3.35 mm atau 2.36 mm (*No.6 atau No.8*)
3. Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai ukuran material
4. Alat penggantung keranjang
5. Oven
6. Bak Perendam
7. Lap Kasar

c. Benda Uji :

1. Batu Pecah 1 - 2
2. Batu Pecah 0,5 - 1
3. Abu Batu

d. Prosedur Kerja :

1. Rendam benda uji selama ± 24 jam.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan keringkan dengan dilap agar air pada permukaan hilang, tetapi harus masih tampak lembab (*Kondisi SSD*).
3. Kemudian ditimbang untuk mendapatkan kering permukaan jenuh (B_j).
4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (B_a).
5. Keluarkan benda uji dari dalam keranjang, kemudian keringkan dalam oven selama ± 24 jam.
6. Keluarkan benda uji dari dalam oven, biarkan dalam suhu ruangan hingga dingin kemudian timbang, sehingga didapat berat benda uji kering (B_k).

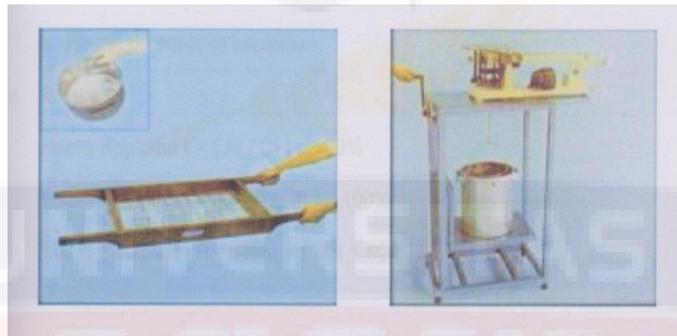
e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (*Bulk Specific Gravity*)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.3)$$

$$\text{Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Berat Jenis Semu (Apparent)} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots\dots\dots(3.5)$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% (3.6)$$



Gambar 3.3. Pengujian Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar
 Sumber : [http/ Images Berat Jenis Agregat Kasar. Com](http://Images Berat Jenis Agregat Kasar. Com)

3.6.3. Pengujian Abrasi

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui angka keausan tersebut yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan no.12 (1,7 mm) terhadap berat semula, dalam persen.

b. Peralatan :

1. Mesin los angeles dengan 500 putaran
2. Saringan 12,5 mm, 9,5 mm dan saringan 2,36 mm
3. Bola baja sebanyak 6 buah untuk gradasi D
4. Timbangan digital, ketelitian 0,001 gr
5. Oven
6. Wadah
7. Stopwatch

c. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan 19 mm (3/4") sebanyak 5000 gr

d. Prosedur Kerja :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin los angeles.
2. Ambil agregat kasar sebanyak 5000 gr, yaitu agregat yang lolos saringan 12,5 mm dan tertahan saringan 9,5 mm.
3. Cuci agregat tersebut hingga bersih dan oven selama 24 jam, dan setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
4. Setelah dingin masukkan benda uji kedalam mesin los angeles dan 6 buah bola baja.
5. Nyalakan mesin dengan kecepatan putaran 30 – 33 rpm yaitu sekitar 500 putaran selama 15 menit.
6. Setelah selesai keluarkan agregat dari mesin los angeles dan saring dengan menggunakan saringan 2,36 mm.
7. Timbang berat agregat yang lolos dan tertahan saringan 2,36 mm tersebut.
8. Lakukan pengolahan data

e. Rumus :

$$\frac{w1 - w2}{w1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat benda uji semula

W2 = Berat benda uji tertahan saringan no 12



Gambar 3.4. Los Angeles Abrasion Test

Sumber : <http://lab-pu-cilacap.blogspot.co.id/2010/10/peralatan-uji-di-laboratorium-pu.html>

3.6.4. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent*) dan penyerapan dari agregat halus.

b. Peralatan :

1. Talam
2. Kerucut terpancung (*Cone*)
3. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata

4. Saringan No.4
 5. Pikhnometer
 6. Pompa hampa udara (*Vaccum Pump*)
 7. Air Suling
 8. Timbangan
 9. Oven
- c. Benda Uji :
- Abu Batu
- d. Prosedur Kerja :
1. Rendam benda uji selama 24 jam.
 2. Buang air perendam hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talang, keringkan diudara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
 3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji kedalam kerucut terpacung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpacung. Keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak.
 4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling kedalam piknometer kira-kira 3/4 bagian, putar

sambil guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya.

5. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
6. Timbang piknometer berisi air dan benda uji (Bt).
7. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu 110°C, kemudian dinginkan benda uji lalu timbang (Bk).
8. Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukuran suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).

e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{B + SSD - Bt} \dots\dots(3.8)$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{SSD}{B + SSD - Bt} \dots\dots(3.9)$$

$$\text{Berat jenis Semu (Apparent Specific Gravity)} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \dots\dots(3.10)$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{(SSD - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots(3.11)$$



Gambar 3.5. Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Sumber : <http://imglanding?g=berat+jenis+agregat+halus&bal>

3.6.5. Pemeriksaan Kadar Lumpur

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan jumlah bahan yang terdapat dalam agregat lewat saringan no. 200 dengan cara pencucian.

b. Peralatan :

1. Saringan no. 16 dan no. 200
2. Wadah pencuci benda uji berkapasitas cukup besar sehingga pada waktu di guncang-guncangkan benda uji atau air pencuci tidak tumpah
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 %.
5. Talam berkapasitas cukup besar untuk mengeringkan contoh agregat

c. Benda uji :

1. Berat contoh agregat kering minimum tergantung pada ukuran agregat maksimum sesuai daftar no 1

Ukuran agregat maksimum		Berat contoh agregat kering minimum
Mm	Inch	Gram
2,36	No. 8	100
1,18	No. 4	500
9,5	3/8	2000
19,1	3/4	2500
38,1	1 1/2	5000

2. Persiapan benda uji

- a. Masukkan contoh agregat lebih kurang 1,25 kali berat benda uji ke dalam talang, keringkan dalam oven dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
- b. Siapkan benda uji dengan berat (w_1) sesuai daftar No.1
- d. Prosedur Kerja :
1. Masukkan benda uji kedalam wadah, dan diberi air pencuci secukupnya sehingga benda uji terendam.
 2. Guncangkan wadah dan tuangkan air cucian kedalam susunan saringan no 16 dan no 200. Pada waktu menuang air cucian, usahakan agar bahan yang kasar tidak ikut tertuang.
 3. Masukkan air pencuci baru, dan ulanglah pekerjaan (b) sampai air cucian menjadi jernih.
 4. Semua bahan yang tertahan saringan no. 16 dan no. 200 kembalikan kedalam wadah, kemudian masukkan seluruh bahan tersebut kedalam talam yang telah diketahui beratnya (w_2) dan keringkan dalam oven, dengan suhu $(110\pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.
 5. Setelah kering timbang dan catatlah beratnya (w_3)
 6. Hitunglah berat bahan kering tersebut ($w_4 = w_3 - w_2$)
- e. Rumus :

$$\text{Jumlah berat lolos saringan no. 200} = \frac{w_1 - w_4}{w_1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat benda uji semula (gram)

W2 = Berat bahan tertahan saringan no 200 (gram)



Gambar 3.6. Pengujian kadar lumpur

Sumber <http://lauwtjunji.weebly.com/agregat-halus-parameter.html>

3.7. Pemeriksaan Aspal

3.7.1. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer. Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Bak perendam
3. Piknometer
4. Air suling sebanyak 1000 cm³

5. Timbangan.

c. Benda uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Timbang piknometer kosong dalam keadaan bersih dan kering.
2. Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang terendam 40 mm, kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam sekurang-kurangnya 100 mm, kemudian mengatur suhu bak perendaman pada suhu 25°C.
3. Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg, (A).
4. Angkat bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
5. Letakkan piknometer kedalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan kedalam bejana berisi piknometer kedalam bak perendam, diamkan bejana tersebut kedalam bak perendam selama 30 menit (B).
6. Panaskan contoh bitumen/aspal sejumlah \pm 100 gram, sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah

pemanasan setempat, pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit atau pada suhu 111°C diatas titik lembek aspal.

7. Tuang benda uji tersebut ke dalam piknometer hingga terisi 3/4 bagian kemudian biarkan piknometer hingga dingin tidak kurang dari 40 menit, lalu menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1mg (C).
8. Isi piknometer yang berisi aspal dengan air suling dandiamkan agar gelembung-gelembung udara keluar kemudian tekan penutupnya hingga rapat.
9. Masukkan piknometer yang berisi aspal dan air kedalam bak perendam dan diamkan selama 30menit.
10. Angkat lalu timbang piknometer yang berisi aspal dan air (D).

e. Rumus yang digunakan :

$$\text{Berat jenis aspal} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

δ = Berat jenis aspal

A = Berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

C = Berat piknometer berisi aspal (gram)

D = Berat piknometer berisi aspal dan air (gram)



Gambar 3.7. Pengujian Berat Jenis Aspal

Sumber : <http://www.google.co.id/images=viskositas+aspal&btnG>

3.7.2. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil aspal minyak bumi. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik permukaan aspal.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cawan Cleveland Open Cup
3. Plat pemanas
4. Batang nyala Bunsen yang dapat diatur dan memberikan nyala dengan diameter 3.2-4.8 mm dengan panjang tabung 7.5 cm.

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Letakkan cawan diatas plat pemanas dan atur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
2. Letakkan pembakar dititik tengah cawan
3. Letakkan thermometer tegak lurus diatas benda uji dengan jarak 6.4 mm diatas cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros nyala burner. Kemudian aturlah sehingga poros thermometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.
4. Nyalakan Bunsen dan atur pemanas sehingga kenaikan suhu temperatur 15°C permenit sampai suhu 56°C dibawah titik nyala perkiraan.
5. Aturlah kecepatan pemanasan $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$.
6. Putar bagian nyala Bunsen melalui permukaan cawan (dari ketepi cawan) dalam waktu 1 detik. Ulangi pekerjaan diatas tiap kenaikan temperatur 2°C .
7. Ulangi prosedur 5-6 sampai terlihat nyala singkat pada suhu titik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik nyala.

8. Lanjutkan prosedur 7 sampai terlihat nyala agak lama kurang lebih 3 detik diatas permukaan benda uji. Baca temperatur dan catat titik nyala.

3.7.3. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa temperatur pada saat dimana aspal menjadi lunak atau lembek.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cincin Kuningan
3. Bola Baja
4. Bejana gelas tahan panas dengan ketinggian 12 cm
5. Kaca
6. Dudukan benda uji
7. Detergen/Sabun

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Pasang dan atur benda uji diatas kedua kedudukannya dan letakkan pengarah bola keatasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut kedalam bejana gelas. Isi bejana dengan air suling dengan suhu 5°C dan tinggi permukaanair berkisar antara 101.6 – 108 mm, letakkan

thermometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji. Atur jarak antara permukaan pelat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25.4 mm.

2. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C/menit.
3. Catat suhu dan waktu pada saat bola menyentuh pelat dasar.

3.7.4. Pemeriksaan Daktilitas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal minyak sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

b. Peralatan :

1. Termometer
2. Cetakan daktilitas kuningan
3. Pelat alat cetakan
4. Bak perendam
5. Mesin uji daktilitas
6. Alat pemanas, untuk mencairkan aspal keras
7. Spatula

c. Benda Uji :

Aspal Minyak, *Glyserin*

d. Prosedur Kerja :

1. Lapisi cetakan dengan campuran *Glyserin* kemudian memasang cetakan daktilitas diatas pelat dasar.
2. Tuang bahan uji kedalam cetakan dari ujung ke ujung hingga penuh berlebih.
3. Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30-40 menit lalu ratakan dengan spatula. Rendam di dalam bak perendam yang bersuhu 25°C selama 30 menit.
4. Lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan.
5. Pasang benda uji pada mesin uji dan tarik dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus.
6. Baca jarak antara pemegang benda uji pada saat benda uji putus.



Gambar 3.8. Pengujian Daktilitas

Sumber : <http://www.google.co.id/images=viskositas+aspal&btnG>

3.7.5. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (Solid Atau Semi Solid) dengan memasukkan ukuran 100 gram, beban dan waktu tertentu dalam aspal pada suhu 25°C.

b. Peralatan :

1. Alat penetrasi
2. Pemegang jarum
3. Jarum penetrasi
4. Pemberat
5. Cawan
6. Bak perendam (*water Bath*)
7. Bak / Tempat air
8. Pengatur waktu (*stopwatch*)
9. Termometer Logam

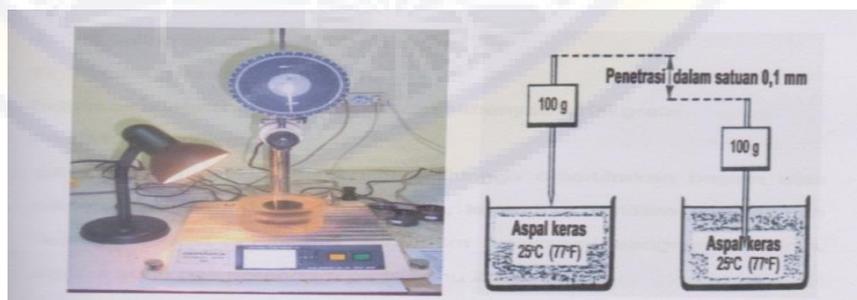
c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut dalam bak perendam yang telah berada pada suhu 25°C.

2. Letakkan pemberat 100 gram diatas jarum untuk memperoleh bebansesbesar (110 ± 0.1) gram.
3. Pindahkan tempat air dari bak perendam tepat dibawah alat penetrasi.
4. Turungkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji. Kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer, sehingga jarum penunjuk berimpik dengannya.
5. Lepaskan pemegang jarum.
6. Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk.
7. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya.
8. Lakukan pekerjaan 1 sampai dengan 6 diatas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.



Gambar 3.9. Pengujian Penetrasi

Sumber : <http://www.google.co.id/images=penetrasi+aspal&btnG>

3.7.6. Pemeriksaan Viskositas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pemadatan.

b. Peralatan :

1. Satu set alat viskositas
2. Termometer
3. stopwatch
4. Labu viskositas

c. Benda Uji :

Aspal Minyak

d. Prosedur Kerja :

1. Panaskan benda uji pada suhu 120°C
2. Tuangkan benda uji kedalam tabung viskositas (suhu pemanasan aspal harus sama dengan suhu aspal didalam tabung viskositas).
3. Buka karet penyumbat dari tabung viskositas dan mulai menyalakan *stopwatch* saat benda uji menyentuh dasar labu viskositas.
4. Matikan *stopwatch* apabila benda uji tepat pada garis batas labu viskositas.
5. Catat waktu air (t) dalam detik.
6. Tutup kembali lubang viskositas dengan karet penyumbat.

7. Ulangi percobaan dari poin 1-6 untuk suhu 140°, 160°C dan 180°C.

3.8. Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji

Setelah bahan yang akan digunakan telah lulus uji, tahap selanjutnya adalah penentuan jumlah benda uji dan rancangan agregat gabungan serta pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum.

3.8.1. Penentuan Jumlah Benda Uji

Banyaknya benda uji yang dibuat untuk kebutuhan penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perhitungan benda Uji

Uraian kegiatan pengujian	
1.	
2. 'Penentuan Kadar Aspal Optimum	
Variasi Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji
AC-WC	AC-WC
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
6,5	3
Jumlah	15
3. Variasi campuran potongan plastic kresek terhadap KAO	
Potongan Plastik Kresek (%)	Jumlah Benda Uji
4	3
8	3
12	3
14	3
18	3
Jumlah	15

Sumber : Hasil Analisa

3.8.2. Rancangan Agregat Gabungan

Perancangan agregat gabungan adalah penentuan proporsi masing-masing gradasi agregat kemudian digabung dalam satu campuran. Merancang proporsi campuran dapat dilakukan dengan metode grafis diagonal.

Langkah-langkah perancangan proporsi campuran adalah sebagai berikut

1. Mengetahui persyaratan gradasi yang diminta.
2. Buatlah empat persegi panjang pada kertas grafik dengan ukuran 10x20 cm, atau ukuran lain dengan perbandingan 1:2
3. Sumbu vertical (Y) digunakan untuk menunjukkan persen lolos saringan.
4. Garis diagonal dari empat persegi panjang menjadi garis gradasi tengah untuk spesifikasi agregat campuran yang diinginkan.
5. Masukkan prosentase lolos saringan masing-masing material kedalam grafik tersebut
6. Untuk menentukan prosentase batu pecah 1-2, dilihat dari jarak antara grafik gradasi batu pecah 0.5-1 terhadap tepi atas yang mana nilainya harus sama dengan nilai batu pecah 1-2.
7. Setelah didapatkan garis yang sama maka tariklah garis bantu vertical sampai memotong diagonal yang kemudian dari titik potong ini ditarik garis horizontal kekanan yang menunjukkan batas besarnya nilai persentase komposisi campuran batu pecah 1-2.

8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai prosentase komposisi campuran untuk spilt 0.5-1 dan abu batu.

Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu table hasil analisa gabungan agregat, dimana prosentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan prosentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

3.8.3. Pembuatan Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Panci
3. Cetakan benda uji yang diameter 10 cm (4") dan tinggi 7.5 cm (3") lengkap dengan plat alas dan leher sambung
4. Alat penumbuk lengkap dengan pedestal yang mempunyai permukaan tumbuk rata terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
5. Spatula
6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan prosentase agregat yang didapat.

2. Berat aspal per 60/70 sesuai dengan variasi kadar aspal yang ditentukan yaitu 4,0%, 4,5%, 5,0%, 5,5% dan 6,0%.
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan prosentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu antara 130°C - 170°C dan aspal dipanaskan di wadah lain sampai suhu mencapai 150±20 °C.
5. Angkat aspal minyak sesuai persentase gabungan aduk sampai rata lalu timbang.
6. Tuangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam panis dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 131°C (sesuai hasil viskositas) lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

3.8.4. Pengujian Benda Uji I untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

a. Tujuan:

Untuk menentukan Stabilitas, kelehan (flow), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan *marshall quotient* campuran aspal beton.

b. Prosedur kerja :

1. Simpan benda uji dalam bak perendam selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendam sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.
3. Pasang segmen diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*) pada kedudukan diatas salah satu barang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji sebelum pembebanan diberikan.
6. Atur jam arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji, tekan dan catat pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai.

8. Catat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
9. Ulangi percobaan diatas dengan tumbukan yaitu : 2x75. Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter *marshall*, Secara garis besar kadar aspal optimum biasanya memenuhi criteria :
 - a. Kadar aspal yang memberikan stabilitas maksimal.
 - b. Kadar aspal yang memberikan berat isi maksimal.
 - c. Kadar aspal yang memberikan kadar rongga udara Minimum.

3.8.5. Pembuatan Benda Uji II untuk Pengujian Variasi tambahan serbuk plastic terhadap KAO

- a. Peralatan :
 1. Timbangan
 2. Panci
 3. Cetakan benda uji yang diameter 10 cm (4") dan tinggi 7.5 cm (3") lengkap dengan plat alas dan leher sambung
 4. Alat penumbuk lengkap dengan pedestal yang mempunyai permukaan tumbuk rata terbentuk selinder dengan berat 4.536 kg, dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm (18")
 5. Spatula
 6. Termometer

b. Prosedur kerja :

1. Pisahkan agregat dengan cara penyaringan sesuai dengan prosentase agregat yang didapat.
2. Menambahkan serbuk plastik pada aspal minyak sesuai prosentase yang telah ditentukan yaitu 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari pengujian *marshall* benda uji I.
3. Timbang masing-masing agregat dan aspal yang telah ditambahkan serbuk plastik sesuai dengan prosentase gabungan yang didapat.
4. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu antara 130°C - 170°C dan aspal yang telah ditambahkan serbuk plastik dipanaskan di wadah lain sampai suhu mencapai 150±20 °C.
5. Angkat aspal minyak sesuai persentase gabungan aduk sampai rata lalu timbang.
6. Tuangkan aspal minyak penetrasi 60/70 yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam panis dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 131°C (sesuai hasil viskositas) lalu masukkan campuran kedalam cetakan.

8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.
9. Untuk kebutuhan pengujian karakteristik variasi campuran aspal dan tambahan serbuk plastik , maka perlu dibuat benda uji II dimana prosedurnya sama dengan pembuatan benda uji I tetapi pada benda uji II sudah ditambahkan serbuk plastik sesuai dengan prosentase terhadap kadar aspal optimum yang telah didapatkan dari pengujian *marshall*.

3.8.6. Pengujian Benda Uji II untuk Variasi Tambahan Potongan Plastik Kresek Hitam terhadap KAO

a. Tujuan:

Untuk menentukan Stabilitas, kelehan (flow),rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFB) dan *marshall quotient* campuran aspal beton.

b. Prosedur kerja :

1. Simpan benda uji dalam bak perendam selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C.
2. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya

benda uji dari bak perendam sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

3. Pasang segmen diatas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
4. Pasang arloji pengukur pelelehan (flow) pada kedudukan diatas salah satu barang penuntun dan diatur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
5. Kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji sebelum pembebanan diberikan.
6. Atur jam arloji tekan pada kedudukan angka nol.
7. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji, tekan dan catat pembebanan maksimum atau stabilitas yang dicapai.
8. Catat nilai pelelehan (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
9. Ulangi percobaan diatas dengan tumbukan yaitu : 2x75.
Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter

marshall, Secara garis besar kadar aspal optimum biasanya memenuhi criteria :

- a. Kadar aspal yang memberikan stabilitas maksimal.
- b. Kadar aspal yang memberikan berat isi maksimal.
- c. Kadar aspal yang memberikan kadar rongga udara Minimum.

3.8.7. Kecenderungan Bentuk Lengkung Hubungan antara Kadar Aspal dan Parameter *Marshall*

Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan parameter *marshall* adalah sebagai berikut :

- a. Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah itu stabilitas akan menurun.
- b. Kelelahan atau flowakan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
- c. Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai maksimum tercapai pada kadar aspal yang sedikit lebih tinggi dari kadar aspal untuk mencapai stabilitas maksimum.
- d. Lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

- e. Lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Penyajian Data

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan *filler* yang digunakan diperoleh dari PT.Semen Tonasa. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1. - 4.3. dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.1. sebagai berikut :

Tabel 4.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan				
Inchi	mm		Gradasi Batu Pecah 1-2	Gradasi Batu Pecah 0,5-1	Abu Batu	Semen
1"	25		100.00	100.00	100.00	100.00
3/4"	19		100.00	100.00	100.00	100.00
1/2"	12,5		6.22	99.56	100.00	100.00
3/8"	9,5		0.46	94.35	99.92	100.00
No.4	4,75		0.28	19.25	99.59	100.00
No. 8	2,36		0.26	0.68	79.99	100.00
No. 16	1,18		0.25	0.63	57.44	100.00
No. 30	0,6		0.25	0.63	39.33	100.00
NO. 50	0,3		0.23	0.61	30.70	100.00
No.100	0,14		0.22	0.56	21.65	100.00
No.200	0,075		0.19	0.42	15.58	95.07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1)

Rumus:

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} = \frac{B_j}{B_j - B_a}$$

$$\text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_k - B_a}$$

$$\text{Penyerapan (Absorption)} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah 1- 2 dan Batu Pecah 0,5 - 1)

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Maks.	
Gradasi	AASHTO T27-82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 1-2)	SNI 03-1969-1990			3	
1. Bulk		2.53	2.5		-
2. SSD		2.54	2.5		-
3. Semu		2.56	2.5		-
4. Penyerapan		0.59	-		-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 03-1969-1990			3	
1. Bulk		2.51	2.5		-
2. SSD		2.59	2.5		-
3. Semu		2.71	2.5		-
4. Penyerapan		2.95	-		-

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3)

b. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} \dots\dots\dots = \frac{Bk}{B + 500 - Bt}$$

$$\text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} \dots\dots\dots = \frac{500}{B + 500 - Bt}$$

$$\text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} \dots\dots\dots = \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$$

$$\text{Penyerapan} \dots\dots\dots = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan :

SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh

BK = Berat benda kering oven

B = Berat piknometer + air

BT = Berat piknometer + air + benda uji

Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Max	
Gradasi	AASHTO T27-82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1970-1990				
1. Bulk		2.58	2.5	3	Gram
2. SSD		2.66	2.5		Gram
3. Semu		2.79	2.5		Gram
4. Penyerapan	2.82	-	Gram		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi 2010 (Revisi 3)

4.1.2 Pemeriksaan Abrasi (Tingkat Kekerasan) Agregat Kasar (Batu pecah 1 – 2)

Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin los angeles

Material : Agregat Kasar

Tanggal : 16 January 2017

Sumber : Bili –Bili Kab Gowa

Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Non Over Flow

Gradasi Saringan		Sampel
Lolos	Tertahan	
3/4"	1/2"	1251.1
1/2"	3/8"	1250.8

Berat Sebelum (w1)	5003.7	Gram
Berat Setelah diayak No 12	3740.1	Gram
Berat Kering Oven (w2)	3703.0	Gram
Keausan = $(w1-w2)/w1 \times 100\%$	25.99	%

Sumber : Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil perhitungan data didapat persentase agregat sebesar 25.99%, maka berdasarkan ketentuan umum dapat disimpulkan bahwa agregat bias digunakan untuk aspal tahan aus.

4.1.3 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minyak

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70. Hasil pengujian sifat-sifat fisik aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.5. sebagai berikut :

Tabel 4.5. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70

No.	Pemeriksaan	Prosedur Pemeriksaan	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min.	Max.		
1	Penetrasi (25° C, 5 dtk)	SNI-06-2456-1991	60	70	64,9	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	45	52	51	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,01	1,05	1,041	Gr/ml
4	Daktilitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	120	mm
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI -06-2433-1991	225	-	272,5	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	162	°C
7	Viskositas Pemadatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Pekerjaan Umum

4.2 Analisa Rancangan Campuran

4.2.1. Penentuan Komposisi Agregat Gabungan

Dengan metode coba-coba (*Trial And Error*) tersebut diperoleh komposisi agregat gabungan untuk campuran aspal panas AC-BC yaitu menentukan masing-masing persentase dari masing-masing agregat kemudian hasil penggabungan agregat diperoleh melalui perkalian presentase dengan persen lolos dari agregat, selanjutnya hasil perkalian tersebut masing-masing dijumlahkan dan menghasilkan komposisi campuran.

Setelah diperoleh komposisi campuran, kemudian dilakukan penimbangan sesuai presentase tertahan pada masing-masing saringan.

Presentase agregat yang didapat adalah sebagai berikut :

- Batu Pecah 1 – 2 = 20%
- Batu Pecah 0,5-1 = 36%
- Abu Batu = 43%
- Filler = 1%

Contoh Perhitungan untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC – WC) sebagai berikut :

Gradasi Penggabungan Agregat

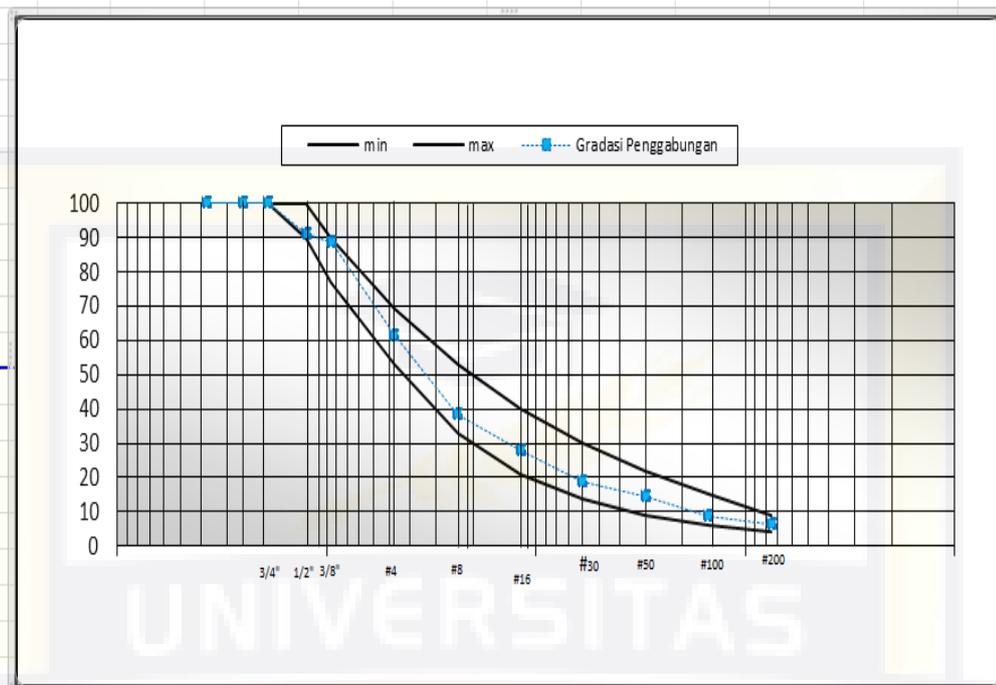
$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \\ &\quad \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d \\ &= \frac{20}{100} \times 100 + \frac{36}{100} \times 100 + \frac{43}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk nilai persentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC) berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Saringan	Gradasi Agregat Individu (Rata - rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-WC			Spesifikasi 2010 Rev 3
	Bp 1-2	Bp 0.5-1	Abu batu	Filler	I	II	III	
1"	100.00	100.00	100.00	100.00	100			100
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100			100
1/2"	6.22	99.56	100.00	100.00	91.92			90 - 100
3/8"	0.46	94.35	99.92	100.00	88.08			77 - 90
# 4	0.28	19.25	99.59	100.00	61.62			53 - 69
# 8	0.26	0.68	79.99	100.00	38.88			33 - 53
# 16	0.25	0.63	57.44	100.00	28.4			21 - 40
# 30	0.25	0.63	39.33	100.00	19.79			14 - 30
# 50	0.23	0.61	30.70	100.00	14.15			9 - 22
# 100	0.22	0.56	21.65	100.00	8.33			6 - 15
# 200	0.19	0.42	15.58	95.07	6.67			4 - 9
Komposisi Penggabungan Agregat (%)								
Rasio Komposisi Agregat (% terhadap Total Agregat)				a. Batu Pecah 1 - 2	20			
				b. Batu Pecah 0,5 - 1	36			
				c. Abu Batu	43			
				d. Filler	1			
Total Luas Permukaan Agregat (m ² / kg)					6.07			

Sumber : Hasil Analisis Data



Gambar 4.1. Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.3 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.3.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (65,12) + 0.045 (27,21) + 0.18 (7,68) + 0,75 \\
 &= 5,64\% \quad \rightarrow \quad 6\%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = 1" - #4

Agregat Halus = #4 - #200

$$= 100 - 34,88$$

$$= 34,88 - 7,68$$

$$= 65,12$$

$$= 27,21$$

Filler = #200

$$= 7,68$$

Kadar aspal yang didapatkan adalah 6%, dengan mengambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas menggunakan interval 0.5% maka nilai tersebut adalah 5% ; 5,5% ; 6% ; 6,5%; 7%.

4.3.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran

Setelah mendapatkan persentase masing-masing fraksi agregat dan aspal, maka ditentukan berat material untuk rancangan campuran dengan kapasitas *mold* yang ada.

Perhitungan untuk campuran aspal panas AC-WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk berat aspal dan berat agregat pada masing-masing kadar aspal dapat dilihat contoh sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kadar Aspal} &= 5\% \\ &= 100\% - 5\% = 95\% \end{aligned}$$

Batu Pecah 1 - 2	20%	X	95%	x	1200	=	228.0	gram
Batu Pecah 0.5 - 1	36%	X	95%	x	1200	=	410.4	gram
Abu Batu	43%	X	95%	x	1200	=	490.2	gram
Filler	1%	X	95%	x	1200	=	11.4	gram
Aspal	5%		x		1200	=	60	gram
							<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>	1200 gram

Tabel 4.8. Berat Aspal dan Agregat Pada Campuran Aspal Panas AC-WC Standar

Kadar Aspal	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%	7.0%
Berat Aspal terhadap Campuran (gram)	60.0	66.0	72.0	78.0	84.0
Batu Pecah 1 – 2 (gram)	228.0	226.8	225.6	224.4	223.2
Batu Pecah 0.5 – 1 (gram)	410.4	408.2	406.1	403.9	401.8
Abu Batu (gram)	490.2	4487.6	485.0	482.5	479.9
Filler (gram)	11.4	11.3	11.3	11.2	11.2
Jumlah	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0	1200.0

Sumber : Hasil Analisis Data

4.3.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat serta berat jenis aspal diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.9. Hasil Pemeriksaan Berat jenis Dan Penyerapan Agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	a	b	$c = \frac{(a + b)}{2}$
Batu Pecah 1 - 2	2,53	2,56	0,59
Batu Pecah 0,5 - 1	2,51	2,71	2,95
Abu batu	2,58	2,79	2,82
Filler	3,17		
Aspal	1,025		

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium dan Spesifikasi 2010 (Revisi 3)

Berdasarkan hasil pemeriksaan di atas, maka berat jenis gabungan agregat dapat dihitung sebagai berikut :

- Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) = \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,59}\right) + \left(\frac{36\%}{2,61}\right) + \left(\frac{43\%}{2,43}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)}$$

$$= 2,51 \text{ gram}$$

$$\text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) = \frac{100}{\left(\frac{20\%}{2,68}\right) + \left(\frac{36\%}{2,73}\right) + \left(\frac{43\%}{2,59}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)}$$

$$= 2,64 \text{ gram}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,5 + 2,64}{2} = 2,57 \text{ gram}$$

4.4 Data Uji Marshall untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

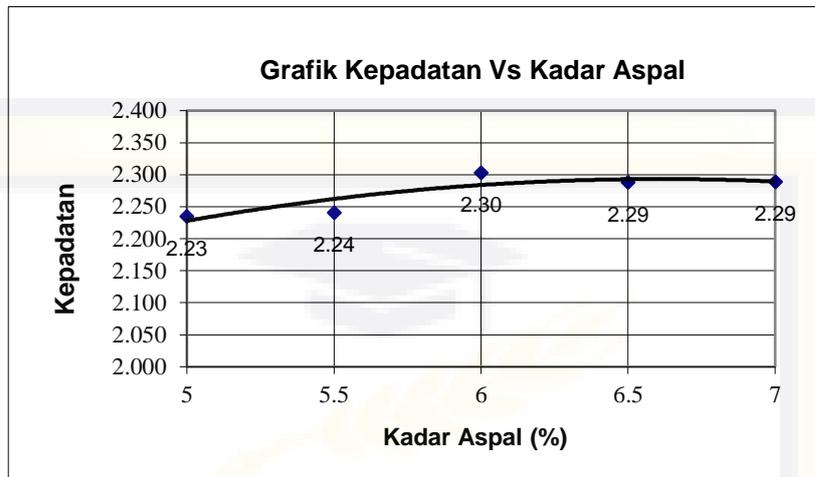
Pada pengujian benda uji dengan alat *marshall*, diperoleh dua data hasil pengujian yaitu pembacaan *stabilitas* dan *flow* benda uji. Dari hasil pengujian dan perhitungan *marshally* yang telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada perhitungan di bawah ini :

- Berat Jenis Aspal (T) = 1,025 gr/cc
- Kadar Aspal (A) = 5%
- Bj. Bulk Gabungan (B) = 2,51 %
- Bj. Efektif Gabungan (C) = 2,57 %
- Bj. Maksimum Campuran (D) = $100 / ((100 - A) / C) + (A + D) = 2,39\%$
- Berat Campuran di Udara (E) = 1173 gr
- Berat Campuran Dalam Air (F) = 663,3 gr
- Berat Campuran SSD (G) = 1196 gr

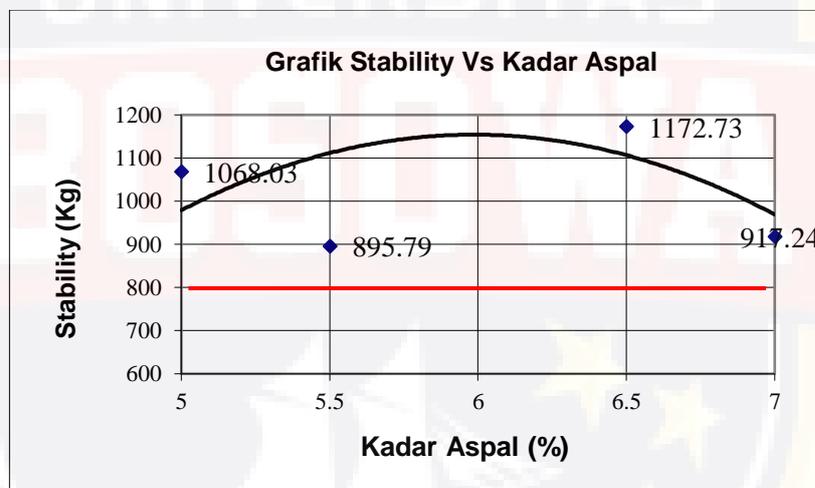
- Volume Benda Uji (H) = (G – F) = 529,43 gr
- Bj Bulk Campuran (Kepadatan) (I) = E/H = 2,22 %
- Rongga dalam Campuran (VIM) (J) = $100 \times (D - I) / D$
= 7,25 %
- Pembacaan Stabilitas (K) = 63,3 kg
- Kalibrasi Alat (Kg) = 149,0 kg
- Angka Korelasi (dapat dilihat pada lampiran) = 0,96
- Stabilitas setelah koreksi (L) = Pemb. Stabilitas x Kalibrasi Alat x
Angka Korelasi = 905,92 kg
- Pelelehan (M) = 3,21mm
- Marshall Quetient (N) = L/M = 282,2 kg/mm
- Luas Permukaan Agregat (O) = 5.99%
- Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran (P) = $(A + ((T \times (100 - A))/B)) - ((100 \times T)/D)$ = 1,00 %
- Tebal Film (Q) = $(1000 \times (A - P))/((T \times O) \times (100 - A))$
= 6.877%
- Rongga Dalam Agregat (VMA) (R) = $100 - (I/B) \times (100 - A)$
= 16.07%
- Rongga Terisi Aspal (VFB) (S) = 54,13%

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

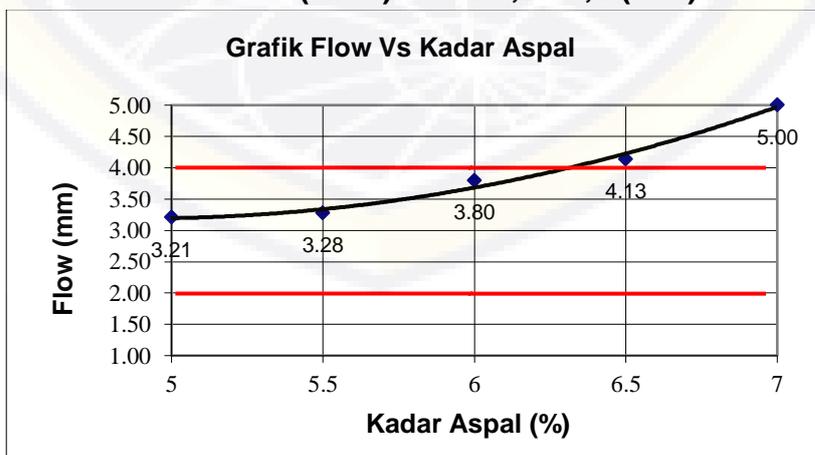
Kepadatan



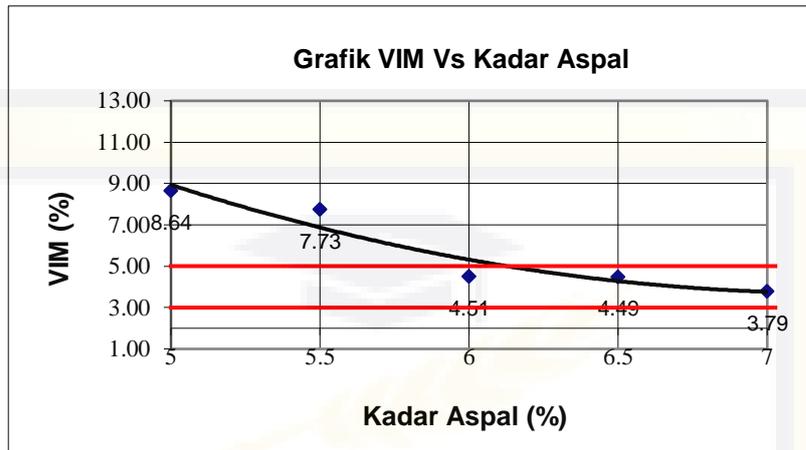
Stabilitas Minimum 800 (KG)



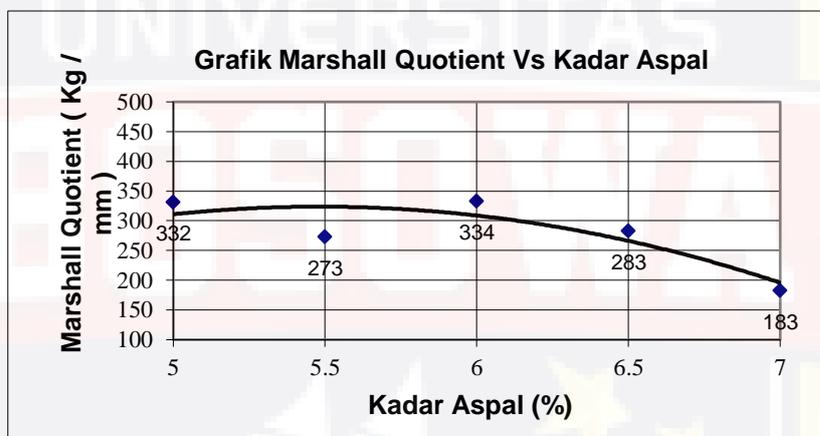
Pelelehan (Flow) maks 2,0 - 4,0 (mm)



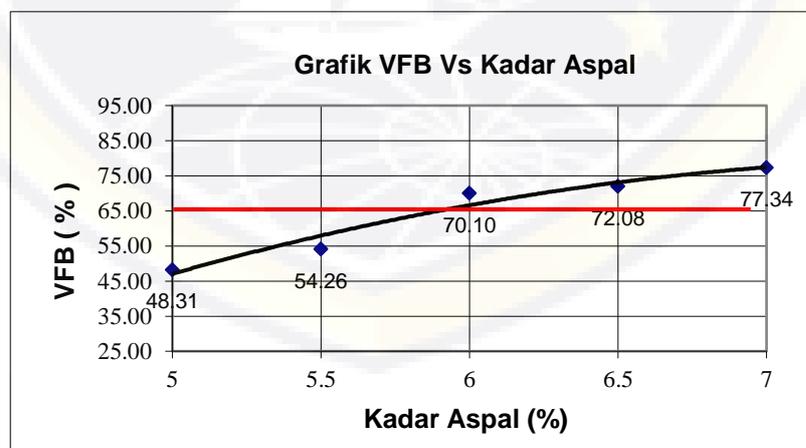
Rongga Dalam Campuran (VIM) Antara 3,0 – 5,0 (%)



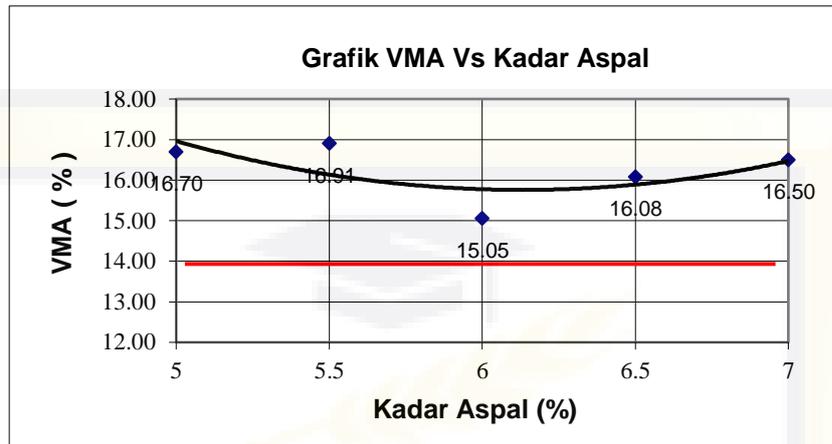
Marshall Quotient (Kg/mm)



Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)



Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 14 (%)



4.2 Grafik Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Kepadatan					
Stabilitas (kg)					
Pelelehan (Flow) (mm)					
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)					
Marshall Quetion (Kg/mm)					
Rongga Terisi Aspal (VFB) (%)					
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)					
KADAR ASPAL (%)	5	5.5	↓	↓	6.5
				6.00	
KADAR ASPAL OPTIMUM	=	5.8	+	6.2	
		2			
K A O	=	6.00	%		

4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari gambar kurva hubungan parameter Marshall dengan kadar Aspal untuk penentuan campuran AC-WC Standar dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Grafik hubungan antara *Stabilitas* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah nilai Stabilitas semakin rendah dan seiring dengan penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan dengan penambahan kadar aspal.
- b) Grafik hubungan antara *Flow* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa secara konsisten *Flow* akan naik dengan bertambahnya kadar aspal.
- c) Grafik hubungan antara *VIM* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa dengan kadar aspal rendah, maka nilai *VIM* menjadi tinggi. Namun dengan bertambahnya kadar aspal nilai *VIM* semakin rendah.
- d) Grafik hubungan antara *Marshall Quotient* menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai MQ akan semakin bertambah sampai pada titik tertinggi dan kemudian mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar aspal.
- e) Grafik hubungan antara *Vfb* terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai *Vfb* juga makin tinggi karena rongga terisi aspal.

f) Grafik hubungan antara VMA terhadap kadar aspal menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase kadar aspal maka nilai VMA akan semakin berkurang.

4.5 Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Serbuk Plastik

Perhitungan untuk campuran aspal panas AC-WC dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dapat dilihat pada lampiran.

Selanjutnya untuk campuran AC-WC didapat berat aspal dan agregat terhadap kadar aspal optimum sebagai berikut :

4.5.1. Perhitungan Rancangan Komposisi Campuran tambahan Serbuk Plastik

Setelah diperoleh Karakteristik Marshall dengan Kadar Aspal Optimum yang telah ditentukan maka dilanjutkan untuk komposisi campuran.

Untuk campuran AC - WC dengan variasi tambahan Serbuk plastik 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% terhadap kadar aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 1. Komposisi campuran dengan tambahan serbuk plastik 2%

KADAR ASPAL	=	2%	PLASTIK KRESEK TERHADAP KAO	6%
		= 100 %	= 6 %	= 94 %
BP 1-2	20 %	X	94 %	= 0.188 X 1200 = 225.6
BP 0,5-1	36 %	X	94 %	= 0.338 X 1200 = 406.08
ABU BATU	43 %	X	94 %	= 0.404 X 1200 = 485.04
FILLER	1 %	X	94 %	= 0.009 X 1200 = 11.28
ASPAL	6.15 %	X	1200 =	73.8 - 1.5 = 72
PLASTIK KRESEK	2 %	X	73.8	1200 = 1.5
				1202

Tabel 4. 2. Komposisi campuran dengan bahan plastik 4%

KADAR ASPAL	=	4 %	PLASTIK KRESEK TERHADAP KAO	6%
			= 100 %	= 6 % = 94 %
BP 1-2		20 %	X 94 %	= 0.188 X 1200 = 225.6
BP 0,5-1		36 %	X 94 %	= 0.338 X 1200 = 406.08
ABU BATU		43 %	X 94 %	= 0.404 X 1200 = 485.04
FILLER		1 %	X 94 %	= 0.009 X 1200 = 11.28
ASPAL		6.15 %	X 1200 =	73.8 - 3.0 = 71
PLASTIK KRESEK		4 %	X 73.8	1200 = 3.0
				1202

Tabel 4. 3. Komposisi campuran dengan bahan plastik 6%

KADAR ASPAL	=	6 %	PLASTIK KRESEK TERHADAP KAO	6%
			= 100 %	= 6 % = 94 %
BP 1-2		20 %	X 94 %	= 0.188 X 1200 = 225.6
BP 0,5-1		36 %	X 94 %	= 0.338 X 1200 = 406.08
ABU BATU		43 %	X 94 %	= 0.404 X 1200 = 485.04
FILLER		1 %	X 94 %	= 0.009 X 1200 = 11.28
ASPAL		6.15 %	X 1200 =	73.8 - 4.4 = 69
PLASTIK KRESEK		6 %	X 73.8	1200 = 4.4
				1202

Tabel 4. 4. Komposisi campuran dengan bahan plastik 8%

KADAR ASPAL	=	8 %	PLASTIK KRESEK TERHADAP KAO	6%
			= 100 %	= 6 % = 94 %
BP 1-2		20 %	X 94 %	= 0.188 X 1200 = 225.6
BP 0,5-1		36 %	X 94 %	= 0.338 X 1200 = 406.08
ABU BATU		43 %	X 94 %	= 0.404 X 1200 = 485.04
FILLER		1 %	X 94 %	= 0.009 X 1200 = 11.28
ASPAL		6.15 %	X 1200 =	73.8 - 5.9 = 68
PLASTIK KRESEK		8 %	X 73.8	1200 = 5.9
				1202

4.5.2. Data Hasil Uji dengan Alat Marshall Variasi Campuran

Tambahan Serbuk Plastik

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum dengan perendaman

24 jam dan perendaman selama 30 menit pada suhu 60 °C. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelehan plastis (*Flow*) dari campuran aspal tersebut, untuk lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil uji marshall dapat diketahui campuran aspal panas AC-WC dengan variasi menggunakan penambahan serbuk plastik 2%, 4%, 6%, dan 8% kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 24 jam kemudian direndam 30 menit pada suhu 60°C. Dapat kita amati pengaruh campuran aspal terhadap nilai *Stabilitas*, *Flow*, *VIM*, *Marshall Quotient*, *VMA*, dan *VFB*. Dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 5. Hasil Uji Marshall KAO dengan tambahan variasi serbuk plastik dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6,0 %					Spesifikasi 2010
		Serbuk Plastik Kresek					
		0%	2%	4%	6%	8%	Revisi 3
1	Kepadatan	2.29	2.28	2.29	2.29	2.296	-
2	Stabilitas (Kg)	1516.82	1826.24	1773.10	1648.04	1584.367	Min 800
3	VMA (%)	15.67	15.72	15.59	15.45	15.276	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	410.39	795.52	609.85	516.12	485.938	Min 250
5	Flow (mm)	3.70	2.30	2.97	3.20	3.267	2-4
6	VIM (%)	4.58	4.64	4.37	4.34	3.700	3-5
7	VFB (%)	70.87	70.49	71.15	71.90	75.778	Min 65

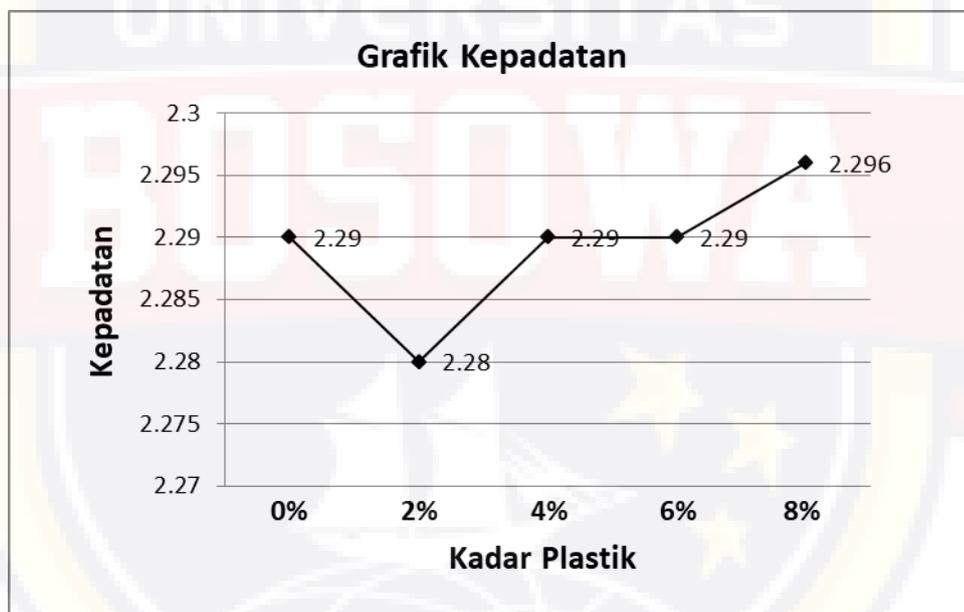
Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) Kementerian PUPR

4.5.3. Analisis Hasil Pengujian dengan Penambahan Serbuk Plastik kresek Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian *Marshall* akan diperoleh hasil-hasil parameter marshall sebagai berikut :

a. Kepadatan

Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan variasi tambahan serbuk plastic kresek perendaman 24 hari, dapat dilihat pada gambar 4.4.



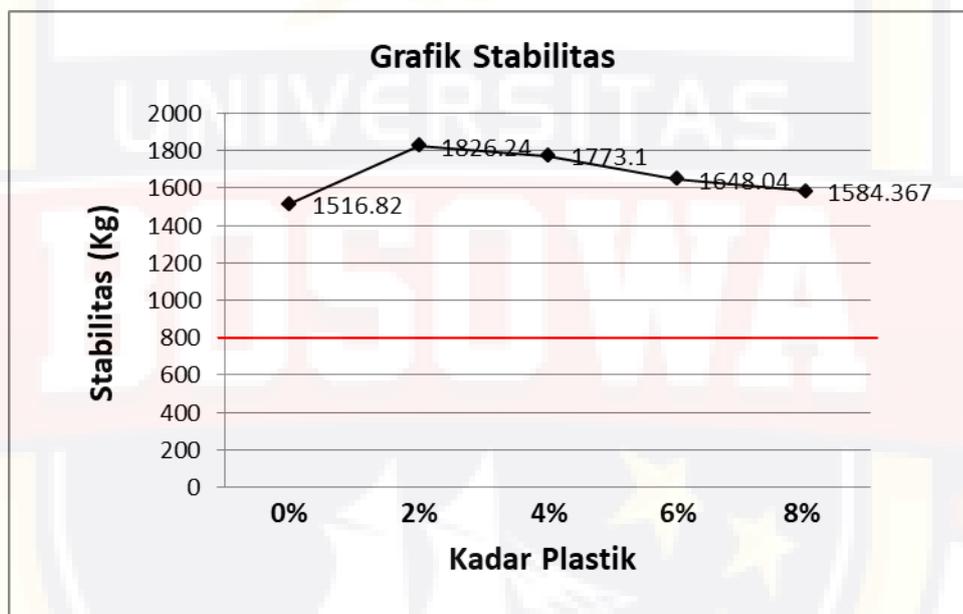
Gambar 4.4. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa variasi kadar plastik kedalam campuran yang direndam selama 24 jam tidak terlalu memengaruhi nilai kepadatan (*density*). Pada kadar plastik 2% nilai kepadatan 2,28 pada kadar plastik 4% nilai yang diperoleh 2,29 pada kadar plastik 6% nilai

yang diperoleh 2,29 dan pada kadar plastik 8% nilai kepadatan yang diperoleh yaitu 2,296. Hal ini dikarenakan rongga antar agregat pada campuran menjadi lebih kecil yang mengakibatkan campuran menjadi rapat akibat penambahan plastik.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi serbuk plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



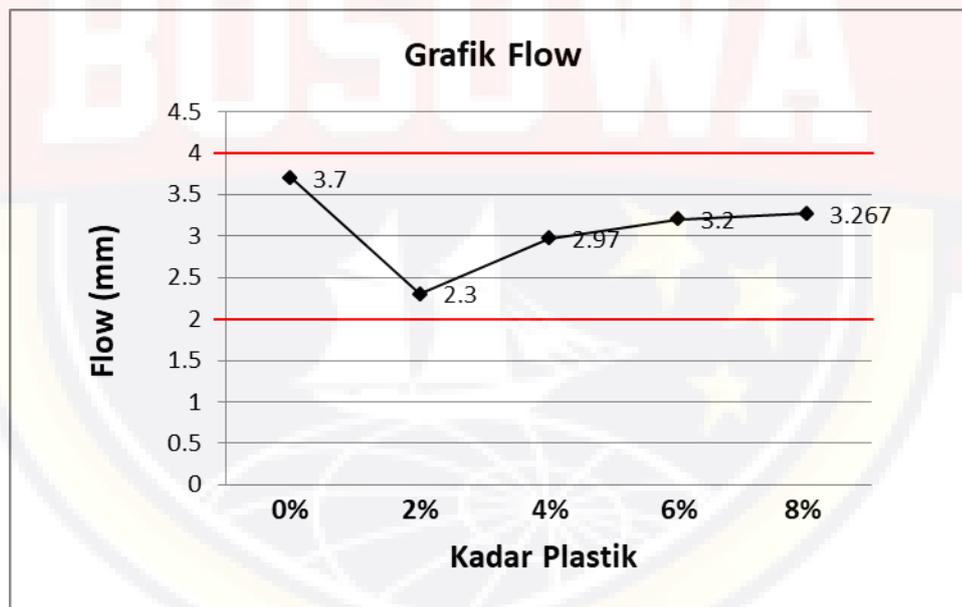
Gambar 4.5. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.5 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik kedalam campuran yang direndam 24 jam mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada kadar plastik 2% nilai stabilitas yang diperoleh 1826,24 Kg, nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar plastik 4% nilainya 1773,1 Kg, nilai stabilitas juga mengalami

penurunan pada kadar plastik 6% nilainya yaitu 1648,04 Kg dan nilai stabilitas terus mengalami penurunan pada kadar plastik 8% nilai yang dipeoreh adalah 1584,37 Kg namun masih berada dalam batas spesifikasi. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar plastik dan mengurangi kadar aspal yang di tambahkan kedalam campuran ternyata tidak dapat mempertahankan daya rekat aspal.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 2 - 4 (mm).

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi seebuk plastik yang direndam 24 jam pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6.



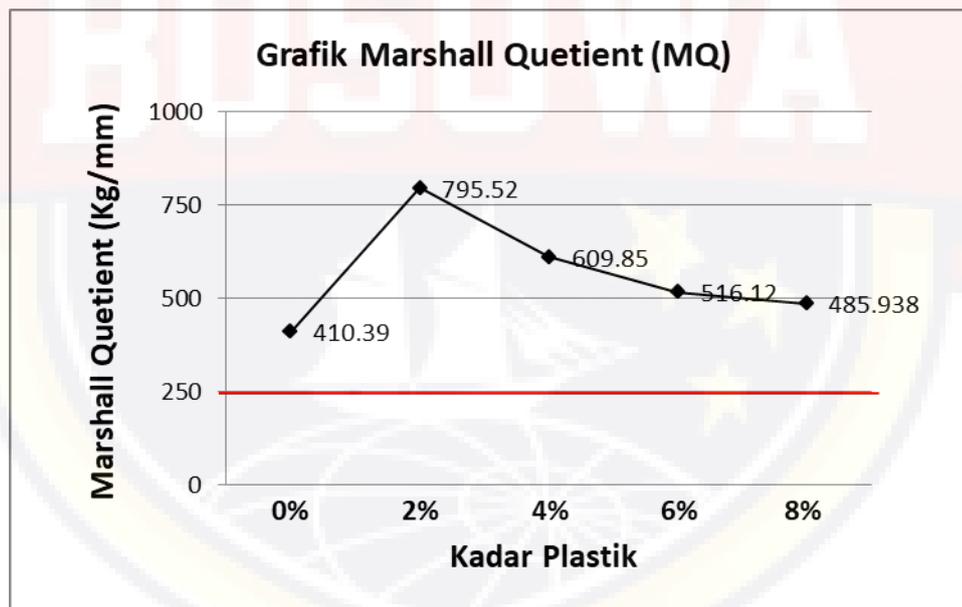
Gambar 4.6. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap pelelehan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan serbuk plastik kedalam campuran yang direndam 24 jam

terlihat pada kadar plastik 2% nilai flow yang di peroleh 2,3 mm pada kadar plastik 4% nilainya 2,97 mm pada kadar plastik 6% nilainya 3,2 dan pada kadar plastik 8% nilai yang diperoleh adalah 3,267 mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar plastik yang ditambahkan kedalam campuran jumlah aspal yang digunakan semakin berkurang menyebabkan daya rekat aspal juga berkurang.

d. Marshall Quetient

Nilai MQ pada campuran aspal variasi serbuk plastik terhadap kadar aspal optimum yang direndam selama 24 jam dapat dilihat pada gambar 4.7.



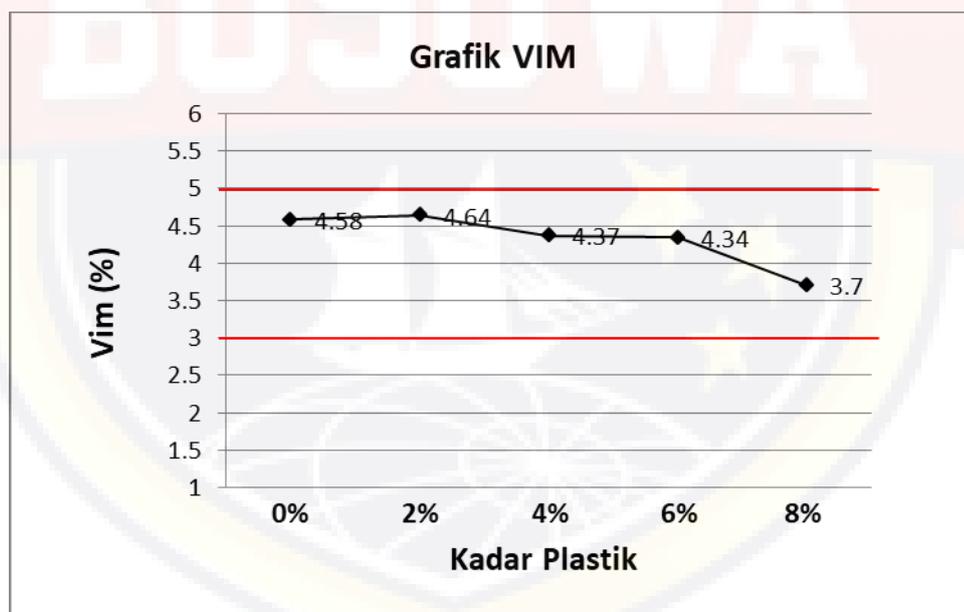
Gambar 4.7. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi kadar serbuk plastik terhadap kadar aspal optimum menyebabkan nilai Marshall Quetient juga

bervariasi. Pada campuran serbuk plastik 2% nilai *Marshall Quotient* adalah 795,52 Kg/mm pada kadar plastik 4% nilainya 609,85 Kg/mm pada kadar plastik 6% nilainya adalah 516,12 Kg/mm dan pada kadar plastik 8% nilai yang diperoleh adalah 485,94 Kg/mm. Hal ini dikarenakan semakin banyak penambahan plastik kohesi atau daya tarik dalam aspal menurun, selain itu juga kemungkinan adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 3,0 % – 5,0 %

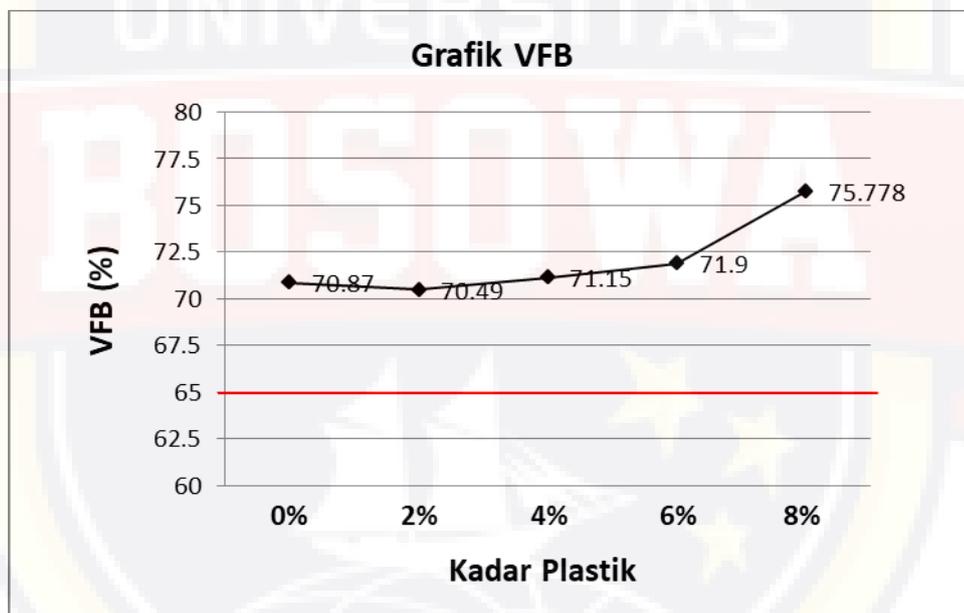
Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi serbuk plastik pada kadar aspal optimum yang direndam 24 jam dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8. menunjukkan bahwa penambahan variasi serbuk plastik ke dalam campuran yang direndam selama 24 jam menyebabkan nilai *VIM* pada kadar plastik 2% nilainya 4,64 % pada kadar plastik 4% nilainya adalah 4,37% pada kadar plastik 6% nilainya adalah 4,34% dan pada kadar plastik 8% nilai yang didapatkan 3,70%. Penambahan kadar plastik menyebabkan nilai *VIM* mengalami penurunan hal ini dikarenakan susunan partikel agregat didalam campuran.

f. Rongga Terisi Aspal (*VFB*) Minimum 65 (%)



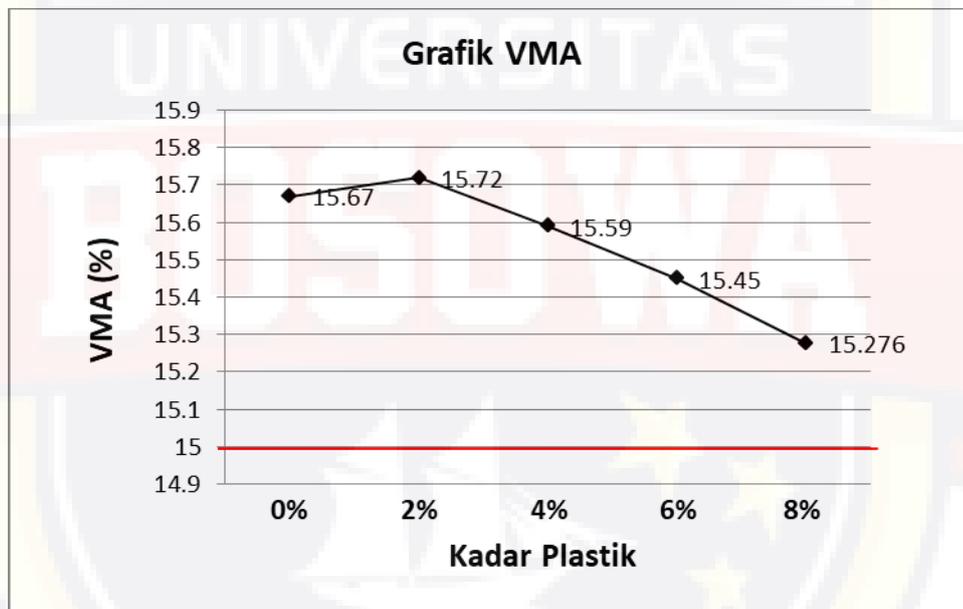
Gambar 4.9. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa penambahan plastik ke dalam campuran yang direndam selama 24 jam mengalami perubahan pada nilai *VFB* yaitu pada variasi tambahan serbuk plastik 2% nilainya adalah 70,49 % pada kadar plastik 4% nilainya 71,15% pada kadar plastik

6% nilainya adalah 71,90 dan pada kadar plastik 8% nilai yang diperoleh adalah 75,778%. Penambahan kadar plastik menyebabkan nilai VFB meningkat. Hal ini disebabkan volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin meningkat akibat penambahan plastik.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15 %

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk berbagai variasi serbuk plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10. Diagram hubungan variasi tambahan serbuk plastik terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan serbuk plastik ke dalam campuran yang direndam selama 24 jam tidak terlalu menyebabkan nilai VMA berubah. Hal ini disebabkan karena penambahan plastik dalam campuran mendesak aspal sehingga

terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat menurun.

4.5.4. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

Marshall bisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam kemudian direndam pada suhu 60° selama 30 menit pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu 95 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshal sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa tabel 4.17.

Tabel 4.6 Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Beton Aspal AC– WC

KAO	Waktu Perendaman Suhu 60°C		IKS	Spek. %
	30 Menit	24 Jam		
	1472,71	1397,02	94,86	90

Sumber : Hasil penelitian Laboratorium

Dari tabel 4.21 menunjukkan menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman 30 menit dan 24 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 24 jam mengalami penurunan terhadap nilai stabilitas yang diperoleh untuk perendaman 30 menit pada suhu yang sama.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian laboratorium mengenai penambahan serbuk plastik terhadap kadar aspal optimum pada campuran aspal panas (AC-WC) menggunakan aspal pen 60/70 terhadap karakteristik marshall dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai KAO yang diperoleh untuk campuran aspal panas AC-WC adalah 6,0 %.
2. Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal pen 60/70 memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal beton AC-WC.
3. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penggunaan bahan serbuk plastic kresek dapat mempengaruhi parameter marshall terutama stabilitas. Pada penggunaan 2% serbuk plastic kresek mempunyai stabilitas sebesar 1826,24 kg, pada 4% serbuk plastic kresek mempunyai stabilitas 1773,1 kg, pada 6% serbuk plastic kresek mempunyai stabilitas 1648,04 kg dan pada 8% serbuk plastic kresek mempunyai stabilitas 1584,37 kg sehingga dapat disimpulkan semakin besar penambahan serbuk plastik pada campuran aspal beton AC-WC, maka semakin menurun pula nilai stabilitas pada campuran tersebut.

4. Dari penelitian diketahui karakteristik Marshall Aspal Beton Lapis Antara (AC-WC) menggunakan aspal pen 60/70 dengan penambahan serbuk plastic kresek dari kadar aspal optimum (KAO) telah memenuhi spesifikasi umum divisi 6 perkerasan aspal tahun 2010 Revisi 3, sehingga pada penerapan di lapangan mampu menahan beban lalu lintas.

5.2. Saran

Beberapa hal yang disarankan sehubungan dengan hasil – hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya sifat-sifat fisis aspal dengan penambahan serbuk plastic kresek diuji dengan persentase yang lebih tinggi lagi dan dihubungkan dengan pengujian Marshall.
2. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan mencoba dengan agregat dari lokasi lain dan menggunakan jenis aspal selain aspal pen 60/70 agar bias dibandingkan dengan hasil uji Marshall sehingga dapat diketahui kemampuan aspal mana yg lebih baik untuk digunakan pada kondisi tertentu.
3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui formulasi tambahan serbuk plastic kresek yang maksimal atau optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997, “ **Buku Panduan Pemeriksaan Bahan Lapis Keras** “, Laboratorium Teknik Trasportsi, JTS FT UGM, Yogyakarta.
- Anonim, 1991. SNI 06-2489-1991, “ **Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall** “, Badan Standar Nasional Jakarta.
- Anonim, 1996, “ **Petunjuk Pemeriksaan Peralatan Pencampuran Aspal (Asphalt Mixing Plant)**“, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim, 1976, “ **Manual Pemeriksaan Bahan Jalan** “, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Anonim, 2006, “ **Pedoman, Penuntun dan Tata Cara Penulisan Tugas Akhir** “, JTS FT Universitas “ 45 “, Makassar.
- Anonim, 2013 ,“ **Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal** “, JTS FT Universits “ 45 “, Makassar.
- Anonim,2010, “ **Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan** “, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas “45” Makassar.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, “ **Divisi VI Spesifikasi** “, 2010 Revisi 3.
- Hadiyatmo, Hary Chrystady, 2011, “ **Perancangan Perkerasan Jalan** “, Gajah Mada University Press.
- Hadiyatmo, Hary Chrystady, 2007, “ **Pemeliharaan Jalan Raya** “, Gajah Mada University Press.
- Nurdin, Rahim, “ **Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya** “, JTS FT Bosowa Makassar.
- Saodang, Hamirhan, Ir. MSCE., “ **Konstruksi Jalan Raya** “, Buku 2, Perancangan Perkerasan Jalan Raya, Nova, Bandung.

Sukirman, S., 2003, “ **Beton Aspal Campuran Panas** “, Granit, Jakarta.

Sukirman, S., 1999, “ **Perkerasan Lentur Jalan Raya** “, Nova, Bandung.

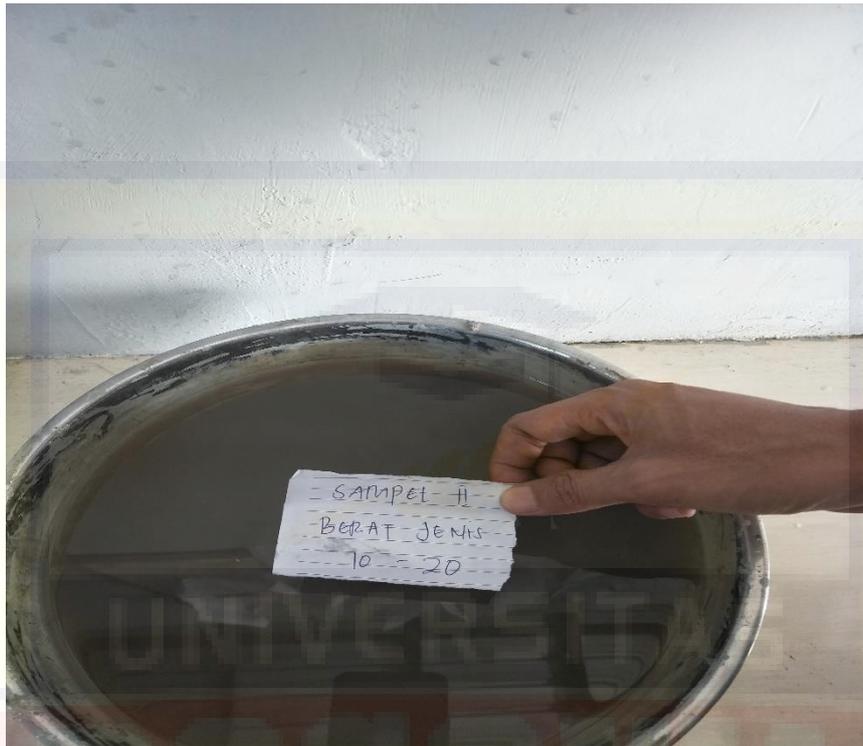
Sukirman, S., 1994, “ **Dasar – Dasar Perencanaan Geometrik Jalan** “,
Nova, Bandung.



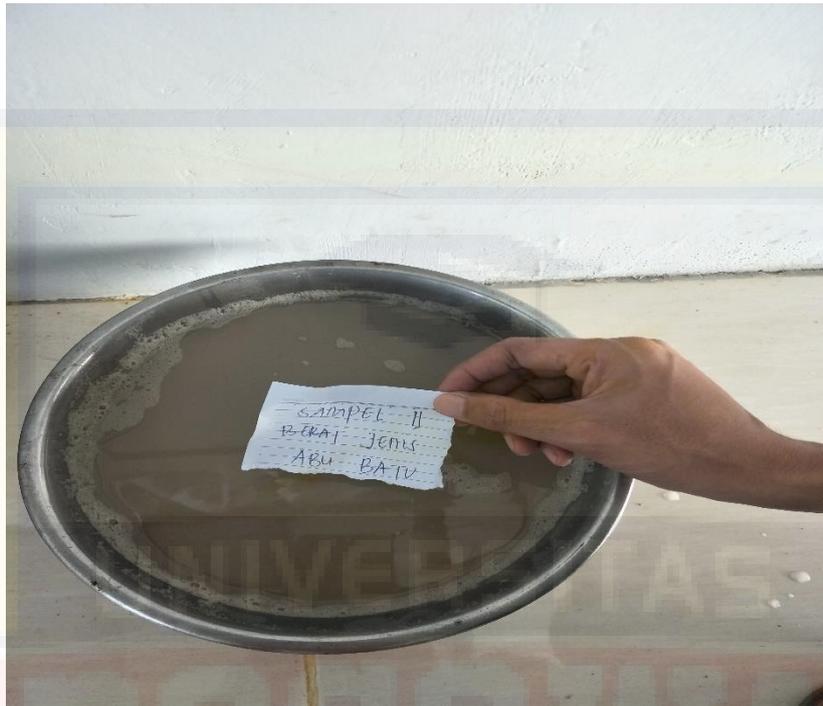
1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar Dan Halus



2. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar



3. Pemeriksaan Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus



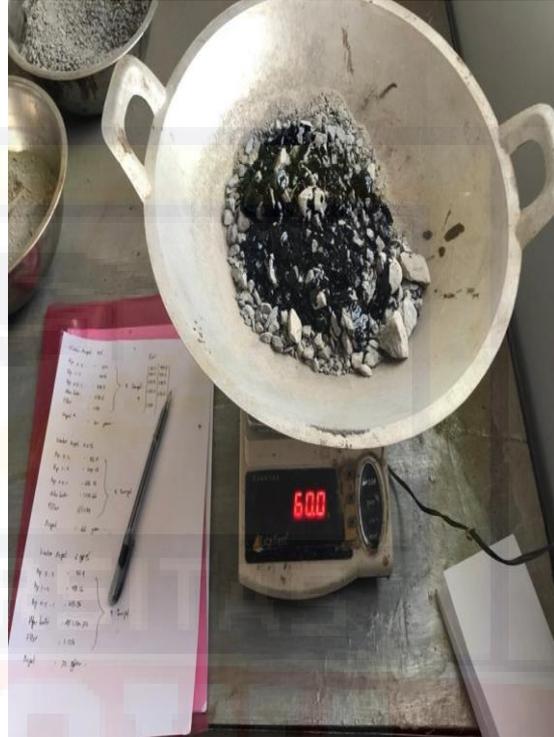
4. Pemeriksaan Kadar Lumpur



5. Bahan Tambahan Kantong Plastik Terhadap KAO



6. Proses Pembuatan Benda Uji



7. Proses Perendaman Dengan Suhu 60°



8. Pengujian Marshall Test

