

TUGAS AKHIR

**“ PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MINYAK
DITAMBAHKAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP
KARAKTERISTIK LASTON AC-WC PADA
PERENDAMAN BERULANG ”**

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan

Mencapai Gelar S-1



Disusun Oleh :

BASRI

45 13 041 035

JURUSAN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSIRAS BOSOWA MAKASSAR

2019

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No. 333 / SK / FT / UNIBOS / III / 2019, Tanggal 15 Maret 2019, perihal Pengangkatan Panitia dan Tim Penguji Tugas Akhir, maka pada :

Hari / Tanggal : Jum'at / 15 Maret 2019
Nama : **BASRI**
Nomor Stambuk : **45 13 041 035**
Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : **"PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MINYAK
DITAMBAHKAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP
KARAKTERISTIK LASTON AC-WC PADA
PERENDAMAN BERULANG"**

Telah diterima dan disahkan oleh Panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan di depan Tim penguji Ujian Sarjana Strata Satu (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Tim Penguji Tugas Akhir

Ketua/ Ex Officio : Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT (.....)
Sekertaris/Ex Officio : Nurhadijah Yuniarti, ST., MT (.....)
Anggota : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT (.....)
Eka Yuniarto, ST., MT (.....)

Makassar, 21 April 2019

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Jurusan Sipil

(Dr. Ridwan, ST., M.Si)
NIDN. 09 101271 01

(Nurhadijah Yuniarti, ST., MT)
NIDN : 09 160682 01

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP

Tugas Akhir :

**“ PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MINYAK DITAMBAHKAN LIMBAH
PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK LASTON AC-WC PADA PERENDAMAN
BERULANG ”**

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : **BASRI**

No. Stambuk : 45 13 041 035

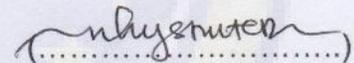
Sebagai salah satu syarat, untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil/Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT



Pembimbing II : Nur Hadijah Yuniarti, ST., MT



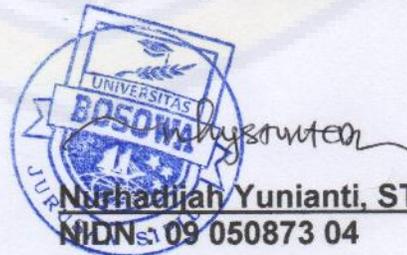
Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ridwan, ST., M.Si
NIDN : 09 2406 7601



Nurhadijah Yuniarti, ST., MT
NIDN : 09 050873 04

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : **Basri**
Nomor Stambuk : **45 13 041 035**
Program Studi : **Teknik Sipil**
Judul Tugas Akhir : **Pengaruh Penggunaan Aspal Minyak
Ditambahkan Limbah Plastik Terhadap
Karakteristik Laston AC-WC Pada
Perendaman Berulang**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tugas akhir yang saya tulis ini merupakan hasil karya saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya tidak keberatan apabila Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa menyimpan, mengalihmediakan / mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk data base, mendistribusikan dan menampilkannya 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, 21 April 2019
Yang membuat pernyataan,



(Basri)
45 13 041 035

ABSTRACT

This research try using plastic packaging waste drinking water expected can improve the quality of asphalt concrete against the technical characteristics and qualified for use as road roughness, this research aims to analyzing the characteristics of hot mix asphalt (AC-WC) by using asphalt oil packaging plastic waste with drinking water on submergence of repeat, this research uses the method wants the trial to get a the result, thus it will be seen the utilization of waste plastics packaging drinking water on asphalt concrete construction with plastic levels variations of 5%, 10%, 15%, and 20%, the result of the research shows that the use of plastics packaging waste will affects drinking water characteristics of asphalt mixtures.

Keywords: *Plastic Packaging Waste Drinking Water, Asphalt Oil, AC-WC.*

ABSTRAK

Penelitian ini mencoba menggunakan limbah plastik kemasan air minum yang dirapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton terhadap karakteristik dan memenuhi syarat teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik campuran aspal panas (AC-WC) dengan menggunakan aspal minyak dengan variasi limbah plastik kemasan air minum pada perendaman berulang, Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan Limbah plastik kemasan air minum pada konstruksi beton aspal dengan variasi kadar plastik 5%, 10%, 15%, dan 20%, Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik kemasan air minum akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal.

Kata Kunci: *Limbah Plastik Kemasan Air Minum, Aspal Minyak, AC-WC.*

PRAKATA



Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana pada Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Bosowa Makassar.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, Penulis memilih bidang Transportasi yang merupakan salah satu bagian disiplin ilmu teknik sipil. Dipilihnya bidang ini berdasarkan kenyataan di lapangan bahwa bidang transportasi khususnya jalan sangat banyak digunakan. Tugas Akhir ini

berjudul: **“PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MINYAK
DITAMBAHKAN LIMBAH PLASTIK TERHADAP KARAKTERISTIK
LASTON AC-WC PADA PERENDAMAN BERULANG”**

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini berkat bantuan dan sumbangsi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menghanturkan ucapan terima kasih tak terhingga kepada :

1. Kedua orangtua kami tercinta atas doa, dukungan bantuannya berupa moril maupun materi selama penulis menuntut ilmu di Universitas Bosowa Mkassar.
2. Bapak DR. Ridwan, ST., M.Si Selaku Dekan Fakultas Tenkik Universitas Bosowa Makassar

3. Ibu Nur Hadijah Yunianti, ST., MT Selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
4. Bapak Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT. Dan Ibu Nurhadijah Yunianti, ST.,MT Selaku Pembimbing I dan II yang senantiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan membantu penulis dalam rangka menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh Staf dan Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
6. Kak Marlina Alwi, ST Asisten Laboratorium Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar yang senagtiasa meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan sehubungan dengan penelitian ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Sipil Fakultas Tenik Universitas Bosowa Makassar, Khususnya Sipil angkatan 2013, dan rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar Haidir Hasan, Muyaasar Latif, Asma Zulfitry, Alfin Monarchi, Rahmat Nur, Achmad Musawir, Ardiansyah, Rusdi, Ramadoan, Anton, Alam Perdana, Multasam, yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kesadaran diri dan segala segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa hanya Allah yang memiliki segala kesempurnaan, sehingga masih banyak lagi rahasia-Nya belum tergali

dan belum penulis ketahui. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang positif demi menyempurnakan tugas akhir ini dan dapat memberikan mamfaat bagi pembaca, Amin.

Makassar, 21 April 2019

PENULIS

UNIVERSITAS

BOSOWA

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Pengajuan Ujian Tutup	iii
Pernyataan Keaslian Skripsi	iv
Abstrak	v
Prakata	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xv
Daftar Notasi	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-2
1.3. Tujuan dan Manfaat	I-2
1.4. Pokok Bahasan dan Batasan masalah	I-3
1.5. Sistematika penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1. Jalan	II-1
2.6.1. Sistem Jaringan Jalan	II-1

2.6.2. Fungsi Jalan	II-2
2.6.3. Status Jalan	II-3
2.6.4. Kelas Jalan	II-4
2.2. Struktur Jalan	II-5
2.6.5. Lapisan Peremukaan (Surface Course)	II-6
2.6.6. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)	II-7
2.6.7. Lapisan Pondasi Bawah (Subbase Course)	II-8
2.6.8. Tanah Dasar	II-8
2.3. Perkerasan Jalan	II-8
2.3.1. Perkerasan Lentur (Flexibel Pavemet).....	II-13
2.3.2. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)	II-13
2.3.3. Perkerasan Kopolit	II-14
2.3.4. Fungsi Perkerasan	II-14
2.4. Pembebanan Pada Perkerasan	II-16
2.5. Bahan Penyusun Perkerasan	II-18
2.7.1. Agregat	II-18
2.7.2. Bahan Pengisi	II-29
2.7.3. Aspal	II-31
2.6. Aspal Minyak	II-44
2.8.1. Aspal Dingin/Cair (Cut Back Asphalt)	II-44
2.8.2. Aspal Emulsi (Emulsion Asphalt)	II-45
2.7. Aspal Beton	II-46
2.7.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-48

2.7.2. Jenis-jenis Aspal Beton	II-57
2.8. Asbuton	II-53
2.8.1. Karakteristi Aspal Buton	II-54
2.8.2. Jenis-jenis Aspal Buton	II-57
2.9. Campuran Aspal Panas	II-58
2.10. Gradasi	II-60
2.11. Plastik	II-63
2.11.1 Jenis-jenis Plastik	II-64
2.11.2 Limbah Plastik	II-67
2.11.3 Plastik dan Perkerasan	II-67
2.12. Marshall Test	II-68
1.12.1 Stabilitas	II-69
1.12.2 Kelelahan	II-70
1.12.3 Kepadatan	II-71
1.12.4 VIM (Void In The Mix)	II-72
1.12.5 VFA (Void Filled With Asphalt)	II-73
1.12.6 VMA (Void In Material Agregat)	II-75
1.12.7 Marshall Quotient (MQ)	II-76
2.13. Penelitian Terdahulu	II-77
BAB II METODE PENELITIAN	III-1
3.1. Bagan Alir 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
3.5.1.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	III-3
3.5.2.	Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus	III-5
3.5.3.	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	III-7
3.5.4.	Pemeriksaan Abrasi	III-10
3.5.5.	Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	III-12
3.6.	Periksaan Aspal	III-14
3.6.1.	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	III-14
3.6.2.	Pemeriksaan Daktalitas	III-14
3.6.3.	Pemeriksaan Penetrasi Aspal	III-19
3.6.4.	Pemeriksaan Viskositas	III-21
3.6.5.	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	III-22
3.6.6.	Pemeriksaan Titik Lembak Aspal	III-23
3.7.	Pemeriksaan Limbah Plastik	III-24
3.8.	Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji	III-25
3.8.1.	Penentuan Jumlah Benda Uji	III-25
3.8.2.	Perencanaan Agregat Gabungan	III-26
3.8.3.	Pembuatan Benda Uji I	III-27
3.9.	Pengetesan Benda Uji I dengan Marshall Test	III-29

3.10. Pembuatan Benda Uji II	III-30
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1. Penyajian Data	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	IV-1
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Minya	IV-4
4.2. Pembuatan Benda Uji Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-7
4.2.1. Perkiraan kadar Aspal Optimum Rencana (PB)	IV-7
4.2.2. Penentuan Berat Agregat dan Aspal dalam Campuran	IV-8
4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran	IV-9
4.3. Data uji Marshall Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum	IV-10
4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Penambahan Limbah Plastik pada Perendaman Berulang	IV-17
4.4.1. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Tamabahan Plastik	IV-17
4.4.2. Data hasil Uji dengan Alat Marshall yang Diperoleh dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum	IV-19
4.4.3. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik 5 % pada Campuran Aspal Beton AC-WC	IV-22
4.4.4. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik 10 % pada Campuran Aspal Beton AC-WC	IV-31

4.4.5. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik 15 % pada Campuran Aspal Beton AC-WC	IV-38
4.4.6. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik 20 % pada Campuran Aspal Beton AC-WC	IV-45
4.4.7. Perhitungan Berat Agregat dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum dengan Bahan Tambah Limbah Plastik	IV-53
4.4.8. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 0 Hari	IV-55
4.4.9. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 7 Hari	IV-62
4.4.10. Analisa Hasil Pengujian dengan Penambahan Limbah Plastik pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 14 Hari	IV-70
4.5. Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS	IV-79
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 TABEL

Tabel 4.1. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat (AASHTO T.11/27)	IV-1
Tabel 4.2. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	IV-2
Tabel 4.3. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu	IV-3
Tabel 4.4. Hasil Pemeriksaan Aspal Penetrasi 60/70	IV-4
Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC	IV-6
Tabel 4.6. Komposisi Campuran AC-WC	IV-8
Tabel 4.7. Berat Aspal dan Agregat pada Campuran Aspal panas AC-WC Standar	IV-9
Tabel 4.8. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	IV-9
Tabel 4.9. Komposisi campuran dengan bahan tambah plastik 5 %	IV-18
Tabel 4.10. Komposisi campuran dengan bahan tambah Plastik 10 %	IV-18
Tabel 4.11. Komposisi campuran dengan bahan tambah Plastik 15 %	IV-18
Tabel 4.12. Komposisi Campuran dengan bahan tambah Plastik 20 %	IV-19
Tabel 4.13. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C	IV-20

Tabel 4.14.	Hasil Uji Marshall KAO menggunakan limbah plastik 5 % dengan perendaman berulang kemudian di rendam selam 30 menit pada suhu 60°C.....	IV-21
Tabel 4.15.	Hasil Uji Marshall KAO menggunakan limbah plastik 10 % dengan perendaman berulang kemudian di rendam selam 30 menit pada suhu 60°C.....	IV-21
Tabel 4.16.	Hasil Uji Marshall KAO menggunakan limbah plastik 15 % dengan perendaman berulang kemudian di rendam selam 30 menit pada suhu 60°C	IV-21
Tabel 4.17.	Hasil Uji Marshall KAO menggunakan limbah plastik 20 % dengan perendaman berulang kemudian di rendam selam 30 menit pada suhu 60°C.....	IV-22
Tabel 4.18.	Komposisi campuran penambahan limbah plastik Perendaman 0 Hari	IV-53
Tabel 4.19.	Komposisi campuran penambahan limbah plastik Perendaman 7 Hari	IV-54
Tabel 4.20.	Komposisi campuran penambahan limbah plastik Perendaman 14 Hari	IV-54
Tabel 4.21.	Hubungan KAO dengan Persentase Nilai IKS beton aspal AC-WC	IV-79

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 4.1. Grafik gradasi penggabungan agregat AC-WC IV-1
- Gambar 4.1. Grafik kepadatan hasil uji Marshall untuk pentuan KAO IV-12
- Gambar 4.3. Diagram penentuan Kadar Aspal Optimum IV-15
- Gambar 4.4. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-23
- Gambar 4.5. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-24
- Gambar 4.6. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap nilai flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-25
- Gambar 4.7. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C IV-26
- Gambar 4.8. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum

dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-27

Gambar 4.9. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 %
terhadap nilai VFB pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-29

Gambar 4.10. Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 %
terhadap nilai VMA pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-30

Gambar 4.11. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 %
terhadap nilai Kepadatan pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-31

Gambar 4.12. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 %
terhadap nilai Kepadatan pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-31

Gambar 4.13. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 %
terhadap nilai Flow pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-33

Gambar 4.14. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-34
Gambar 4.15. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-35
Gambar 4.16. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % terhadap nilai VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-36
Gambar 4.17. Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % terhadap nilai VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-37
Gambar 4.18. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 % terhadap nilai Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-38
Gambar 4.19. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 % terhadap nilai Stabilitas pada kondisi kadar aspal	

optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-39

Gambar 4.20. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 %
terhadap nilai Flow pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-40

Gambar 4.21. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 %
terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum
dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-41

Gambar 4.22. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 %
terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum
dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-42

Gambar 4.23. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 %
terhadap nilai VFB pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-43

Gambar 4.24. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 %
terhadap nilai VMA pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-44

Gambar 4.25. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai Kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-45
Gambar 4.26. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-46
Gambar 4.27. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai Flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-48
Gambar 4.28. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-49
Gambar 4.29. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-50
Gambar 4.30. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap nilai FVB pada kondisi kadar aspal	

optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-51

Gambar 4.31. Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 %
terhadap nilai VMA pada kondisi kadar aspal
optimum dengan waktu perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-52

Gambar 4.32. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari
terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal
optimum dengan dengan perendaman 30 menit
dengan suhu 60°C IV-55

Gambar 4.33. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari
terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-56

Gambar 4.34. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari
terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-57

Gambar 4.35. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari
terhadap MQ pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-58

Gambar 4.36. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-59
Gambar 4.37. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-60
Gambar 4.38. Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-61
Gambar 4.39. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-62
Gambar 4.40. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-63
Gambar 4.41. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum	

dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-64

Gambar 4.42. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari
terhadap MQ pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-65

Gambar 4.43. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari
terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-66

Gambar 4.44. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari
terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-68

Gambar 4.45. Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari
terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-69

Gambar 4.46. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari
terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum
dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu
60°C IV-71

Gambar 4.47. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-72
Gambar 4.48. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-73
Gambar 4.49. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-74
Gambar 4.50. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-75
Gambar 4.51. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-76
Gambar 4.51. Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan dengan perendaman 30 menit dengan suhu 60°C	IV-78

DAFTAR NOTASI

AASTHO = *American Association Of State Highway and Transportation*

Officials

AC = *Asphalt Concrete*

AC - BC = *Asphalt Concrete Binder Course*

AC - Base = *Asphalt Concrete Base*

AC - WC = *Asphalt Concrete Wearing Course*

ASBUTON = *Aspal Batu Buton*

ASTM = *American Society For Testing and Materials*

Ba = *Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh di dalam Air*

BFT = *Bitumen Film Thickness*

Bj = *Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh*

Bk = *Berat Benda Uji Kering Oven*

cP = *Centipoise*

DMF = *Design Mix Formula*

EVA = *Ethylene Vinyl Acetate*

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 = *Hot Rolled Sheet*

HRS - Base	= <i>Hot Rolled Sheet Base</i>
HRS - WC	= <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i>
HRSS	= <i>Hot Roled sand Sheet</i>
HSMA	= <i>High Stiffnes Modulus Asphalt</i>
JMF	= <i>Job Mix Formula</i>
KAO	= <i>Kadar Aspal Optimum</i>
LATASTON	= <i>Lapisan Tipis AspalBeton</i>
LATASIR	= <i>Lapisan Tipis Aspal Pasir</i>
LASTON	= <i>LapisanAspalBeton</i>
LPA	= <i>Lapis Pondasi Atas</i>
LPB	= <i>Lapis Pondasi Bawah</i>
LTD	= <i>Lapis Tanah Dasar</i>
MC	= <i>Medium Curing Cut Back</i>
MPBJ	= <i>Manual Pemeriksaan Bahan Jalan</i>
MQ	= <i>Marshall Quetiont(kg / mm)</i>
Pa.s	= <i>Pascal sekon</i>
Pb	= <i>Perkiraan Bitumen</i>
Pba	= <i>PenyerapanAspal</i>
Pen 60/70	= <i>Penetrasi 60/70</i>
PET	= <i>Polyethylene Terephthalate</i>
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>Voids In Mixed (%)</i>
VMA	= <i>Voids In Mineral Agregates (%)</i>
"	= Ukuran Saringan Dalam Inchi

BOSOWA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era globalisasi, penggunaan plastik kemasan air minum tidak bisa lepas dalam kehidupan sehari-hari. Jumlah konsumsi plastik kemasan air minum terus meningkat di setiap tahunnya. Hal ini dikarenakan sifat plastik kemasan air minum yang ringan tetapi kuat, tahan air, harganya relatif murah dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat. Namun, limbah plastik kemasan air minum yang semakin menumpuk belum dimanfaatkan sebaik mungkin, sehingga berdampak terhadap pencemaran lingkungan karena dibutuhkan waktu yang sangat lama yaitu 50-100 tahun untuk terurai. Selain dari pada itu, jumlah kendaraan, desain kendaraan, kapasitas berat kendaraan, dan kendaraan besar yang semakin meningkat setiap tahunnya juga merupakan dampak dari era globalisasi. Semakin banyak kendaraan yang melintasi jalan seharusnya pelayanan jalan semakin di tingkatkan.

Pemanfaatan limbah plastik kemasan air minum dapat dilakukan dengan menggunakannya sebagai substitusi pada campuran aspal beton lapis pengikat (AC-WC). Hal ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas aspal beton terhadap karakteristik dan memenuhi syarat teknis untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Selain itu pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan tambah campuran aspal bisa mengurangi limbah plastik dan mengurangi jumlah impor aspal. Pada penelitian ini

yang ditinjau adalah Pengaruh Penggunaan Aspal Minyak Ditambahkan Plastik Kemasan Air Minum Terhadap Karakteristik Laston (AC-WC) Pada Perendaman Berulang. Penelitian ini menggunakan campuran aspal beton lapis pengikat (AC-WC) spesifikasi Bina Marga 2010 yang di uji dengan metode *Marshall* dengan beberapa variasi perbandingan benda uji.

Di Indonesia di kenal dengan dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau, pada saat musim mengakibatkan jalan terendam khususnya jalan beraspal apalagi keadaan cuaca yang sulit diprediksi kadang hujan yang berkali dengan durasi waktu yang tidak bisa di prediksi menyebabkan jalanan aspal terendam berulang.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan limbah plastik pada aspal minyak terhadap karakteristik Laston AC-WC pada perendaman berulang
2. Berapa banyak substitusi limbah plastik agar dapat menambah kualitas campuran aspal

1.3. Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. untuk mengetahui karakteristik Laston AC-WC dengan penggunaan limbah plastik sebagai bahan tambah pada aspal (Bitumen)

2. Untuk menghitung dan menganalisis karakteristik aspal panas dengan penambahan limbah plastik pada perendaman berulang

Manfaat dari penulisan ini adalah untuk wawasan pembaca mengenai pengaruh penggunaan aspal minyak ditambahkan limbah plastik terhadap karakteristik Laston AC-WC pada perendaman berulang

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

Pokok Bahasan dan Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah Laston (AC-WC) *Asphalt Concrete-Waering Course* gradasi halus Spesifikasi Bina Marga 2010.
2. Permasalahan yang diamati adalah Karakteristik Marshall.
3. Plastik yang digunakan adalah kemasan air minum.
4. Aspal yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 60/70
5. Menggunakan plastik jenis PET yang dipotong-potong dengan ukuran tertentu variasi 5,0%, 10,0%, 15,0% dan 20%, dari total aspal.
6. Dilakukan perendaman dengan variasi 0, 7, dan 14 hari.
7. Pengujian material yang dilakukan mengacu pada standar SNI
8. Material yang di gunakan di ambil dari Sungai Jenneberang
9. Pengujian dilakukan dengan Metode Marshall
10. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1.5.1. Bab I Pendahuluan

Berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan

1.5.2. Bab II Tinjauan Pustaka

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

1.5.3. Bab III Metode Penelitian

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data

1.5.4. Bab IV Hasil dan Pembahasan

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

1.5.5. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dan saran mengenai dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Jalan

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.

1.1.1. Sistem jaringan jalan

Sistem jaringan jalan merupakan satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dan dengan memperhatikan keterhubungan antarkawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan perdesaan.

a. Jalan primer

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan sebagai berikut:

1. Menghubungkan secara menerus pusat kegiatan nasional, pusat kegiatan wilayah, pusat kegiatan lokal sampai ke pusat kegiatan lingkungan; dan
2. Menghubungkan antarpusat kegiatan nasional.

b. Jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai ke persil.

1.1.2. Fungsi jalan

Jalan umum menurut fungsinya dikelompokkan kedalam jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan lingkungan.

- a. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
- b. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

- d. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah

1.1.3. Status jalan

Jalan umum menurut statusnya dikelompokkan ke dalam jalan nasional, jalan provinsi, jalan kabupaten, jalan kota, dan jalan desa.

- a. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional, serta jalan tol.
- b. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.
- c. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
- d. Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan

pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

e. Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antarpermukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

1.1.4. Kelas jalan

Pengaturan kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan dikelompokkan atas bebas hambatan, jalan raya, jalan sedang, dan jalan kecil. Menurut berat kendaraan yang lewat, jalan raya terdiri atas: 1. Jalan Kelas I 2. Jalan Kelas IIA. 3. Jalan Kelas IIB. 4. Jalan Kelas IIC. 5. Jalan Kelas III.

Tebal perkerasan jalan itu ditentukan sesuai dengan kelas jalan. Makin berat kendaraan-kendaraan yang melalui suatu jalan, makin berat pula syarat-syarat yang ditentukan untuk pembuatan jalan itu.

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya tak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas ini merupakan jalan-jalan raya yang berjalur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan pelayanan terhadap lalu lintas.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini,

selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : IIA, IIB dan IIC.

c. Kelas IIA

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis aspal beton (hot mix) atau yang setaraf, di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tetapi, tanpa kendaraan tanpa kendaraan yang tak bermotor. Untuk lalu lintas lambat, harus disediakan jalur tersendiri.

d. Kelas IIB

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat, tetapi tanpa kendaraan yang tak bermotor.

e. Kelas IIC

Adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari jenis penetrasi tunggal di mana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dari kendaraan tak bermotor.

f. Kelas III

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelaburan dengan aspal.

1.2. Struktur jalan

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan

perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan pondasi atas (*base course*)
3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

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

1.2.1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Berupa lapisan aus dan lapisan antara dari campuran beraspal

- a. Lapis aus permukaan (*wearing course*) berfungsi :
 - 1) Menyelimuti perkerasan dari pengaruh air
 - 2) Menyediakan permukaan yang halus
 - 3) Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kasar, rata sehingga aman dan nyaman untuk dilalui pengguna.
 - 4) Menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya
- b. Lapis permukaan antara (*binder course*) berfungsi :
 - 1) Mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas dan meneruskannya ke lapis di bawahnya, harus mempunyai

ketebalan dan kekakuan cukup.

- 2) Mempunyai kekuatan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas

1.2.2. Lapis pondasi atas (*Base course*)

Dapat berupa granular agregat serta berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- a) Mendukung beban pada lapis permukaan
- b) Mengurangi tegangan/ regangan dan meneruskan/ mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya
- c) Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

1.2.3. Lapis pondasi bawah (*Subbase course*)

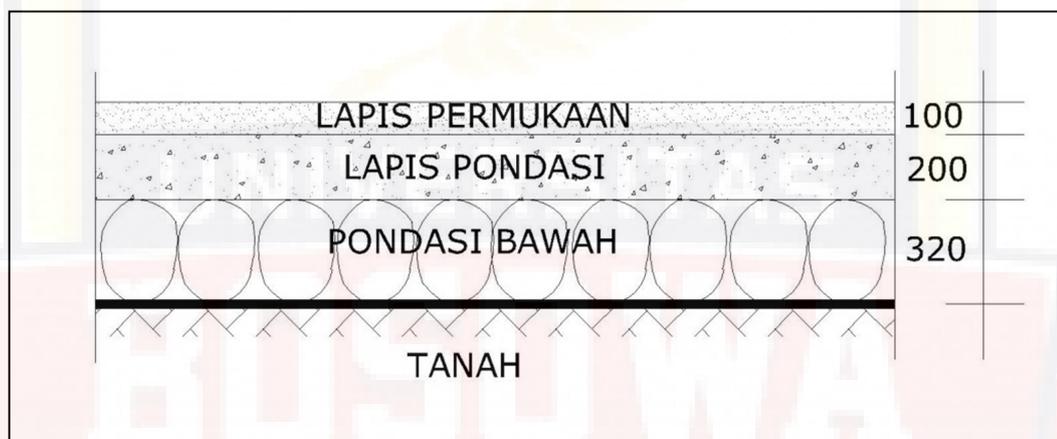
Dapat berupa granular agregat dan berpengikat baik aspal maupun semen, mempunyai fungsi :

- a) Sebagai lantai kerja untuk pelaksanaan lapisan pondasi
- b) Menyebarkan beban di atasnya
- c) Sebagai lapisan perata
- d) Mengalihkan infiltrasi air (drainase) dari lapisan pondasi
- e) Sebagai lapisan separator yang mencegah butiran halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi
- f) Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.

1.2.4. Tanah dasar (*Subgrade*)

Dapat berupa tanah asli, timbunan, galian atau hasil stabilisasi mempunyai fungsi:

- a) Mempersiapkan lapisan di atasnya
- b) Mendukung beban perkerasan dan beban yang akan melalui perkerasan



Gambar 2. 1 Struktur jalan

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

1.3. Perkerasan jalan

Perkerasan jalan adalah segala jenis material konstruksi yang di hampar dan dipadatkan diatas tanah dasar. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan

kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013).

Agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan, dimana hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni:

1. Daya dukung tanah dasar,
2. Beban lalu lintas,
3. Keadaan lingkungan,
4. Masa pelayanan atau umur rencana
5. Karakteristik material pembentuk perkerasan jalan disekitar lokasi,
6. Pengawasan pelaksanaan pekerjaan sesuai prosedur pengawasan yang ada,
7. 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 menjadi 2 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 berlu bang.
- 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.

Berikut ini merupakan perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur yang dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini :

Tabel 2.1 Perbedaan anatara 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 : Sukirman, S., (1992)

Tabel 2. 2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
1.	Kebanyakan digunakan hanya pada jalan kelas tinggi, serta	Dapat digunakan untuk semua tingkat
2.	Job mix lebih mudah dikendalikan kualitasnya. Modulus Elastisitas antara lapis	Kendali kualitas untuk job mix lebih rumit. (-)
3.	Dapat lebih bertahan terhadap kondisi	Sulit bertahan terhadap kondisi drainase
4.	Umur rencana dapat mencapai 20 tahun.	Umur rencana relative pendek 5 – 10
5.	Jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat. (-)	Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lain, kecuali jika perkerasan

No	Perkerasan kaku	Perkerasan Lentur
6.	Indeks pelayanan tetap baik hampir selama umur rencana, terutama jika transverse joint dikerjakan dan dipelihara dengan baik. (+)	Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya. (-)
7.	Pada umumnya biaya awal konstruksi tinggi. Tetapi biaya awal hampir sama untuk jenis	Pada umumnya biaya awal konstruksi rendah, terutama untuk jalan lokal dengan
8.	Biaya pemeliharaan relatif tidak ada. (+)	Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan, mencapai lebih kurang dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku. (-)
9.	Agak sulit untuk menetapkan saat yang tepat untuk melakukan pelapisan ulang. (-)	Pelapisan ulang dapat dilaksanakan pada semua tingkat ketebalan perkerasan yang diperlukan, dan lebih mudah
10.	Kekuatan konstruksi perkerasan kaku lebih ditentukan oleh kekuatan pelat beton sendiri (tanah dasar tidak begitu menentukan). (+)	Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar. (-)
11.	Tebal konstruksi perkerasan kaku adalah tebal pelat beton tidak termasuk pondasi. (-)	Tebal konstruksi perkerasan lentur adalah tebal seluruh lapisan yang ada diatas tanah dasar. (+)
12.	Bila dibebani praktis tdk melentur (kecil). (-)	Bila dibebani melentur. Beban hilang, lenturan kembali. (+)

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

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

1.3.1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing*) dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapisan penutup (*surface*). Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.

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

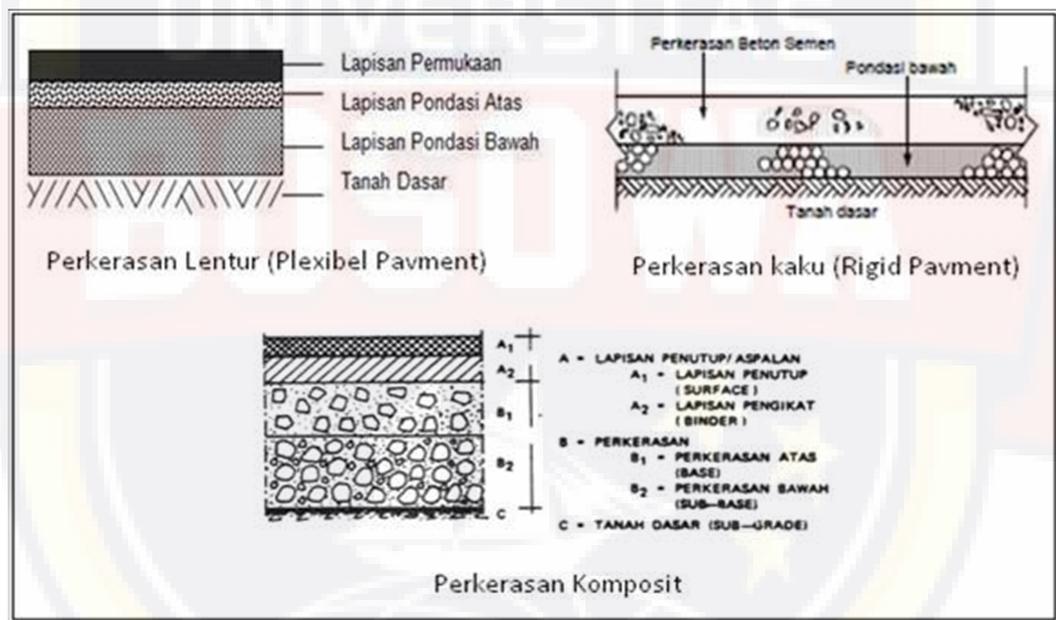
1.3.2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis

atau tidak. ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton B-0 (*blinding concrete/beton lantai kerja*), lapisan pelat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak. (Didik Purwadi, 2008).

1.3.3. Perkerasan komposit

Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2. 2 Struktur perkerasan jalan

(Sumber : <http://google.gambar.perkerasan.jalan.co.id>)

1.3.4. Fungsi perkerasan

Adapun fungsi dari lapis perkerasan yaitu :

1. Lapis permukaan adalah lapisan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan konstruksi jalan dan berfungsi sebagai:

- a. Lapisan perkerasan yang ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).
- b. Lapisan kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- c. Lapisan perkerasan menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- d. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *Base Course*

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*

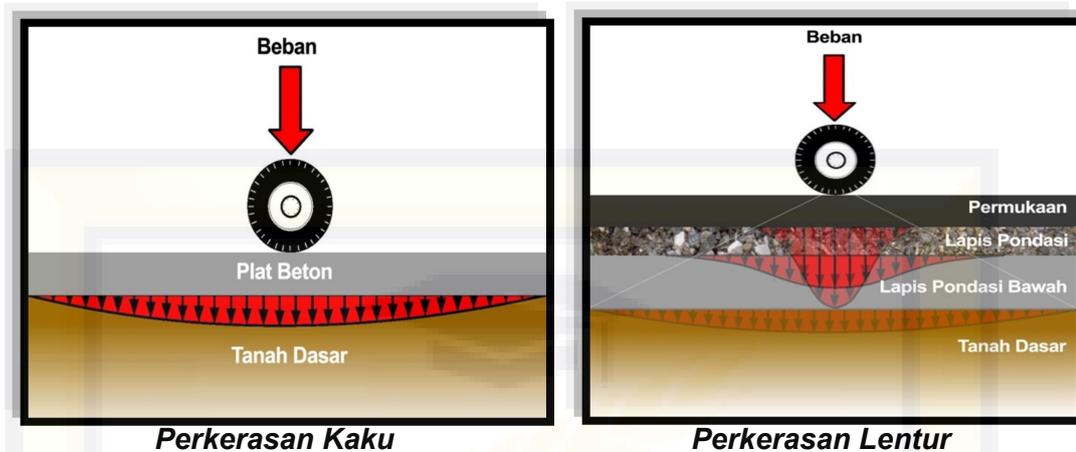
Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan

tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

1.4. Pembebanan pada perkerasan

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 2.3 berikut ini.



Gambar 2. 3 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 kepermukaan-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.

1.5. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan lapis perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran aspal yang *solid* dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya. Pada pekerjaan diperlukan bahan-bahan penyusun antara lain sebagai berikut :

1.5.1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan batu-batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95 % agregat. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya pada konstruksi perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian

besar olek karakteristik agregat yang digunakan. Dengan pemilihan agregat yang tepat dapat memenuhi syarat, akan sangat menentukan keberhasilan pembangunan jalan.

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 American 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-minerallainnya, 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

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas 2 (dua) fraksi, yaitu :

a. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai permukaan tekstur yang kasardan tidak bulat agar dapat dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik yang baik dengan material yang lain. Tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan lebih permeabel. Hal ini menyebabkan rongga udara meningkat dan menurunnya daya lekat bitumen, maka terjadi pengelupasan aspal dari batuan.

Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratanya yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, sepeeti tertera pada Tabel Dibawah :

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 33407:2008	Maks. 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Maks. 95%
Angularitas (kedalam dari permukaan < 10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 1
Angularitas (kedalam dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75 1
Partikel pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142 1996	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2 (1a)

Tabel 2. 4 Spesifikasi Gradasi Agregat Kasar

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
$\frac{3}{4}$	19	100
$\frac{1}{2}$	12,5	30 – 100
$\frac{3}{8}$	8,5	0 – 55
No. 4	4,7	0 – 100
No.8	2,36	0 – 1

Sumber : Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/1999

b. Agregat Halus

Agregat halus pasir alam merupakan hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran. Selain itu agregat halus juga mengisi ruang antara butir Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.5 dan tabel 2.6 di bawah :

Tabel 2. 5 Spesifikasi Gradasi Agregat Halus

UKURAN SARINGAN		PERSEN LOLOS
INCHI	MM	
3/8	9,5	100
No.4	4,75	90 – 100
No.8	2,36	8 – 100
No.30	0,06	25 – 100
No.200	0,075	3 – 11

Sumber : Petunjuk Teknik No. 023/T/BT/1999

Tabel 2. 6 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SSHRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalam dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau	Min. 45
Angularitas(kedalan dari permukaan 10 cm)	ASTM C1252-93	Min. 40

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.(2a)

1.5.1.1. Klafifikasi Agregat Berdasarkan Kejadiannya

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 :

1. Batuan beku dalam
2. 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 batuanannya.

1.5.1.2. Klafifikasi Agregat Berdasarkan Asalnya

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 megurangi 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*).

1.5.1.3. 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, 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 alamiah atau 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. 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.

c. 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 pekerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas paling besar.

d. 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.

e. 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.

f. 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 denganyang 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.

g. 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.

1.5.2. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) campuran, namun demikian jumlah filler harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan. Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Fungsi filler dalam campuran adalah :

1. Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.

2. *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.

3. Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

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%.

Tabel 2. 7 Ukuran Gradasi Filler

Ukuran saringan	Filler % Lolos
No.30 (0,59 mm)	100
No.50 (0,279 mm)	95-100
No.100 (0,149 mm)	90-100
No.200 (0,074 mm)	70-100

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

Tabel 2. 8 Ketentuan Filler

NO.	KARAKTERISTIK	METODE PENGUJIAN	PERSYARATAN
1.	Berat jenis	AASHTO T-85 – 81	-
2.	Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	MIN 70 %

(Sumber: Petunjuk Pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983 hal 2)

1.5.3. Aspal

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous.

Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras.

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti Asphaltene, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. (*The Blue Book—Building & Construction*, 2009) Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis.

Aspal merupakan bahan pengikat yang digunakan pada perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapis perkerasan yang baik yaitu dengan menambahkan plastik kemasan air minum. Dengan penambahan plastik kemasan air minum diharapkan dapat menambah kekuatan dan umur rencana suatu campuran beraspal.

1.5.3.1. Sifat fisik aspal

Sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap suhu, pengerasan dan penuaan.

a) Daya Tahan (Durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal di lapangan. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang terjadi baik pada saat pencampuran, pengangkutan dan penghamparan campuran beraspal di lapangan.

Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal menjadi daktilitas rendah atau dengan kata lain aspal telah mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan ini disebut durabilitas aspal, aspal dengan durabilitas yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja baik pula.

b) Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap ditempatnya setelah terjadi pengikatan. Sifat adhesi dan kohesi sangat

penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran.

c) Kepekaan Aspal Terhadap Suhu

Aspal adalah material yang bersifat termoplastik, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika suhu rendah dan akan lunak atau lebih cair jika suhu tinggi. Hal ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan suhu. Kepekaan terhadap suhu dari setiap hasil produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut memiliki jenis yang sama.

1.5.3.2. 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 melalui daya larut aspal didalam aspal belerang (sulfuric acid) terdapat 2 komponen fraksional aspal berdasarkan daya reaksi kimiawinya didalam asam sulfuric acid, yaitu:

a. Asphalten

Asphalten adalah unsur kimia aspal yang padat yang tidak larut dalam n-penten. Asphalten berwarna coklat 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. Besar kecilnya kandungan asphalten dalam aspal sangat mempengaruhi sifat rheologi aspal tersebut.

b. 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.

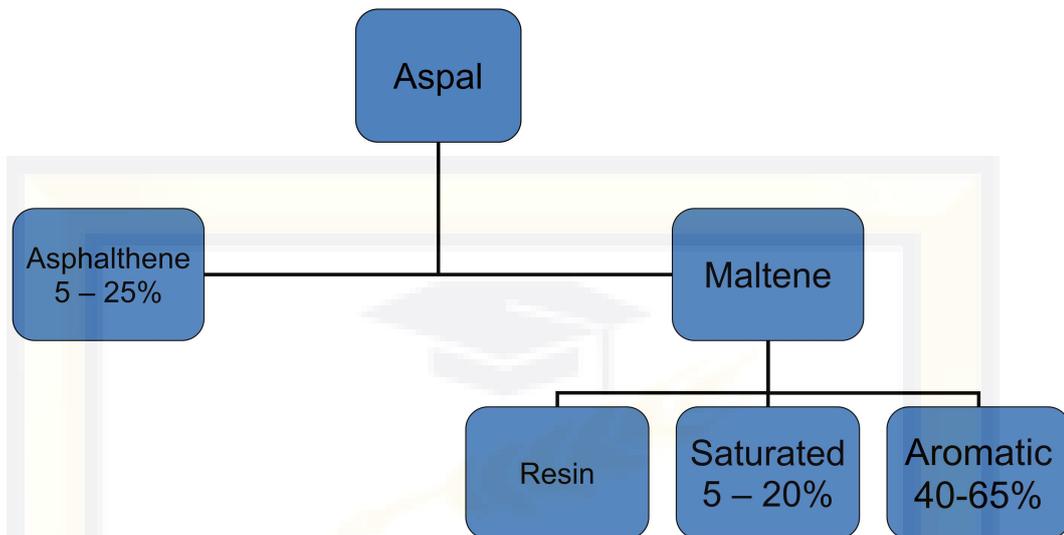
b) Aromatik

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. 4 Kandungan kimia dari aspal

1.5.3.3. Tes standar bahan aspal

Aspal merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa di laboratorium dan aspal yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan dapat digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur.

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 80-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Di Indonesia, aspal yang umum digunakan untuk perkerasan jalan adalah aspal pen 60/70 dan aspal pen 80/100.

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 30oC sampai 200oC dengan cara ring dan ball. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu. Adapun hasil yang dilaporkan adalah temperatur setiap bola menyentuh pela dasar.

c. Titik Nyala

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 keelastisitas 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. Pendapat lain mengatakan bahwa tes dakilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan kohesi aspal, bila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak punya kelenturan cukup dan akan cenderung putus dan retak.

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 di atas 1,0 gram/cc, kalau terlalu ringan berarti bahan aspal tersebut kekurangan asphaltene dan terlalu banyak minyak ringan yang mudah menguap dan kehilangan daya lengketnya.

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).

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat yang penting, yaitu : kepekatan (consistency), ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan dapat dilihat pada tabel 2.9 berikut

Tabel 2. 9 Pengujian Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (dmm)	SNI 06-2456-9291	60-70
2	Viskositas 135° C (Cst)	SNI 06-6441-2000	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	>48
4	Indeks Penetrasi	-	> -1,0
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 06-2432-1991	>100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
7	Larutan dlm Toluene (%)	ASTM D5546	>99
8	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	>1,0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 6.1	-
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	<0.82
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	>54
12	Indeks Penetrasi 4	-	>-1.0
13	Keelastisan setelah pangembalian (%)	AASHTO T 301-98	-
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	>100
15	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm)(%)	-	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2010

Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal.

1.5.3.4. Fungsi aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- c. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
- d. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari 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%

1.5.3.5. Jenis-jenis aspal

Berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal buatan dan aspal alam :

a. Aspal buatan

Aspal buatan adalah buatan dalam negeri hanya dihasilkan dikilang Refinery Unit IV Cilacap (Jawa Tengah), aspal pertamina digunakan diberbagai proyek diindonesia untuk pembuatan jalan dan landasan pesawat yang berfungsi sebagai perekat bahan pengisi dan bahan kedap air cocok untuk iklim tropis

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.

b. 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 lelehnya sangat tinggi. Karena aspal ini sangat keras, dalam pemakaiannya 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 pemakaiannya, 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.

Akibatnya tingkat keamanan dan kenyamanan berkendara berkurang karena kondisi bentuk dan hasil pemeliharaan rutin maupun peningkatan jalan tidak memenuhi spesifikasi yang isyaratkan. Oleh sebab itu dilakukan evaluasi dengan cara mengontrol kualitas perkerasan konstruksi pada spesifikasi yang ditetapkan pada pekerjaan jalan. Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 2.9..

Dibawah

Tabel 2. 10 Spesifikasi aspal keras pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik;	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Indeks Penetrasi	-	≥- 1,0
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
8	Berat yang Hilang	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal
Tabel 6.3.2.5

1.6. Aspal minyak

Aspal minyak dengan berbahan dasar aspal dapat dibedakan atas Aspal Keras/Panas (*Asphalt Cement, AC*) dan Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*)

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.

1.6.1. 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 asphalt* yang paling mudah menguap.

b) *MC (Medium Curing cut back)*

Merupakan aspal yang dilarutkan dengan bahan pencair minyak tanah.

c) *SC (slow Curing cut back)*

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

1.6.2. Aspal Emulsi (Emulsion Asphalt)

Aspal emulsi dihasilkan dari proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan ke dalam air yang mengandung emulsifier (emulgator). Partikel aspal yang terdispersi berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran koloid. Jenis emulsifier 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 :

- 1) Kationik (emulsi asam), merupakan aspal emulsi bermuatan listrik positif.
- 2) Anionik (emulsi alkali), merupakan aspal emulsi bermuatan listrik negatif.
- 3) 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

1.7. Aspal Beton (*Laston*)

Lapis aspal beton (*Laston*) adalah suatu lapis pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 1999). Menurut Bina Marga Departement Pekerjaan Umum, *laston* terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan pada suhu tertentu. Yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran yang merata dari ukuran yang terbesar samapai ukuran yang terkecil.

Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (*bitumen*) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran campuran beraspal Departement Pekerjaan Umum 2010, *Laston* (AC) terdiri dari tiga macam campuran, *Laston* Lapisan Aus (AC-WC), *Laston* Lapis Pengikat (AC-BC), dan *Laston* Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC-WC adalah ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Departement Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama

dengan Bina Marga, hal itu dikarenakan menjadi acuan dalam penelitian ini, yaitu seperti tertera dalam Tabel Dibawah ini :

Tabel 2. 11 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Lapis aspal beton (Laston)		
		Lapis Aus	Lapis Pengikat	Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	5,1	4,3	4,0
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	14	15	13
Rongga terisi Aspal (VFA) (%)	Max	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
	Max	-		-
Pelelehan (mm)	Min	3		4,5
Marshall Quotien (kg/mm)	Max	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah	Min	90		
Perendaman selama 24 jam, 60° C				
Rongga dalam campuran (%) pada	Min	2,5		

Sumber : Spesifikasi Umum Binamarga 2010 Divisi 6 Perkerasan aspal tabel 6.3.3. (1c)

1.7.1. Karakteristik Campuran Aspal Beton

Pada dasarnya lapisan perkerasan aspal beton sangat dipengaruhi oleh material pembentuknya. Hal ini akan menentukan karakteristik dari lapisan perkerasan tersebut. Adapun karakteristik dari lapisan aspal beton adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti bergelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi, sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan interna dan kohesi.

2. Keawetan atau Durabilitas

Durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repitisi beban lalu lintas seperti beban lalu lintas sebagai berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal beton dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Kelenturan adalah kemampuan aspal beton untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi akibat dari repitisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibel dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repitisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat terjadi jika mempergunakan aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan.

6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan

film/selimum aspal dari permukaan agregat.jumlah pori yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan air campuran.

7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat.

1.7.2. Jenis-jenis Aspal Beton

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentukan aspal beton, dan fungsi aspal beton. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton campuran panas (*Hot Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140° c.
2. Aspal beton campuran sedang (*Warm Mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60° c.
3. Aspal beton campuran dingin (*Cold mix*), adalah aspal beton yang material pembentukannya dicampur pada suhu sekitar 25° c.

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat dibedakan atas :

1. Aspal beton untuk lapisan aus (*Wearing Course*), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan.
2. Aspal beton untuk lapisan pondasi (*Binder Course*), adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Aspal beton untuk pembentukan dan perata lapisan lapisan aspal beton yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan sering kali tidak lagi berbentuk crown.

Jenis aspal beton campuran panas yang ada di indonesia saat ini adalah ;

1. Laston (*Lapisan aspal beton*), adalah aspal beton bergradasi menerus dan umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (*Aspal Concrete*). Karakteristik aspal beton yang terpenting adalah stabilitas. Tebal nominal minimum laston 4-6 cm (spesifikasi 2002). Sesuai fungsinya laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:
 - a. Laston sebagai lapis aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*). Tebal nominal - minimum AC – WC adalah 4 cm.
 - b. Laston sebagai lapis pengikat, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete Base Course*). Tebal nominal - minimum AC–

BC adalah 5 cm.

c. Lapisan sebagai lapisan pondasi, dikenal sebagai nama AC-Base (Asphalt Concrete Base). Tebal nominal AC-Base adalah 6 cm

2. Lataston (*Lapisan tipis aspal beton*) adalah aspal beton bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas, dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS - WC (*Hot Rolled Sheet Wearing Coarse*). Tebal minimum HRS - WC adalah 3 cm.

b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet Base*). Tebal minimum HRS - Base adalah 3,5 cm.

3. Latasir (*Lapisan Tipis Aspal Pasir*), adalah aspal beton untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Latasir biasa pula disebut sebagai SS (*Sand Sheet*) atau HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*).

4. Lapisan perata adalah aspal beton yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran aspal beton dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan campuran untuk lapisan perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran aspal beton tersebut ditambahkan

Huruf L (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran AC - WC (L), AC - BC (L), HRS- WC(L), dan seterusnya.

1.8. Asbuton (Aspal Buton)

Aspal batu buton atau biasa disebut asbuton ditemukan tahun 1924 di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton mulai digunakan dalam pengaspalan jalan sejak tahun 1926. Berdasarkan data yang ada, asbuton memiliki deposit sekitar 677 juta ton atau setara dengan 170 juta ton aspal minyak. Asbuton merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia.

Terdapat dua jenis unsur utama dalam Asbuton, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Pemanfaatan unsur ini dalam pekerjaan pengaspalan akan mempengaruhi kinerja perkerasan aspal yang direncanakan. Terjadi pasang surut penggunaan Asbuton seiring dengan kebutuhan akan bahan aspal dan perkembangan teknologi. Asbuton pernah diproduksi mencapai 500.000 ton/tahun. Pada tahun delapan puluhan produksi Asbuton mengalami titik nadir. Sedangkan pada periode sembilan puluhan, Asbuton yang dihasilkan tidak optimal akibat kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh penggunaan teknologi yang tidak tepat. Namun demikian, sesuai dengan Renstra Departemen Pekerjaan Umum 2005-2009, Asbuton dipatok sebanyak 556.000 ton untuk digunakan pada pemeliharaan jalan nasional. Disamping itu, sekitar 550.000 km jalan-jalan provinsi, kabupaten, dan kota serta jalan lainnya berpotensi untuk menerapkan Asbuton dalam lapisan aspalnya.

1.8.1. Karakteristik aspal buton (Asbuton)

Seperti yang telah diketahui, di dalam Asbuton terdapat dua unsur utama, yaitu Aspal (bitumen) dan Mineral. Dalam pemanfaatannya untuk pekerjaan pengaspalan, kedua unsur tersebut akan sangat dominan mempengaruhi kinerja campuran beraspal yang direncanakan.

Hasil pengujian fisik dan analisis kimia dari mineral dan bitumen asbuton hasil ekstraksi, dari deposit dilkasi kabungka dan Lawele diperlihatkan pada Tabel 2.11 dan Tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Sifat Fisik Aspal Buton dari Kabungka dan Lawele

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
Kadar Aspal, %	20	30,08
Penertasi, 250C, 100 gr, 5 detik, 0,1 mm	4	36
Titik Lembek, 0C	101	59
Daktilitas, 250C, 5cm/menit	< 140	>140
Kelarutan dalam C ₂ HCl ₃ , %	-	99,6
Titik Nyala, 0C	-	198
Berat Jenis	1,046	1,037
Penurunan Berat (TFOT), 1630C, 5 jam	-	0,31
Penetrasi setelah TFOT,% asli	-	94
Titik Lembek setelah TFOT, 0C	-	62
Daktilitas setelah TFOT, cm	-	>140

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga
(Pemanfaatan Asbuton)

Tabel 2. 13 Sifat Kimia Aspal Buton dari Kabungka dan Lawele

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
Nitrogen(N), %	29,04	30,08
Acidafins (A1),%	9,33	6,60
Acidafins (A2),%	12,98	8,43
Parafin (P), %	11,23	8,86
Parameter Maltene	1,50	2,06
Nitrogen/Parafin, N/P	2,41	3,28
Kandungan Asphaltene, %	39,45	46,92

Sumber : *Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga (Pemanfaatan Asbuton)*

Dilihat dari komposisi kimianya, Asbuton dari kedua daerah deposit memiliki senyawa Nitrogen base yang tinggi dan parameter malten yang baik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa asbuton memiliki pelekatan yang baik dengan agregat dan keawetan yang cukup.

Mineral Asbuton didominasi oleh “Globigernesis loimestone” yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad renik binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat sangat halus, relatif keras berkadar kalsium tinggi dan baik sebagai filler pada campuran beraspal. Hasil pengujian analisis kimia mineral Asbuton hasil ekstraksi, dari lokasi Kabungka dan Lawele diperlihatkan pada Tabel 2.14.

Tabel 2. 14 Komposisi Kimia Mineral Aspal Buton dari Kabungka dan Lawele

Senyawa	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
CaCO ₃	86,66	72,90
MgCO ₃	1,43	1,28
CaSO ₄	1,11	1,94
CaS	0,36	0,52
H ₂ O	0,99	2,94
SiO ₂	54,64	17,06
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Bina Marga (Pemanfaatan Asbuton)

1.8.2. Jenis-jenis aspal buton (Asbuton)

Jenis Asbuton yang telah diproduksi secara fabrikasi dan manual dalam tahun-tahun belakangan ini adalah:

a. Asbuton Butir

Jenis Asbuton berdasarkan besar butir dan kadar aspal yang dikandungnya dapat dibedakan seperti tertera pada tabel 2.15.

Tabel 2. 15 Jenis Asbuton Butir yang telah diproduksi

Uraian	Jenis Asbuton/merk produksi						Satuan
	Konv.*)	Halus.*)	Mikro.*)	BRA	BGA	LGA	
Kadar aspal	13-20	20	25	20	20-25	25-40	%
Kadar air	>6	6	2	<2	<2	<2	%
Ukuran butir maks.	12.5	4.75	2.36	1.18	1.18	9	mm
Kemasan	Curah	ktg	ktg	kg	kg	kg	-

b. Asbuton Murni Full Ekstraksi

Asbuton jenis ini merupakan bitumen murni hasil ekstraksi asbuton menggunakan beberapa cara, antara lain dengan bahan pelarut atau cara lain seperti menggunakan teknologi air panas. Asbuton murni hasil ekstraksi dapat digunakan langsung sebagai pengganti aspal keras atau sebagai bahan aditif yang akan memperbaiki karakteristik aspal keras. Mineral asbuton merupakan limbah dari proses ekstraksi. Selain dapat dimanfaatkan sebagai filter dapat juga digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah.

c. Asbuton Pra Campur (*pre-blended*)

Asbuton pra campur (*pre-blended*) merupakan gabungan antara Asbuton butir hasil *refine* Asbuton dengan kadar bitumen 60% sampai 90% dengan aspal minyak pen 60 dalam komposisi tertentu. Asbuton jenis ini dapat dikatakan sebagai aspal minyak yang dimodifikasi, sehingga dalam campuran dapat langsung digunakan untuk dicampur dengan agregat.

1.9. Campuran aspal panas

Aspal Beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (Filler) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu tinggi (panas) dengan komposisi yang diteliti dan diatur oleh spesifikasi teknis.

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 ke lokasi, dihampar, dan dipadatkan. Suhu pencampuran berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145⁰C-155⁰C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka seringkali disebut sebagai *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-BC, 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.

1.10. Gradasi

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2inci, 1½ inci, 1inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No. 200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor

saringan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci persegi. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat halus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workability (mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran.

Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inci persegi dari saringan tersebut. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal dengan gradasi ini bersifat porus atau

memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

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

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

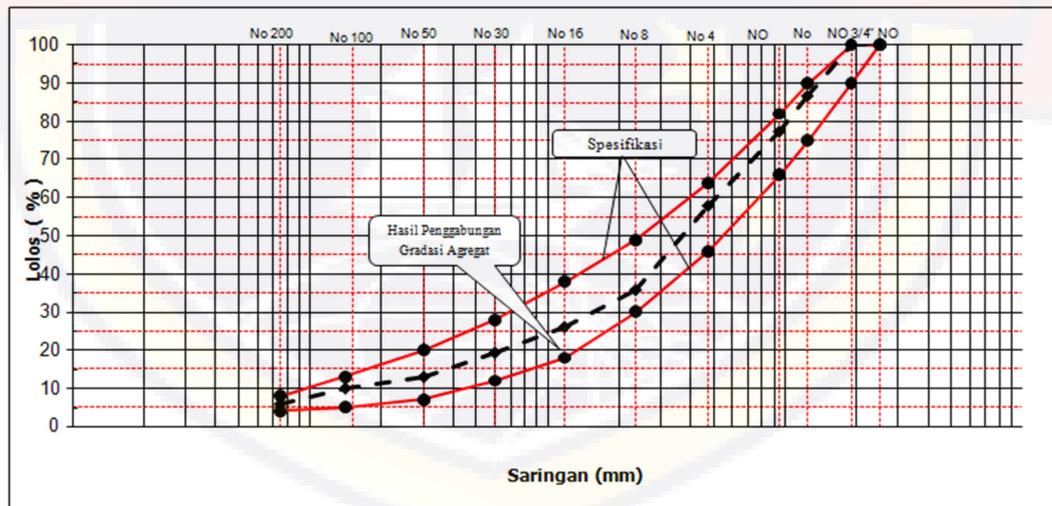
Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Campuran agregat dengan gradasi ini memiliki kualitas peralihan dari kedua gradasi yang disebut di atas.

Bentuk gradasi agregat biasanya digambarkan dalam suatu grafik hubungan antara ukuran saringan dinyatakan pada sumbu horizontal dan persentase agregat yang lolos saringan tertentu dinyatakan pada sumbu vertikal. Gradasi yang ditentukan pada Spesifikasi Bina Marga 2010 dapat dilihat pada Tabel 2. 16. di bawah ini :

Tabel 2. 16 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos LASTON (AC)					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
(Inchi)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 1/2"	37,5	-	-	100	-	-	100
1"	25	-	100	90-100	-	100	90-100
3/4 "	19	100	90-100	73-100	100	90-100	73-90
1/2 "	12,5	90-100	73-90	61-79	90-100	71-90	55-76
3/8 "	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	65-80	45-66
No.4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No.8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No.16	1,18	31,6-30	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No.30	0,6	23,1-40	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No.50	0,3	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9,15,5	7-13,7	5-11,4
No.100	0,15	9-15	4-13	4-6	4-10	5-11	4,5-9
No.200	0,075	4-10	4-8	3-6	3-6	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.3



Gambar 2. 5 Kurva Gradasi Agregat Bergradasi Halus Spesifikasi Bina Marga 2010

1.11. Plastik

Menurut Mujiarto (2005) plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer. Polimer alam yang telah kita kenal antara lain : selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik thermoplast dan plastik thermoset. Plastik thermoplast adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas (dapat didaur ulang). Yang termasuk plastik thermoplast antara lain : PE, PP, PS, ABS, SAN, nylon, PET, BPT, Polyacetal (POM), PC dll. Sedangkan plastik thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi (tidak dapat didaur ulang). Yang termasuk plastik thermoset adalah : PU (Poly Urethane), UF (Urea Formaldehyde), MF (Melamine Formaldehyde), polyester, epoksi dll

Bahan plastik merupakan materi yang terbentuk dari berbagai macam polimer dengan komposisi kimia dan struktur fisik yang berbeda-beda (*Staudinger, 1974*). Polimer-polimer ini adalah senyawa karbon yang berikatan dengan unsur hidrogen, klorin, oksigen, nitrogen dan fluorin. Polimer merupakan gabungan dari beberapa monomer yang akan membentuk rantai yang sangat panjang. Bila rantai tersebut

dikelompokkan bersama-sama dalam suatu pola acak, menyerupai tumpukan jerami yang disebut amorf. Jika rantainya teratur hampir sejajar disebut kristalin dengan sifat yang lebih keras dan tegar (Syarief, dkk., 1989).

1.11.1. Jenis-jenis plastik

Jenis plastik yang utama terdiri dari polimer-polimer berikut (Staudinger, 1974 dan Tchobanoglous, 1993).

1. Thermoplastics

Monomer *thermoplastic* membentuk rantai polimer yang lurus (linear) maka akan terbentuk plastik *thermoplastic* yang mempunyai sifat meleleh pada suhu tertentu, melekat mengikuti perubahan suhu dan sifatnya dapat balik (*reversible*) kepada sifatnya yakni kembali mengeras bila didinginkan. Sifatnya yang dapat berubah bentuk pada perubahan suhu membuat plastik jenis ini dapat didaur ulang (Syarief, dkk., 1989).

Berikut ini jenis-jenis *thermoplastic* (Staudinger, 1974).

a. Polyethylene (PE)

Terbentuk dari karbon dan hidrogen. Tersedia dengan berat jenis 0,91 sampai 0,96 g/cm³. Sifatnya relatif fleksibel sampai relatif kaku. Terdiri dari tiga bentuk yaitu yang berdensitas rendah LDPE (relatif fleksibel) dan berdensitas tinggi HDPE (relatif kaku) serta Polyethylene terephthalate (PET). PE digunakan untuk tas, karung, botol susu, botol pemutih, peralatan rumah tangga, krat, insulasi, tali plastik dan dudukan kabel telepon juga mainan anak-anak.

Menurut Nurminah (2002), plastik yang dapat dicetak atau plastik yang berbeda warna (contohnya biru di luar dan perak di dalam) merupakan plastik kemasan makanan jenis LDPE . Kemasan ini dibentuk dari LDPE baik yang terdiri satu lapisan maupun dua lapisan (*double layers*).

b. Polypropylene (PP)

Seperti PE, akan tetapi bisa lebih kaku dari PE yang paling keras. Biasanya dipakai sebagai kemasan yang sangat transparan untuk makanan, keripik, kudapan, biskuit, krat, furniture (kursi), komponen mobil, dan beberapa jenis karpet.

c. Polysterene (PS)

Terdiri dari karbon dan hidrogen. Berbentuk seperti busa atau keras dengan tingkat transparansi tinggi dan berbunyi seperti logam bila dijatuhkan. Contohnya gelas minum restoran cepat saji, tempat menyimpan telur, kotak disket, toples dan sebagainya.

d. Polyvinyl chloride (PVC)

Dapat dibuat sesuai kebutuhan, mulai dari fleksibel sampai dengan kaku. Biasa digunakan untuk membuat pipa, botol, perekam gramophone, komponen pengolahan air bersih, jas hujan, sol sepatu, insulator kabel dan sebagainya.

e. Lainnya

Thermoplastic jenis ini tidak termasuk dalam jenis *thermoplastic* di atas. Produksi jenis ini lebih sedikit dibandingkan *thermoplastic*

lainnya dan dibuat hanya untuk kebutuhan khusus. Plastik lainnya terdiri dari *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS), *acrylics*, *acetal*, *nylon*, *polycarbonate*, *polytetrafluoro-ethylene* (PTFE) dan *polyester* (Staudinger, 1974). Biasanya terdapat pada mangkuk mixer, pembungkus termos, piring, alat makan, penyaring kopi, dan sikat gigi.

2. Thermosett

Monomer thermosett berbentuk tiga dimensi akibat polimerisasi berantai, akan terbentuk plastik *thermosett* dengan sifat tidak dapat mengikuti perubahan suhu (*irreversible*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel dan asbak, seperti jenis-jenis melamine (Beck, 1970).

Plastik thermoset mengandung resin yang terbuat dari phenol dan formaldehyde (karbon, hidrogen, dan oksigen), urea dan formaldehyde, serta campuran formaldehyde dengan melamine. Biasanya digunakan untuk komponen elektronika, soket dan komponen lain (Staudinger, 1974). Plastik jenis termoset tidak begitu menarik dalam proses daur ulang karena selain sulit penanganannya (tidak bisa dilelehkan) juga volumenya jauh lebih sedikit dari volume jenis plastik yang bersifat *thermoplastic* (Moavenzadeh dan Taylor, 1995).

1.11.2. Limbah Plastik

Limbah plastik yang digunakan adalah botol plastik kemasan air minum dengan merek dan ukuran yang sama.

1.11.3. Plastik dan Perkerasan

Menurut Suroso (2008), pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal ada dua cara yaitu cara basah dan cara kering.

- a. Cara basah (*wet process*) yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan kedalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, *mixer* kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.
- b. Cara kering (*dry process*) yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan kedalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini lebih murah, dikatakan lebih murah karena tidak perlu ada aspal yang harus dikeluarkan dari tangki aspal di AMP (Asphalt Mixing Plant) apabila tangki aspal akan digunakan untuk keperluan pencampuran aspal dengan aspal konvensional. Selain lebih murah, cara kering ini juga lebih mudah karena hanya dengan memasukkan plastik dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (*mixer*). Kekurangan cara ini adalah harus benar-benar

dapat dipertanggung jawabkan kehomogenan dan keseragaman kadar plastik yang dimasukkan/ dicampurkan.

1.12. Marshall Test

Karakteristik campuran aspal dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

1.12.1. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*), dan kadar aspal dalam campuran.

Pemakaian 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.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami rutting, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah etak karena sifat perkerasan menjadi kaku. Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian Marshall. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (1)

di bawah ini :

$$S = p \times q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

q = angka koreksi benda uji

1.12.2. Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau 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 diterima. Deformasi yang terjadi erat

kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas. VIM dan VFA, Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya

Interlocking resistance 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. Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* adalah minimal 3 mm. 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 (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

1.12.3. Kerapatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai density dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti : gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan dan jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan additive dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang dimiliki nilai density yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (friction) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu density juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2) dan (3) di bawah ini :

$$g = c / f \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$f = d - e \quad \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

1.12.4. VIM (Void In The Mix)

VIM (*Void In The Mix*) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat

pourous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (revelling) dan pengelupasan permukaan (stripping) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VIM adalah 3,5% - 5%. Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena pada suhu yang tinggi viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VIM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VIM akan semakin kecil apabila kadar kadar aspal semakin besar. VIM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak

Nilai VIM dihitung dengan rumus (4) – (7) di bawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

1.12.5. VFA (Void Filled With Asphalt)

Void Filled With Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai VFA yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 63%. Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VMA dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$VFA = 100 \times \frac{i}{j} \dots\dots\dots (8)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (5)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (7)$$

$$I = 100 - j \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

1.12.6. VMA (Void In Mineral Agregate)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas, dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan nilai stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

1.12.7. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quotient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan *flow*. Nilai

Marshall Quotient yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* di bawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami washboarding, rutting dan bleeding, sedangkan nilai *Marshall Quotient* yang tinggi mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak. Nilai dari *Marshall Quotient* (MQ) diperoleh dengan rumus (10) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

F = Nilai *flow*

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai- nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

1.13. Penelitian Terdahulu

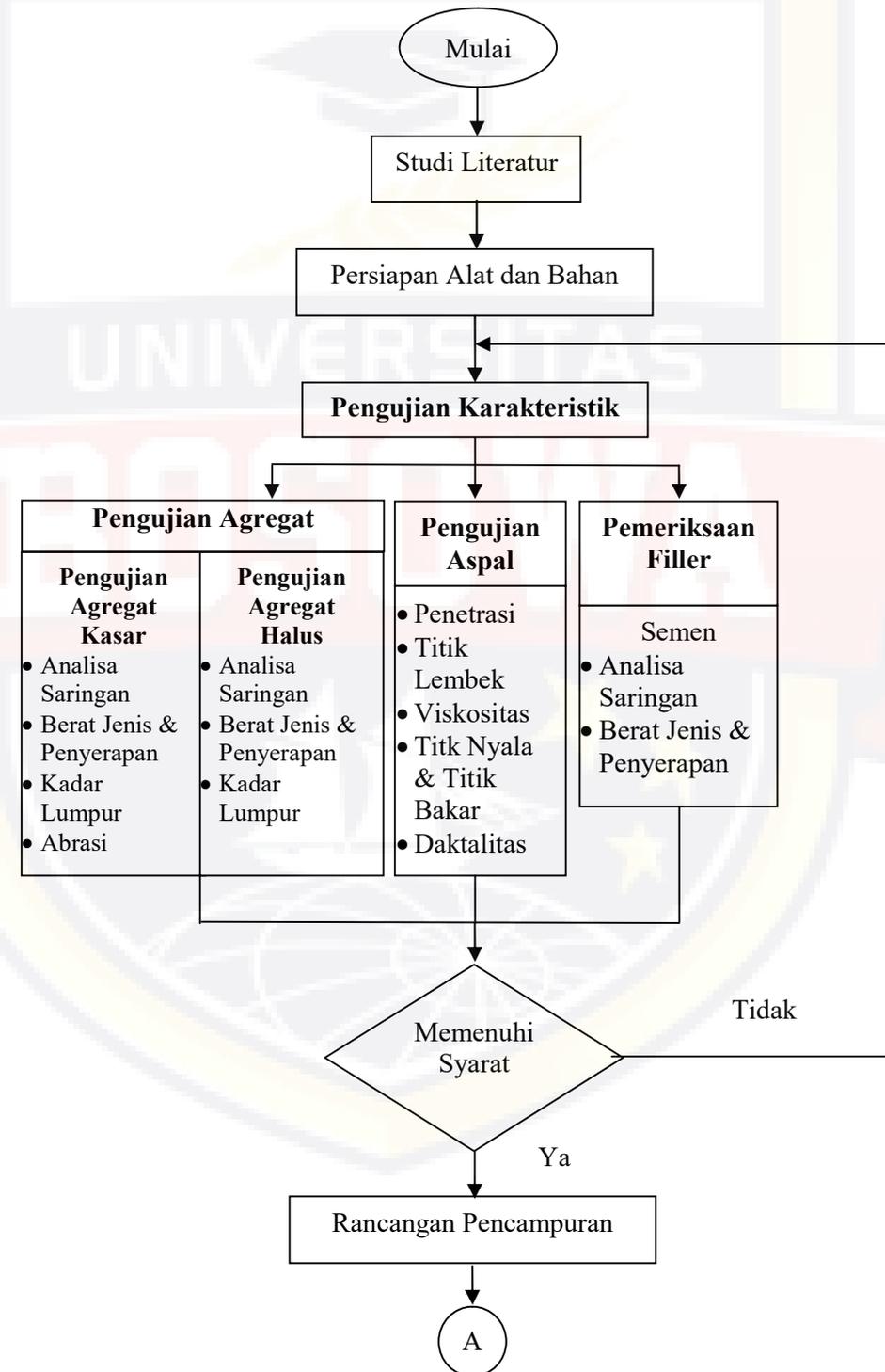
Penelitian terkait pernah dilakukan oleh Patria Yudha Asmara, Anthony Fernandus Wijaya dan Apriyana Kharisma Mentari dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) Dalam Campuran AC-WC Terhadap Parameter Marshall “. Hasil yang diperoleh yaitu pada uji Marshall dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan penambahan 0,5% plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) serta 1,5% Minyak

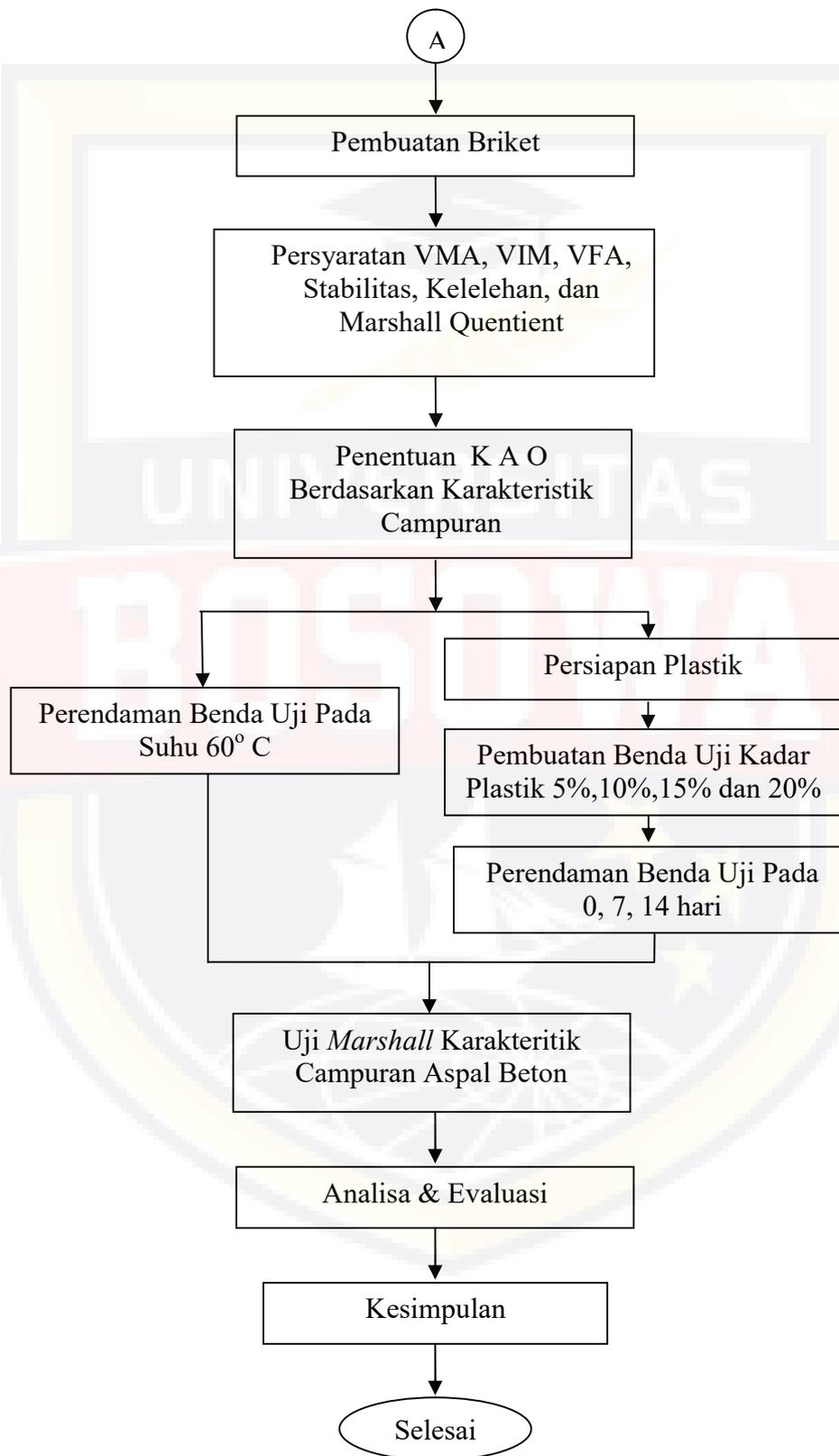
Pelumas Bekas (MPB) seluruh sifat-sifat Marshall yang didapatkan memenuhi syarat-syarat yang ditentukan, yaitu mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga edisi 2006. Selain itu, penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) cenderung menaikkan nilai stabilitas, VIM, VMA dan QM. Penelitian lainnya dilakukan oleh Ardiyanto Nugroho, Moh. Dwi Aprilianto, dan Egis Abdul Aziz dengan judul "Pengaruh Penambahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) Dalam Campuran Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas *Marshall*". Hasilnya yaitu pada aspal modifikasi dengan penambahan Plastik PET pada aspal mengalami peningkatan pada titik lelehnya dari pada aspal yang non modifikasi, itu terjadi karena pengaruh titik leleh pada plastik PET yang sangat tinggi yaitu $225^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$. Dalam campuran *Marshall* aspal modifikasi mempengaruhi nilai VIM, VMA, VFA, QM, Kepadatan, *flow* dan stabilitas. Tetapi yang mengalami peningkatan paling signifikan pada nilai stabilitasnya jika dibanding dengan aspal yang non modifikasi. Nilai stabilitas pada aspal non modifikasi yaitu 2442,6kg. Sedangkan pada aspal modifikasi mengalami peningkatan pada kadar 1% PET yaitu 2696,7kg. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada kadar 3% yaitu 3086,5kg. Tetapi, pada kadar 5% mengalami penurunan nilai stabilitas yaitu 2801,5kg. Pada aspal yang dicampur PET pada kadar 1% dan 3% memenuhi semua kriteria *Marshall*. Tetapi, pada kadar 5% PET tidak memenuhi kriteria pada VIM.

BAB III

METODE PENELITIAN

1.1. Bagan Alir Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

1.2. Lokasi Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar (Batu Pecah 1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) dan Agregat Halus (Abu Batu), bahan bakunya diperoleh dari di Bili-Bili, Kab. Gowa- Sulawesi Selatan dan Limbah Plastik diperoleh dari kemasan air minum yang sudah tidak terpakai

1.3. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa Makassar

1.4. Waktu Pelaksanaan

Waktu Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2018

1.5. 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).

3.5.1. 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 dan Semen

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 :

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

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



Gambar 3. 2 Satu set saringan

1.5.2. Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat Kasar dan Halus

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

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 (Bj).
4. Masukkan benda uji kedalam keranjang kemudian dicelupkan kedalam air lalu timbang, sehingga didapatkan berat dalam air (Ba).
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 (Bk).

e. Rumus :

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots\dots\dots(3.3)$$

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

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

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



Gambar 3. 3 Pengujian Berat Jenis dan Peyerapan Agregat Kasar

3.5.3 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. Piknometer
6. Pompa hampa udara (Vaccum Pump)

7. Air Suling

8. Timbangan

9. Oven

c. Benda Uji :

Agregat yang lolos saringan No.8

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 $\frac{3}{4}$ bagian, putar sambil guncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dipergunakan pompa hampa udara.
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 :

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

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

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

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

keterangan :

BK = Berat contoh kering oven

B = Berat picnometer + air

BT = Berat picnometer + air + benda uji



Gambar 3. 4 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

3.5.4 Pemeriksaan 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 37,5 mm (1 ½") 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 di oven 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. 5 Los Angeles Abrasion Test

3.5.5 Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Peralatan / Bahan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat kasar (kerikil)
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji (kerikil).
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.
4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.
5. Analisa data.

d. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)



Gambar 3. 6 Pengujian kadar lumpur agregat kasar

3.5.6. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

a. Tujuan

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui kandungan lumpur/ lempung dalam agregat.

b. Peralatan

1. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
2. Cawan / Talam
3. Agregat halus
4. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu
5. Air bersih
6. Saringan no. 200

c. Prosedur Percobaan

1. Timbang benda uji (kerikil dan pasir).
2. Cuci benda uji hingga bersih menggunakan saringan no. 200.
3. Masukkan benda uji yang telah di cuci ke dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam.

4. Keluarkan benda uji dari dalam oven dan dinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian timbang benda uji tersebut.

5. Analisa data.

d. Perhitungan

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Dimana : A = Berat awal (gram)

B = Berat akhir (gram)



Gambar 3. 7 Pengujian kadar lumpur agregat halus

1.6. Pemeriksaan Aspal

1.6.1. 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 ± 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 kedalam piknometer hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian kemudian biarkan piknometer hingga dingin tidak kurang dari 40 menit, lalu menimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 1mg (C).
8. Isi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar kemudian tekan penutupnya hingga rapat.
9. Masukkan bejana kedalam bak perendam dan diamkan selama 30 menit.
10. Angkat dan keringkan lalu timbang piknometer (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 pinometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat pinometer berisi aspal dan air (gram)



Gambar 3. 8 Pengujian Berat Jenis Aspal

1.6.2. 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.
4. Rendam di dalam bak perendam yang bersuhu 25°C selama 30 menit.
5. Lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan.
6. Pasang benda uji pada mesin uji dan tarik dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus.
7. Baca jarak antara pemegang benda uji pada saat benda uji putus (cm).



Gambar 3. 9 Pengujian Daktilitas

Sumber: <http://www.google.co.id/images=viskositas+aspalng>

1.6.3. 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

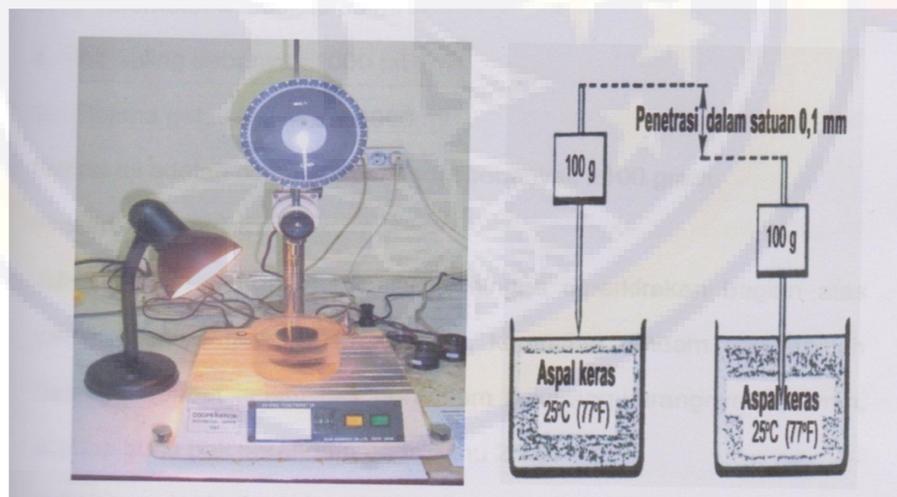
c. Benda Uji :

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 beban sebesar (110 ± 0.1) gram, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.

3. Pindahkan tempat air dari bak perendam tepat dibawah alat penetrasi.
4. Turunkan 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. 10 Pengujian Penetrasi

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

1.6.4. Pemeriksaan Viskositas

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan temperatur pencampuran dan temperatur pematangan.

b. Peralatan :

1. Satu set alat viskositas
2. Termometer
3. 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.

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

1.6.6. 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 $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$.

3. Catat suhu dan waktu pada saat bola menyentuh pelat dasar.

1.7. Pemeriksaan Limbah Plastik

a. Tujuan :

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memisahkan botol plastik dari kotoran yang menepel di plastik

b. Peralatan :

1. Gunting

2. Wadah

c. Benda Uji :

Limbah botol plastik kemasan air minum

d. Prosedur Kerja :

1. Kumpulkan limbah botol plastik
2. Keluarkan label yang menempel pada botol plastik
3. Guting kecil-kecil botol plastik tersebut agar ketika dipanaskan botol dapat tercampur dengan aspal secara homogen

1.8. 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.

1.8.1. 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			Jumlah
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum		Jumlah Benda Uji	
Variasi Kadar Aspal (%)	AC-WC		
5	3	3	3
5.5	3	3	3
6	3	3	3
6.5	3	3	3
7	3	3	3
2. Pengujian stabilitas sisa (60 ⁰)			

Kadar Aspal (%)		Waktu (Menit/jam)			AC-WC	Jumlah
Optimum		30 Menit			3	3
Optimum		24 Jam			3	3
3. Variasi Penambahan Plastik						
Kadar Aspal (%)	Kadar Plastik (%)	Siklus (hari)			AC-WC Plastik	Jumlah
Optimum	5	0	7	14	3	9
Optimum	10	0	7	14	3	9
Optimum	15	0	7	14	3	9
Optimum	20	0	7	14	3	9
Total Benda Uji						57

1.8.2. Perancangan 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 datar (X) digunakan untuk menunjukkan ukuran saringan, 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 presentase 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 prosentase komposisi campuran untuk Batu Pecah 1-2.
8. Dengan cara yang sama pada No.6 dan No.7 didapat nilai prosentase komposisi campuran untuk Batu Pecah 0,5-1 dan abu batu. Setelah diperoleh proporsi dari setiap jenis gradasi agregat dibuat suatu tabel hasil analisa gabungan agregat, dimana presentase masing-masing gradasi yang akan digunakan diperoleh dari hasil perkalian dengan presentase lolos untuk masing-masing nomor saringan lalu dikontrol apakah gradasi hasil gabungan tersebut memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan.

1.8.3. Pembuatan Benda Uji I

- a. Peralatan :
 1. Timbangan
 2. Panci

3. Cetak 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 presentase agregat yang didapat.
 2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)

Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$Pb = 0,035 (\% \text{Agregat Kasar}) + 0,045 (\% \text{Agregat Halus}) + 0,18 (\% \text{mineral aspal}) + \text{Konstanta.}$$

Dimana :

Pb = Kadar aspal perkiraan
K = Nilai konstanta 0,5-1,0
 3. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
 4. Panaskan agregat dengan menggunakan panik sampai suhu 165°C
 5. Tuangkan plastik dan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata

6. Kemudian tuangkan plastik dan aspal tersebut kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
7. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
8. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.

1.9. Pengetesan Benda Uji I Dengan Alat Marshall

Bertujuan untuk menentukan *Stabilitas, Flow, Air Void, Void Filled* dan *Marshall Quotient* campuran aspal beton.

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji diudara, kemudian rendam dalam air selama 24 jam pada suhu ruang, kemudian timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, lalu benda uji diangkat dan dilap kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD).

Sebelum diadakan pengetesan dengan alat marshall benda uji terlebih dahulu direndam dalam air dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah 30 menit dikeluarkan benda uji lalu kemudian tes dengan alat marshall.

Dari pengetesan benda uji akan diperoleh data stabilitas dan Flow sebagai dasar untuk menentukan sifat-sifat campuran. Rancangan campuran yang digunakan dalam penelitian ini yaitu AC-WC.

Kadar aspal optimum ditentukan dari hasil parameter Marshall, nilai-nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi diplot ke grafik dalam bentuk chart yang menunjukkan hubungan karakteristik Marshall terhadap kadar aspal campuran dimana semua karakteristik campuran memenuhi spesifikasi/persyaratan ditetapkan sebagai kadar aspal optimum.

1.10. Pembuatan Benda Uji

a. Peralatan :

1. Timbangan
2. Wajan
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 presentase agregat yang didapat.
2. Menentukan kadar aspal optimum rencana (Pb)
3. Rumus umum untuk menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) pada campuran adalah :

$$P_b = 0,035 (\% \text{Agregat Kasar}) + 0,045 (\% \text{Agregat Halus}) + 0,18 (\% \text{mineral asbuton}) + \text{Konstanta.}$$

Dimana :

P_b = Kadar aspal perkiraan

K = Nilai konstanta 0,5-1,0

4. Timbang masing-masing agregat dan aspal sesuai dengan presentase gabungan yang didapat.
5. Panaskan agregat dengan menggunakan panis sampai suhu 165°C
6. Panaskan Plastik sesuai dengan persentase kemudian tuangkan aspal penetrasi 60/70 aduk sampai merata.
7. Tuangkan aspal penetrasi 60/70 dan plastik yang sudah dipanaskan kedalam campuran agregat yang berada dalam wajan sesuai dengan jumlahnya dan kemudian aduk sampai menyatu secara baik.
8. Ukur temperatur pemadatan yaitu 155°C lalu masukkan campuran kedalam cetakan.
9. Lakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali tumbukan, lalu dinginkan untuk kemudian dikeluarkan dari cetakan.



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

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 Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70.

4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

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 :

a. Pemeriksaan Analisa Saringan

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
3/4"	19	100.00	100.00	100.00	100
1/2"	12,5	50.52	100.00	100.00	100
3/8"	9,5	18.35	98.63	100.00	100
No.4	4,75	1.82	60.50	99.37	100
No. 8	2,36	1.60	27.12	72.22	100
No. 16	1,18	1.50	19.28	52.27	100
No. 30	0,6	1.60	14.02	37.13	100
N0. 50	0,3	1.57	9.89	23.06	100
No.100	0,14	1.53	6.99	17.75	100
No.200	0,075	1.18	2.93	7.93	95,07

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar (Batu Pecah1-2 dan Batu Pecah 0,5-1) :

Rumus:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{B_j}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_k - B_a} \\ \text{Penyerapan (Absorption)} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

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 Pecah2 -3, 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		2.54	2.5		-
2. SSD		2.58	2.5		-
3. Semu		2.64	2.5		-
4. Penyerapan		1.38	-		-
Berat jenis dan penyerapan (batu pecah 0,5-1)	SNI 03-1969-1990			3	
1. Bulk		2.52	2.5		-
2. SSD		2.58	2.5		-
3. Semu		2.68	2.5		-
4. Penyerapan		2.23	-		-

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

c. Pemeriksaan Berat Jenis Abu Batu :

Rumus :

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

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

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

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

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					
1. Bulk	SNI 03-1970-1990	2.55	2.5	3	Gram
2. SSD		2.62	2.5		Gram
3. Semu		2.46	2.5		Gram
4. Penyerapan		2.73	-		Gram

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

4.1.2. 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 4.6. sebagai berikut :

Tabel 4. 4. 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	79	64,9	0.1 mm
2	Titik Lembek (ring dan Ball)	SNI-06-2434-1991	48	58	51	°C
3	Berat jenis (25° C)	SNI-06-2441-1991	1,0	-	1,041	Gr/ml
4	Daktalitas (25° C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	100	-	120	mm
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI -06-2433-1991	200	-	272,5	%
6	Viskositas Pencampuran	AASHTO-72-97	130	165	162	°C
7	Viskositas Pematatan	AASHTO-72-97	120	140	131	°C

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

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-WC 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.

Nilai presentase agregat gabungan untuk campuran aspal panas (AC-WC Standar) berdasarkan hasil perhitungan pada lampiran adalah:

- Batu Pecah 1 – 2 = 27%
- Batu Pecah 0,5-1 = 39%
- Abu Batu = 33%
- Filler = 1%

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

$$\text{Gradasi Penggabungan Agregat} = \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times a +$$

$$\frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times b + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times c + \frac{\text{Komposisi Camp.}}{100} \times d$$

$$= \frac{27}{100} \times 100 + \frac{39}{100} \times 100 + \frac{33}{100} \times 100 + \frac{1}{100} \times 100$$

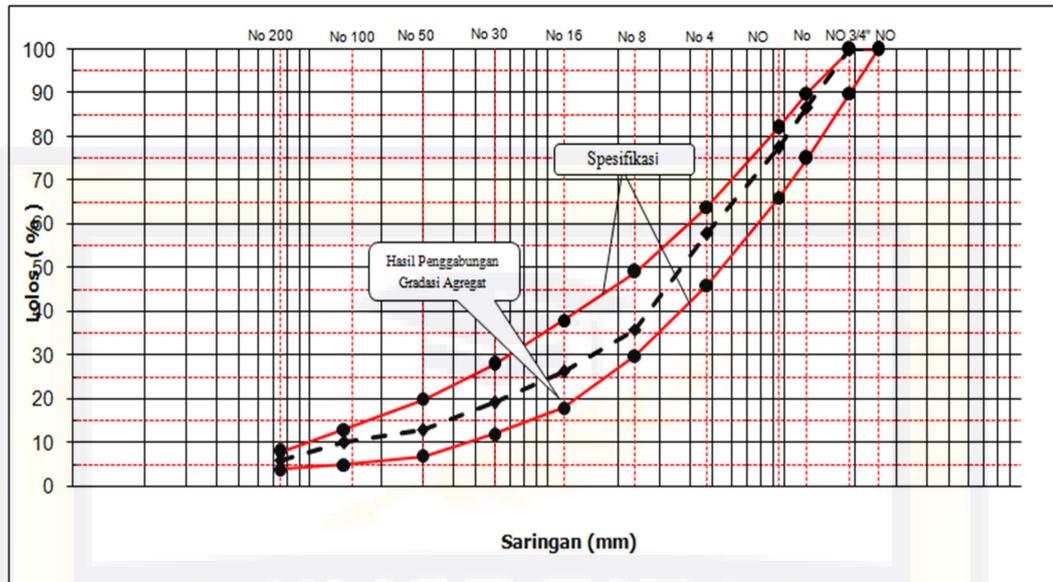
$$= 100\%$$

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

Tabel 4. 5. Rancangan Campuran Aspal Panas AC-WC

No. Sarin gan	Gradasi Agregat (Rata - Rata)				Gradasi Penggabungan Agregat (Combined) AC-BC					Spesifikasi 2010 Revisi 3	
	Batu Pecah 1 - 2	Batu Pecah 0,5 - 1	Abu Batu	Filler	I	II	III	IV	V		
1"	100.0	100.0	100.0	100	100.00					100	
3/4"	100.0	100.0	100.0	100	100.00					90 - 100	
1/2"	50.52	100.0	100.0	100	86.64					77 - 90	
3/8"	18.35	98.63	100.0	100	77.42					66 - 82	
#4	1.82	60.50	99.37	100	57.88					46 - 64	
#8	1.60	27.12	72.22	100	35.84					30 - 49	
#16	1.50	19.28	52.27	100	26.17					21 - 40	
#30	1.60	14.02	37.13	100	19.15					14 - 30	
#50	1.57	9.89	23.06	100	12.89					9 - 22	
#100	1.53	6.99	17.75	100	9.99					6 - 15	
#200	1.18	2.93	7.93	95,07	5.88					4 - 9	
					Komposisi Penggabungan Agregat (%)						
					a. Batu pecah 1 - 2	27					
					b. Batu pecah 0,5 - 1	39					
					c. Abu batu	33					
					d. Filler	1					
Total Luas Permukaan Agregat (M2/Kg)					5.46						

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



Gambar 4. 1 Grafik Gradasi Penggabungan Agregat AC-WC

4.2. Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.2.1. Perkiraan Kadar Aspal Optimum Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0.035 (\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag. Halus}) + 0.18 (\text{Filler}) + K \\
 &= 0.035 (64,16) + 0.045 (29,97) + 0.18 (5,88) + 0,75 \\
 &= 5,40 \% \rightarrow 6 \%
 \end{aligned}$$

Keterangan :

Agregat Kasar = #3/4" - #8	Agregat Halus = #8 - #200
= 100 - 35,84	= 35,84 - 5,88
= 64,16	= 29,97
Filler = #200	
= 5,88	

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%.

4.2.2. 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 sebagai berikut :

Tabel 4. 6. Komposisi campuran AC-WC

Kadar Aspal		=	5	%					100	%	-	5	%	=	95
Hasil Combine															
BP 1- 2	27	%	x	95	%	=	0.2565	x	1200	=	307.80				
BP 0,5 - 1	39	%	x	95	%	=	0.3705	x	1200	=	444.60				
Abu Batu	33	%	x	95	%	=	0.3135	x	1200	=	376.20				
Filler	1	%	x	95	%	=	0.0095	x	1200	=	11.40				
Aspal	5	%	X						1200	=	60				
											1200				

Ket: Dalam satuan gram

Tabel 4. 7. Berat Aspal dan agregat pada campuran aspal Panas AC-WC Standar

Kadar aspal	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Batu Pecah 1 - 2	307,8	306,2	304,6	303,0	301,3
Batu Pecah 0,5 - 1	444,6	442,3	440,0	437,6	435,3
Abu Batu	376,2	374,2	372,3	370,3	368,3
Semen	11,4	11,34	11,28	11,22	11,16
Berat Aspal Terhadap Campuran	60	66	72	78	84
Jumlah	1200	1200	1200	1200	1200

Ket: Dalam satuan gram

4.2.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4. 8 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	2,54	2,64	2,59
Batu Pecah 0,5 - 1	2,53	2,68	2,61
Abu batu	2,56	2,72	2,64
Filler	3,17		
Aspal	1,033		

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

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

- a. Untuk campuran aspal panas AC-WC

$$\begin{aligned}
 \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{27\%}{2,54}\right) + \left(\frac{39\%}{2,53}\right) + \left(\frac{33\%}{2,56}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)} \\
 &= 2,59 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) = \frac{100}{\left(\frac{27\%}{2,64}\right) + \left(\frac{39\%}{2,68}\right) + \left(\frac{33\%}{2,72}\right) + \left(\frac{1\%}{3,17}\right)}$$

$$= 2,61 \text{ gram}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,59 + 2,61}{2} = 2,6 \text{ gram}$$

4.3. 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 *marshallyang* telah dilakukan terhadap benda uji untuk campuran AC – WC disajikan pada perhitungan

di bawah ini :

- a. Berat Jenis Aspal (T) = 1,033 gr/cc
- b. Kadar Aspal (A) = 5 %
- c. Bj. Bulk Gabungan (B) = 2,55 %
- d. Bj. Efektif Gabungan (C) = 2,62 %
- e. Bj. Maksimum Campuran (D) = $100 / ((100 - A) / C) + (A + D)$
= 2,43 %
- f. Berat Campuran di Udara (E) = 1190,6 gr
- g. Berat Campuran Dalam Air (F) = 662,2 gr
- h. Berat Campuran SSD (G) = 1191,3 gr
- i. Volume Benda Uji (H) = (G – F) = 529,1 gr
- j. Bj Bulk Campuran (Kepadatan) (I) = E/H = 2,25 %

$$\begin{aligned} \text{k. Rongga dalam Campuran (VIM) (J)} &= 100 \times (D - I) / D \\ &= 7,4 \% \end{aligned}$$

$$\text{l. Pembacaan Stabilitas (K)} = 99 \text{ kg}$$

$$\text{m. Kalibrasi Alat (Kg)} = 14,9 \text{ kg}$$

$$\text{n. Angka Korelasi (dapat dilihat pada lampiran)} = 0,89$$

$$\begin{aligned} \text{o. Stabilitas setelah koreksi (L)} &= \text{Pemb. Stabilitas} \times \text{Kalibrasi Alat} \times \\ &\text{Angka Korelasi} = 1312,8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{p. Pelelehan (M)} = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{q. Marshall Quetient (N)} = L/M = 525,1 \text{ kg/mm}$$

$$\text{r. Luas Permukaan Agregat (O)} = 5.46 \%$$

$$\begin{aligned} \text{s. Absorsi Aspal Terhadap Berat Total Campuran (P)} &= (A + ((T \times \\ &(100 - A))/B)) - ((100 \times T)/D) = 1,02 \% \end{aligned}$$

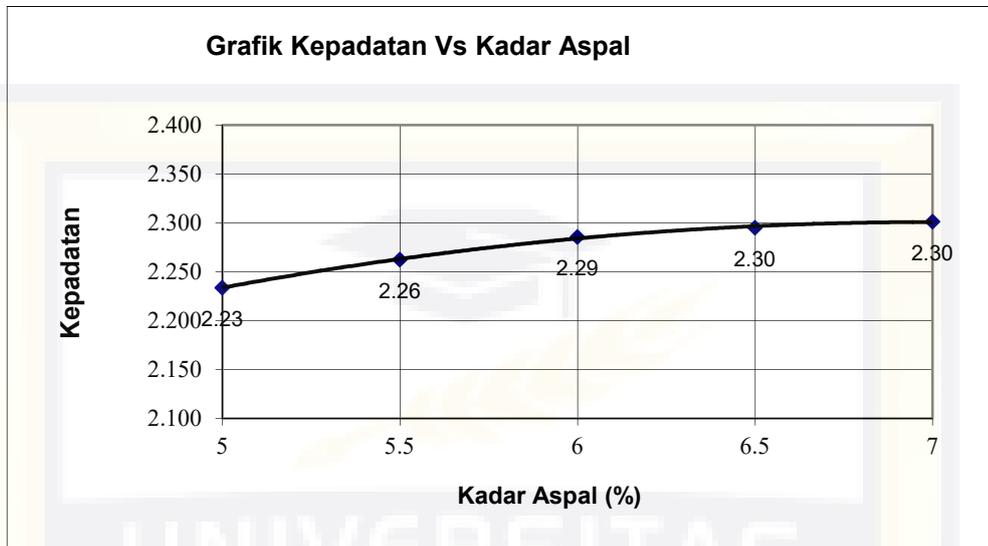
$$\begin{aligned} \text{t. Tebal Film (Q)} &= (1000 \times (A - P)) / ((T \times O) \times (100 - A)) \\ &= 7,46 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{u. Rongga Dalam Agregat (VMA) (R)} &= 100 - (I/B) \times (100 - A) \\ &= 16.09 \% \end{aligned}$$

$$\text{v. Rongga Terisi Aspal (VFB) (S)} = 54,08 \%$$

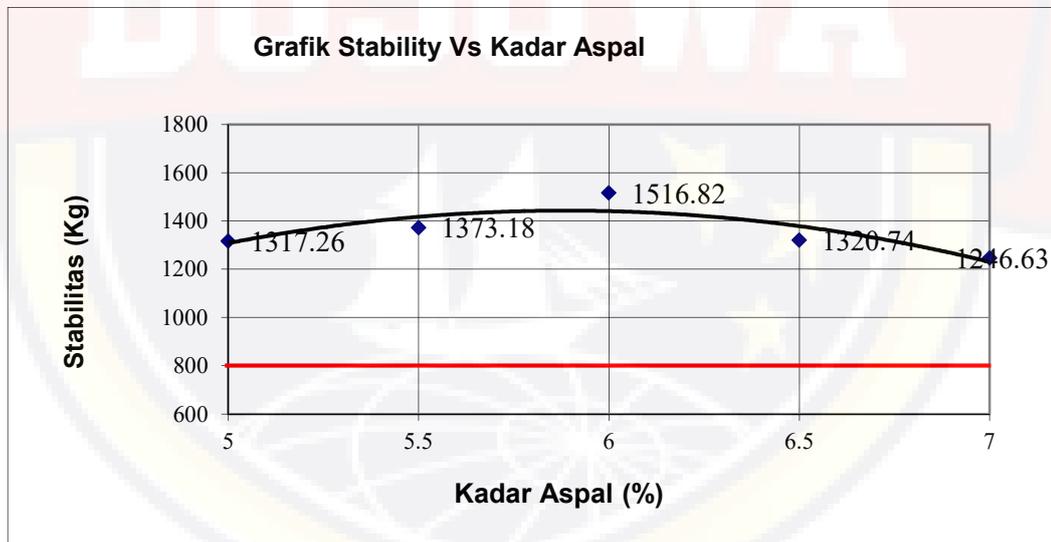
Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran, lalu diplot kedalam grafik untuk kemudian ditentukan kadar aspal optimum (KAO) seperti pada Gambar 4.2. dan 4.3.

Kepadatan



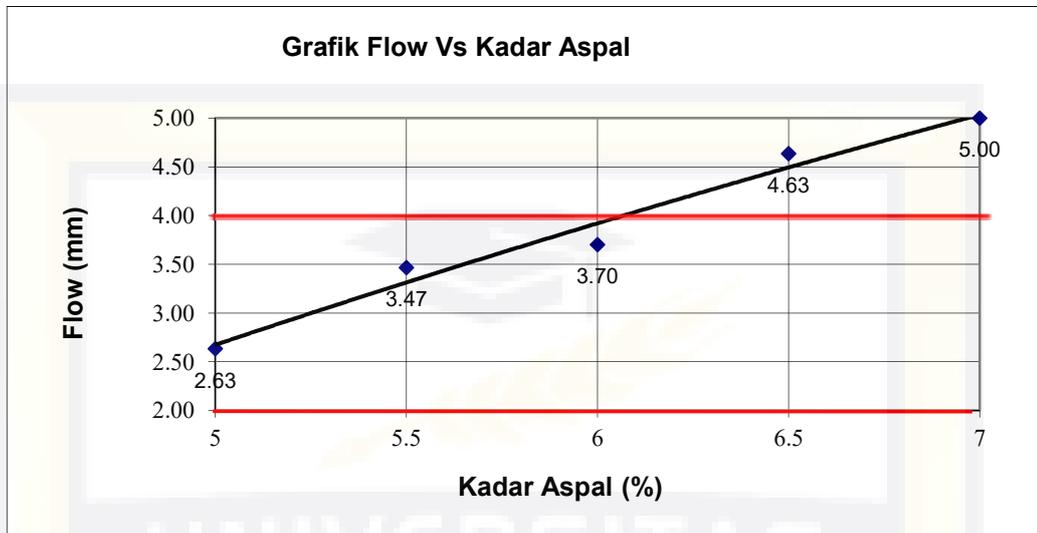
Gambar 4.2.a. Grafik Kepadatan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Stabilitas Minimum 800 (KG)



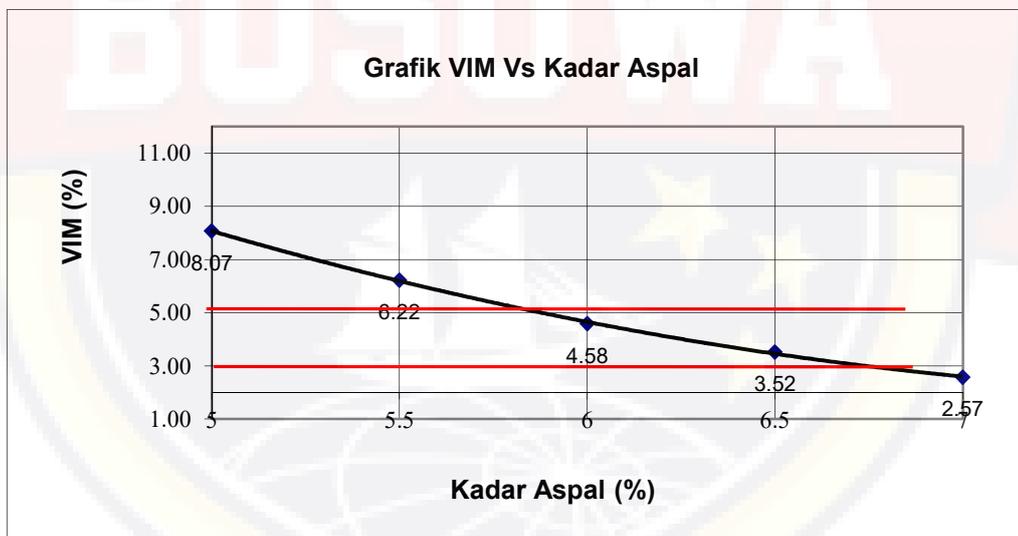
Gambar 4.2.b. Grafik Stabilitas Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Pelelehan (Flow) maks2,0 - 4,0 (mm)



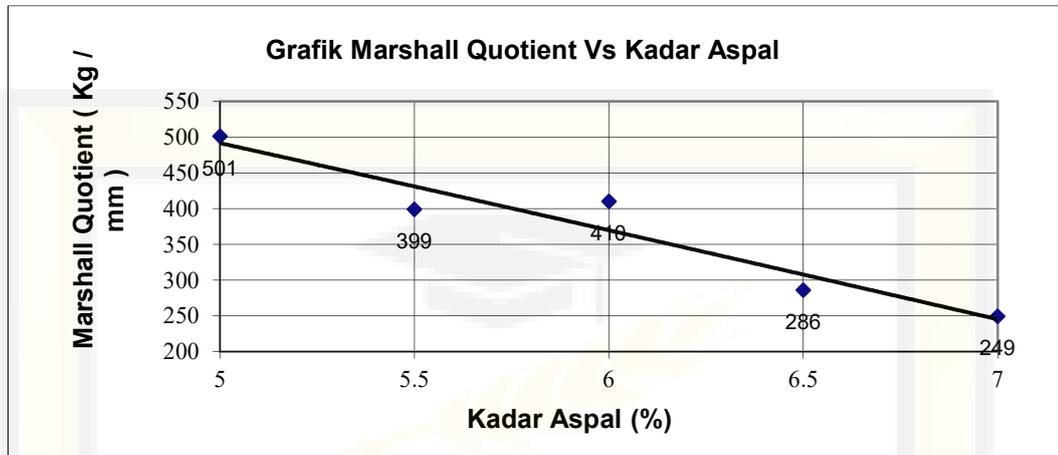
Gambar 4.2.c. Grafik Pelelehan Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

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



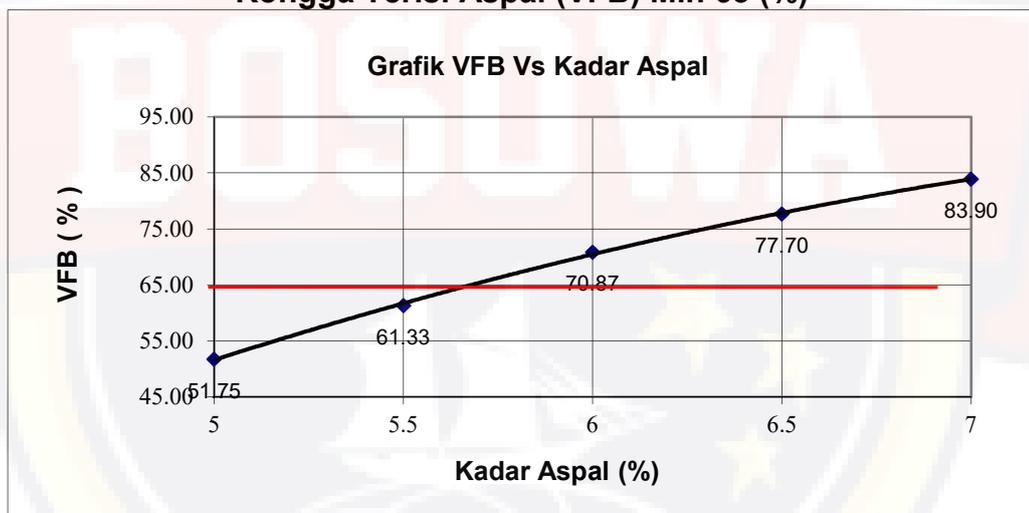
Gambar 4. 2.d. Grafik VIM Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Marshall Quotient (Kg/mm)



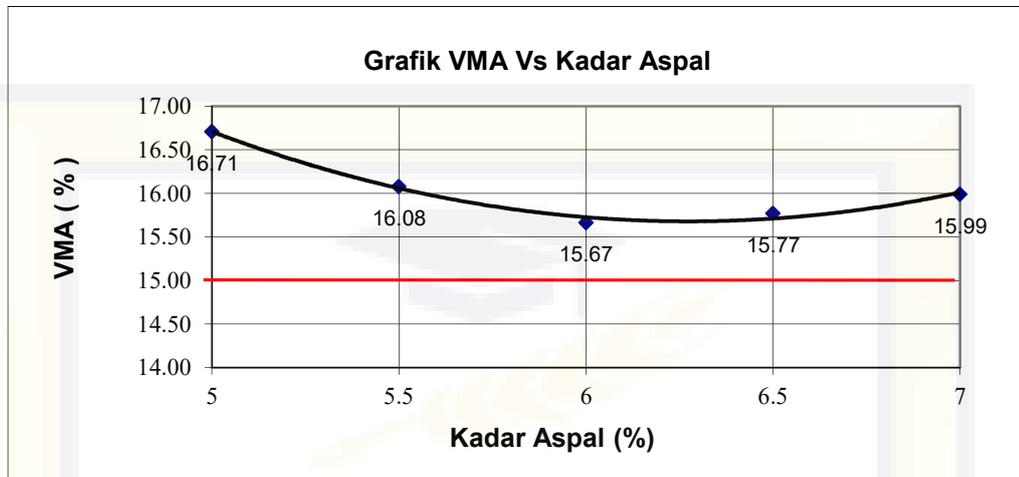
Gambar 4.2.e. Grafik Marshall Quotient Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Terisi Aspal (VFB) Min 65 (%)

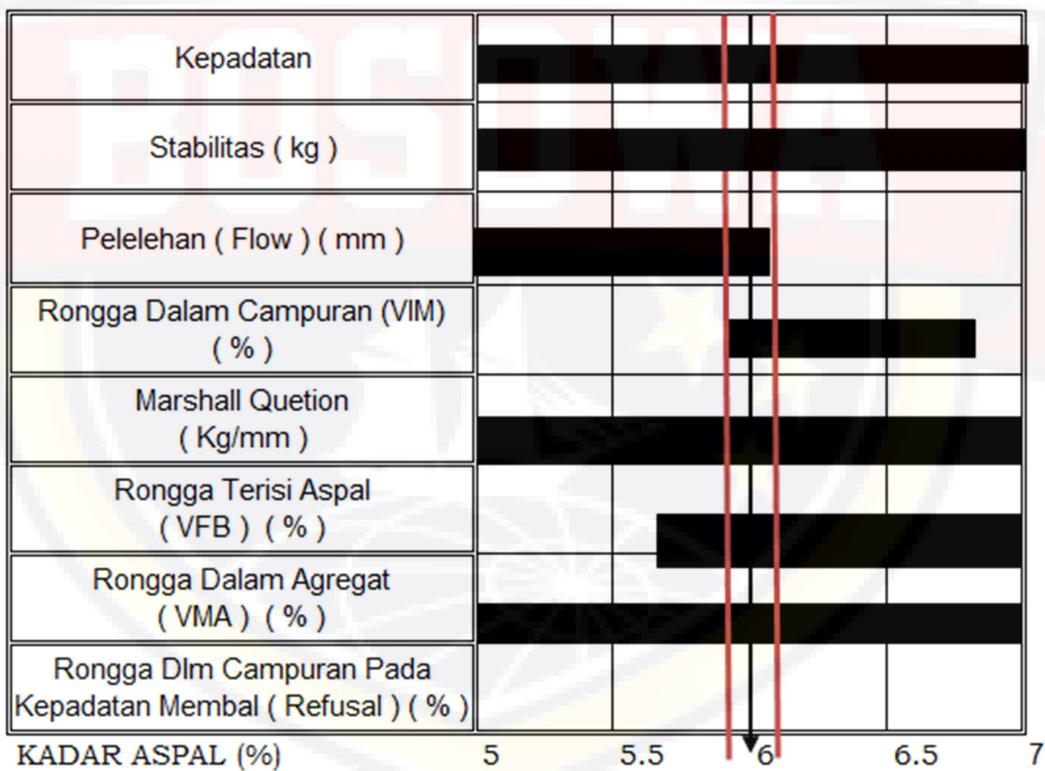


Gambar 4.2.f. Grafik FVB Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO

Rongga Dalam Agregat (VMA) minimum 15 (%)



Gambar 4. 2.g. Grafik VMA Hasil Uji Marshall untuk Penentuan KAO



Gambar 4.3 Diagram Penentuan Kadar Aspal Optimum

$$\text{KADAR ASPAL OPTIMUM} = \frac{5.9\% + 6.1\%}{2} = 6.0\%$$

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.

4.4. Pembuatan Benda Uji dengan Pemabahan Limbah Plastik Pada Perendaman Berulang

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 :

4.4.1. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan Menggunakan Bahan Plastik

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

Untuk campuran *AC - WC* dengan variasi Limbah plastik 5%, 10%, 15%, dan 20% pada perendaman berulang 0 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 9. Komposisi campuran dengan bahan plastik 5%

Kadar Aspal	=	6	%		100	%	-	6	%	=	94
Aspal Rencana	=	6	%		x			1200		=	72
Hasil Combine											
BP 1- 2	27	%	x	94	%	=	0.254	x	1200	=	304.56
BP 0,5 - 1	39	%	x	94	%	=	0.367	x	1200	=	439.92
Abu Batu	33	%	x	94	%	=	0.31	x	1200	=	372.24
Filler	1	%	x	94	%	=	0.009	x	1200	=	11.28
Plastik	5	%			X				72	=	3.6
Aspal		72			-				3.6	=	68.4
											1200

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 10. Komposisi campuran dengan bahan plastik 10%

Kadar Aspal	=	6	%		100	%	-	6	%	=	94
Aspal Rencana	=	6	%		x			1200		=	72
Hasil Combine											
BP 1- 2	27	%	x	94	%	=	0.254	x	1200	=	304.56
BP 0,5 - 1	39	%	x	94	%	=	0.367	x	1200	=	439.92
Abu Batu	33	%	x	94	%	=	0.31	x	1200	=	372.24
Filler	1	%	x	94	%	=	0.009	x	1200	=	11.28
Plastik	10	%			X				72	=	7.2
Aspal		72			-				7.2	=	64.8
											1200

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 11. Komposisi campuran dengan bahan plastik 15%

Kadar Aspal	=	6	%		100	%	-	6	%	=	94
Aspal Rencana	=	6	%		x			1200		=	72
Hasil Combine											
BP 1- 2	27	%	x	94	%	=	0.254	x	1200	=	304.56
BP 0,5 - 1	39	%	x	94	%	=	0.367	x	1200	=	439.92
Abu Batu	33	%	x	94	%	=	0.31	x	1200	=	372.24
Filler	1	%	x	94	%	=	0.009	x	1200	=	11.28
Plastik	15	%			X				72	=	10.8
Aspal		72			-				10.8	=	61.2
											1200

Ket: Satuan dalam gram

Tabel 4. 12. Komposisi campuran dengan bahan plastik 20%

Kadar Aspal	=	6	%		100	%	-	6	%	=	94
Aspal Rencana	=	6	%		x			1200		=	72
Hasil Combine											
BP 1- 2	27	%	x	94	%	=	0.254	x	1200	=	304.56
BP 0,5 - 1	39	%	x	94	%	=	0.367	x	1200	=	439.92
Abu Batu	33	%	x	94	%	=	0.31	x	1200	=	372.24
Filler	1	%	x	94	%	=	0.009	x	1200	=	11.28
Plastik	20	%				X			72	=	14.4
Aspal									14.4	=	57.6
										=	1200

Ket: Satuan dalam gram

4.4.2. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall Yang Diperoleh Dengan Menggunakan Kadar Aspal Optimum

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal panas dengan kadar aspal optimum dengan waktu 30 menit. Maksud dari pengujian ini untuk mengetahui ketahanan (*Stabilitas*) terhadap kelelahan 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 limbah plastik 5%, 10%, 15%, dan 20% kedalam campuran aspal panas AC-WC dengan perendaman selama 0, 7, dan 14 hari 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. 13. Hasil Uji Marshall KAO dengan perendaman selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6,0 %	Spesifikasi 2010 Revisi 3
1	Kepadatan	2.29	-
2	Stabilitas (Kg)	1516.82	Min 800
3	VMA (%)	15.67	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	410.39	Min 250
5	Flow (mm)	3.70	2-4
6	VIM (%)	4.58	3-5
7	VFB (%)	70.87	Min 65

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

Tabel 4. 14. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan limbah plastik 5% dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %			Spesifikasi 2010
		Kadar Plastik 5 %			
		Perendaman			Revisi 3
		0 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.28	2.28	2.28	-
2	Stabilitas (Kg)	1826.24	1683.70	1658.87	Min 800
3	VMA (%)	15.72	15.73	15.75	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	795.52	570.41	483.33	Min 250
5	Flow (mm)	2.30	2.97	3.47	2-4
6	VIM (%)	4.64	4.66	4.68	3-5
7	VFB (%)	70.49	70.40	70.30	Min 65

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

Tabel 4. 15. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan limbah plastik 10% dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %			Spesifikasi 2010
		Kadar Plastik 10 %			
		Perendaman			Revisi 3
		0 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.29	2.29	2.29	-
2	Stabilitas (Kg)	1773.10	1673.77	1495.96	Min 800
3	VMA (%)	15.59	15.55	15.55	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	609.85	492.40	404.77	Min 250
5	Flow (mm)	2.97	3.40	3.70	2-4
6	VIM (%)	4.37	4.37	4.36	3-5
7	VFB (%)	71.15	71.74	71.83	Min 65

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

Tabel 4. 16. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan limbah plastik 15% dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %			Spesifikasi 2010
		Kadar Plastik 15 %			
		Perendaman			Revisi 3
		0 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.29	2.29	2.29	-
2	Stabilitas (Kg)	1648.04	1554.37	1349.94	Min 800
3	VMA (%)	15.45	15.50	15.43	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	516.12	446.24	361.41	Min 250
5	Flow (mm)	3.20	3.50	3.80	2-4
6	VIM (%)	4.34	4.39	4.32	3-5
7	VFB (%)	71.90	71.66	72.01	Min 65

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

Tabel 4. 17. Hasil Uji Marshall KAO menggunakan bahan limbah plastik 50% dengan perendaman berulang kemudian di rendam selama 30 menit pada suhu 60°C.

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %			Spesifikasi 2010
		Kadar Plastik 20 %			
		Perendaman			Revisi 3
		0 Hari	7 Hari	14 Hari	
1	Kepadatan	2.296	2.300	2.302	-
2	Stabilitas (Kg)	1584.367	1516.224	1299.479	Min 800
3	VMA (%)	15.276	15.136	15.750	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	485.938	426.161	304.036	Min 250
5	Flow (mm)	3.267	3.567	4.367	2-4
6	VIM (%)	3.700	3.983	3.904	3-5
7	VFB (%)	75.778	73.684	74.088	Min 65

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

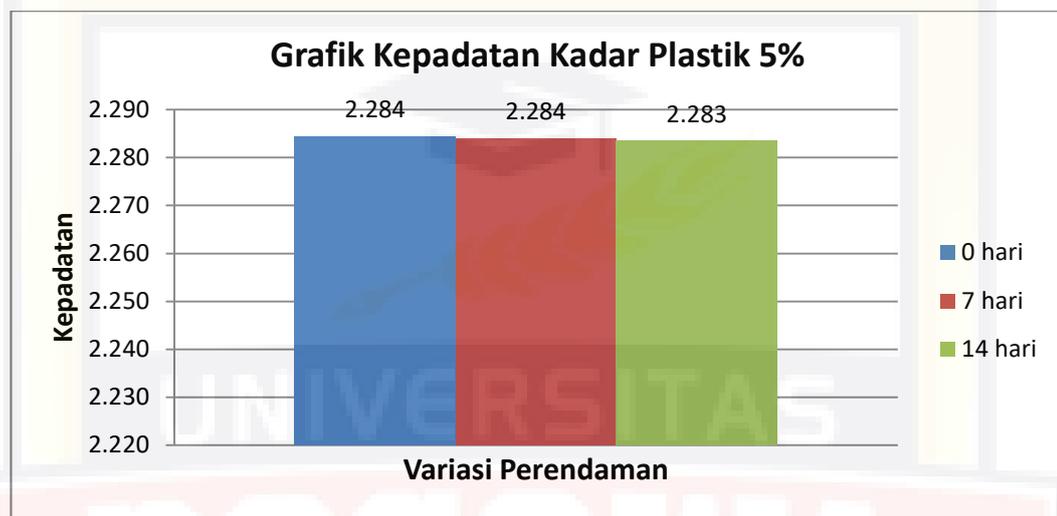
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik 5 % Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah. Nilai kepadatan campuran beton aspal

lapis aus AC-WC dengan penambahan plastik 5 %, dapat dilihat pada gambar 4.4 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



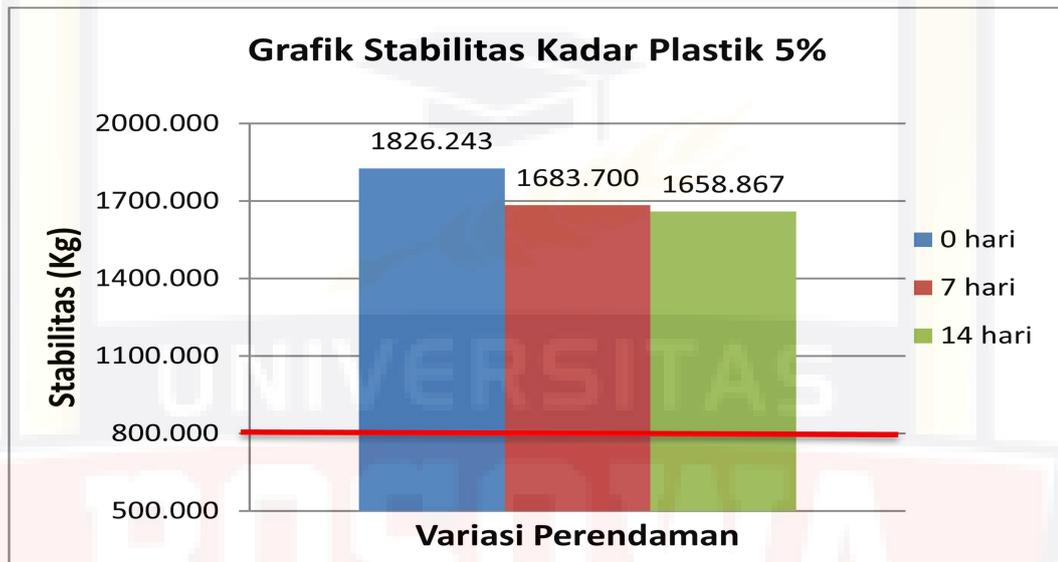
Gambar 4. 4 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa semakin Perendaman yang dilakukan secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kepadatan (density) pada 0 hari yaitu 2,284 pada hari ke 7 yaitu 2,284 dan pada hari ke 14 yaitu 2,283 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan

mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5% terhadap stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

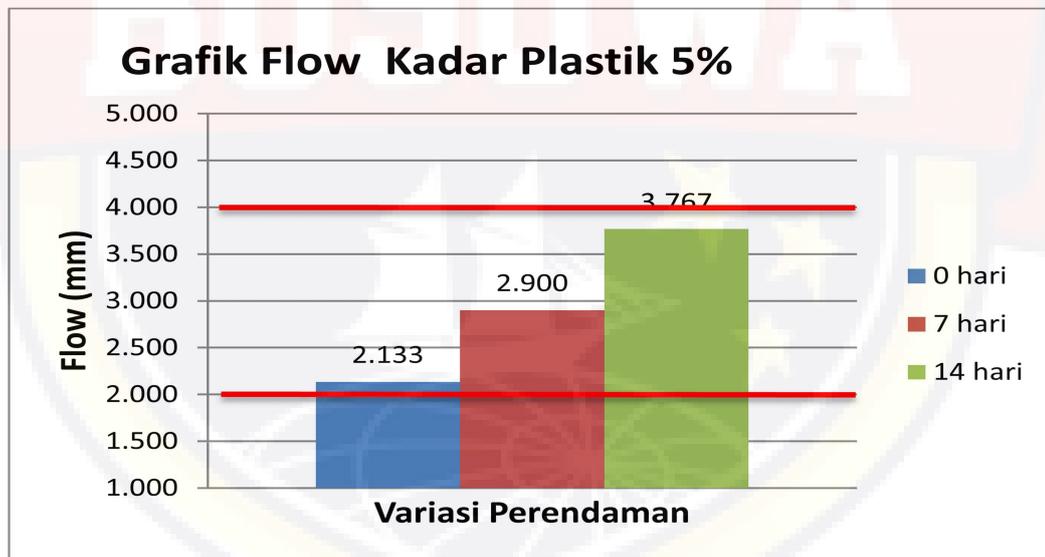
Dari gambar 4.5. diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan perendaman berulang Nilai stabilitas mengalami mengalami peurunan pada 0 hari yaitu 1826,234 Kg, pada hari ke 7 yaitu 1683,7 Kg dan hari ke 14 yaitu 1658,867. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi

campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.6



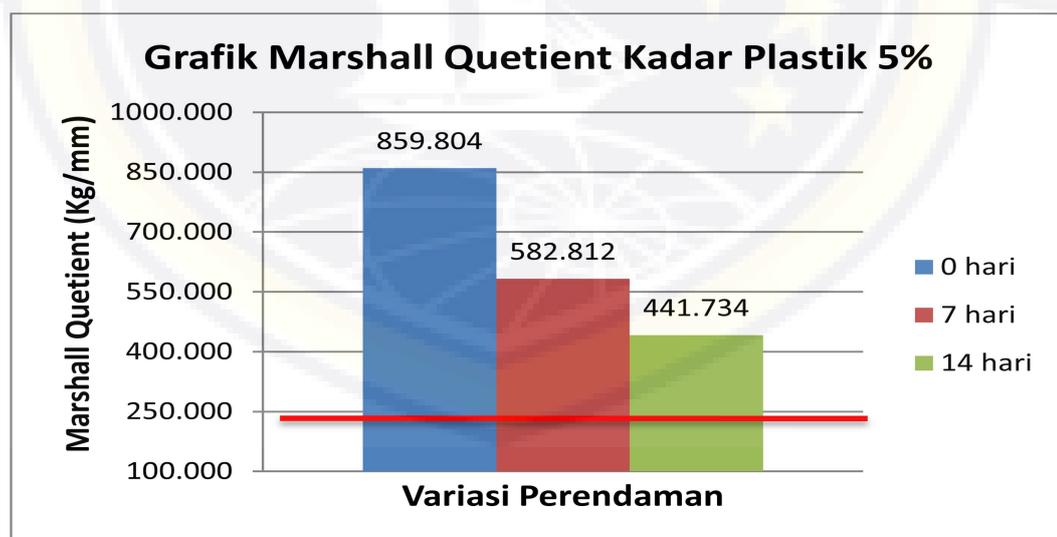
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.6. menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik yang direndam secara berulang

menyebabkan nilai *Flow* pada 0 hari yaitu 2,133 mm pada hari ke 7 yaitu 2,9 mm dan pada hari ke 14 yaitu 3,767 mm. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi data rekat aspal.

d. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Quotient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5% padi terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C

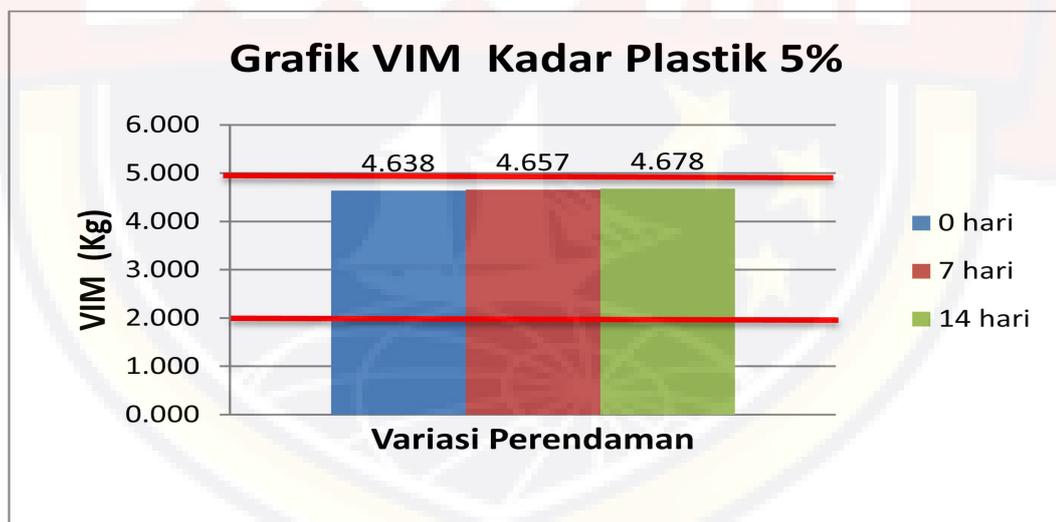
Gambar di atas menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient pada 0 hari yaitu 795 Kg/mm, pada perendaman 7 hari yaitu 532,545 Kg/mm sedangkan pada perendaman yang ke 14 hari yaitu 441,734 kg/mm.

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

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan.

Grafik nilai VIM campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar abu sekam padi pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.8.



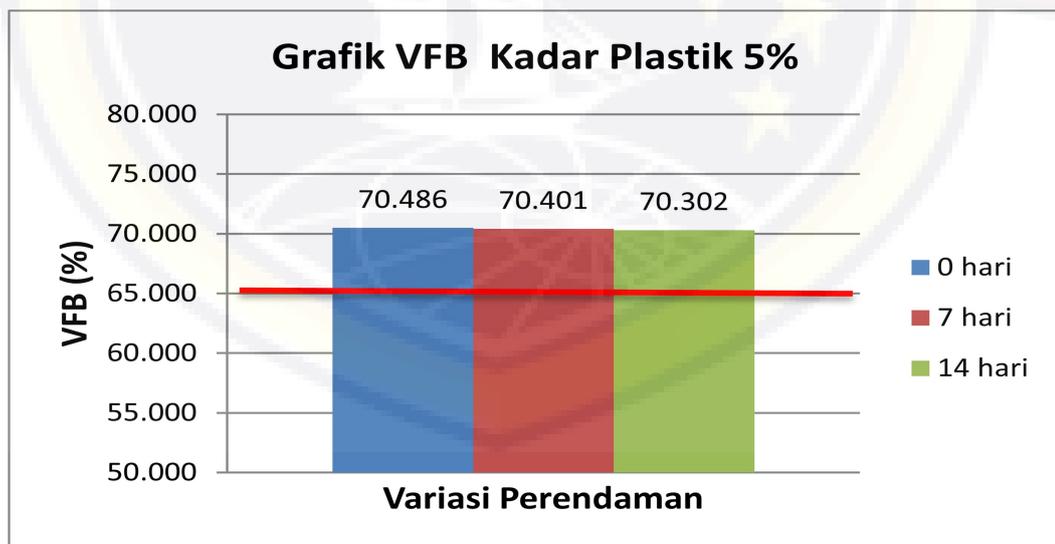
Gambar 4.8 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.8 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik ke dalam campuran yang direndam secara

berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai *VIM*. Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.9 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

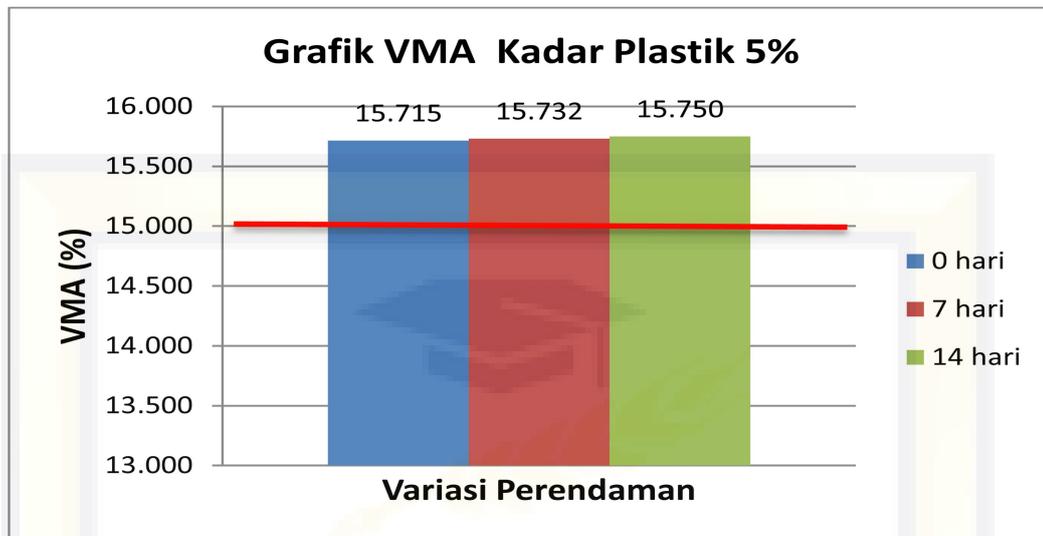
Dari gambar 4.9. menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik ke dalam campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu menyebabkan nilai *VFB* berubah. Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman.

g. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai *VMA* yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

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



Gambar 4. 10 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % padi terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.10 menunjukkan bahwa penambahan variasi limbah plastik ke dalam campuran yang direndam secara beruang tidak terlalu menyebabkan nilai VMA berubah. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

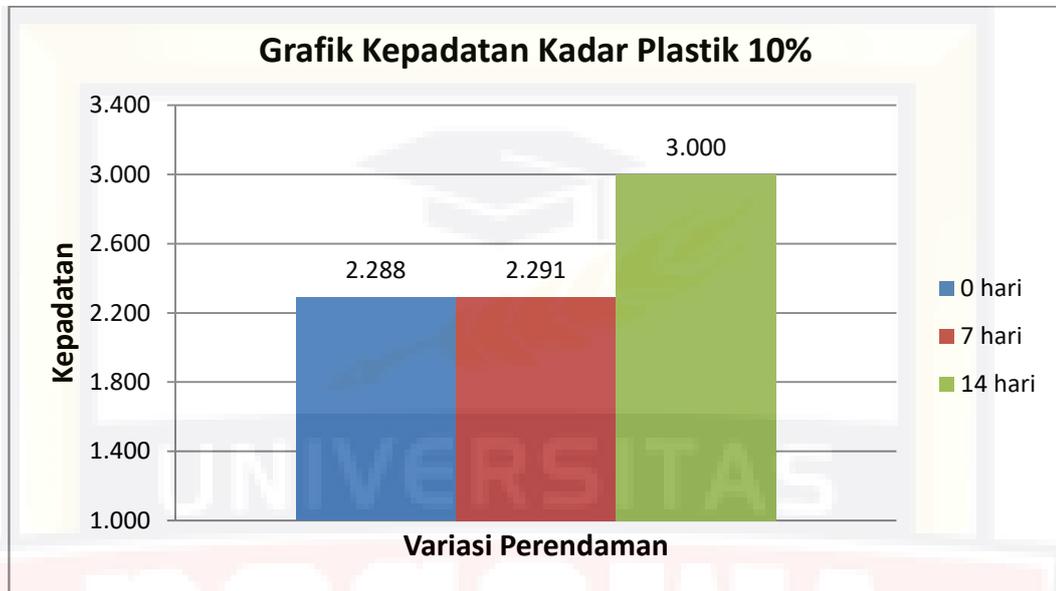
4.4.4. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik 10% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.

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 penambahan plastik 10 %, dapat dilihat pada gambar 4.11 untuk

campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

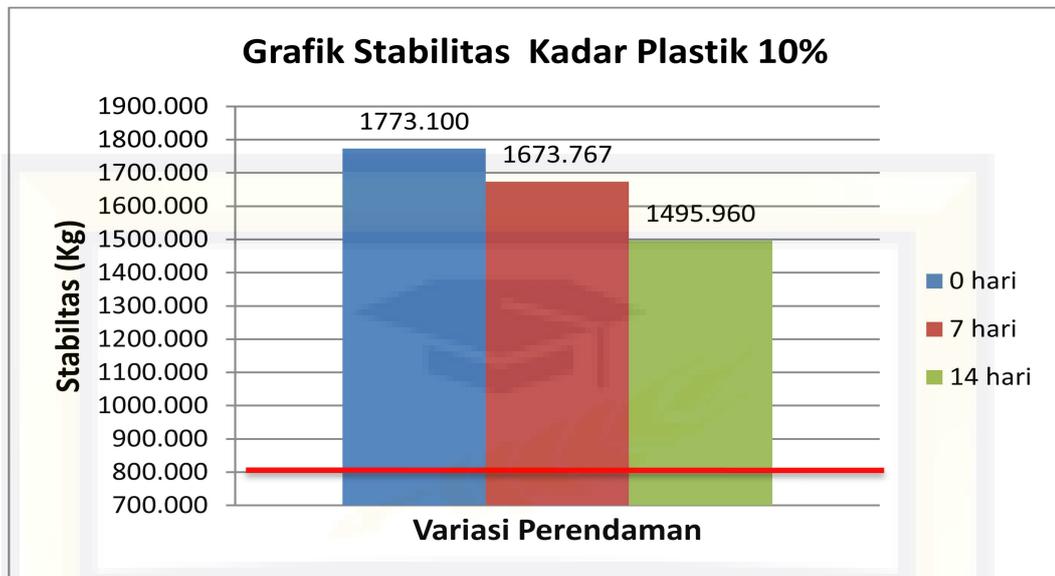


Gambar 4.11 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penambahan limbah plastik 10% yang dikukan perendaman tidak terlalu menyebabkan nilai kepadatan (*density*) berubah. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.12



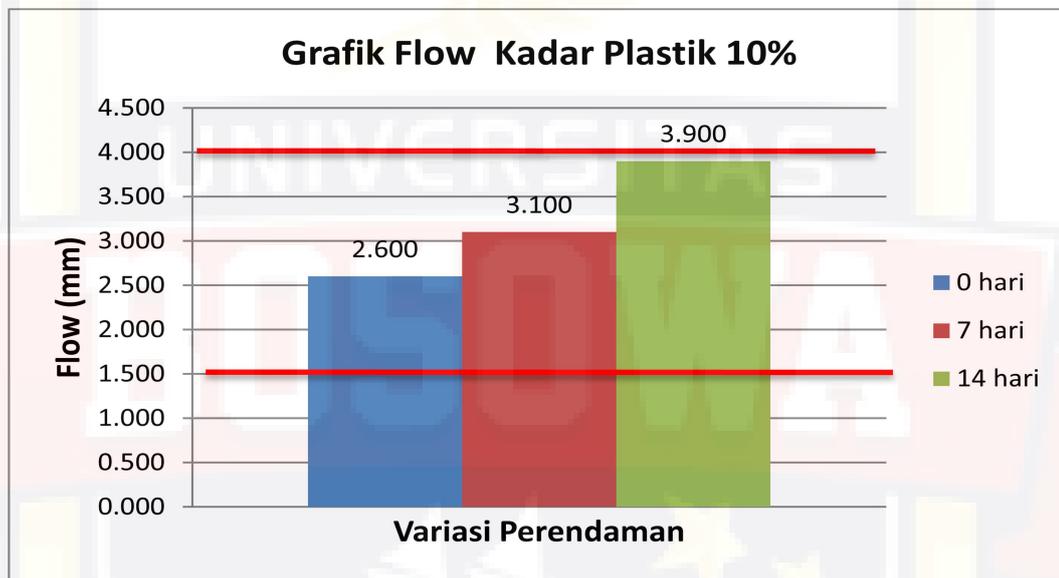
Gambar 4.12 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10% terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.12 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi penambahan plastic 10 % yang dilakukan perendaman berulang cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas mengalami Penurunan pada 0 hari nilainya yaitu 1773,1 Kg pada perendaman 7 yaitu 1673,767 Kg dan pada perendama 14 hari yaitu 1495,96 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang

terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi plastik yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.13



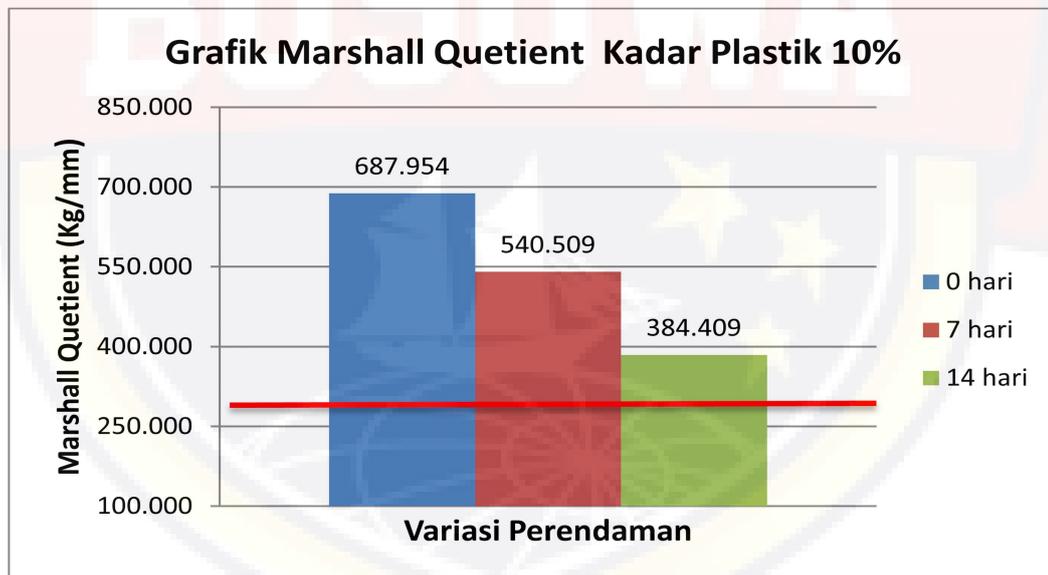
Gambar 4. 13 Diagram hubungan Variasi kadar plastik 10% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.13 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik 10 % kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat. Semakin lama perendaman , air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan

menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi data rekat aspal.

d. *Marshall Questient*

Marshall Questient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.14



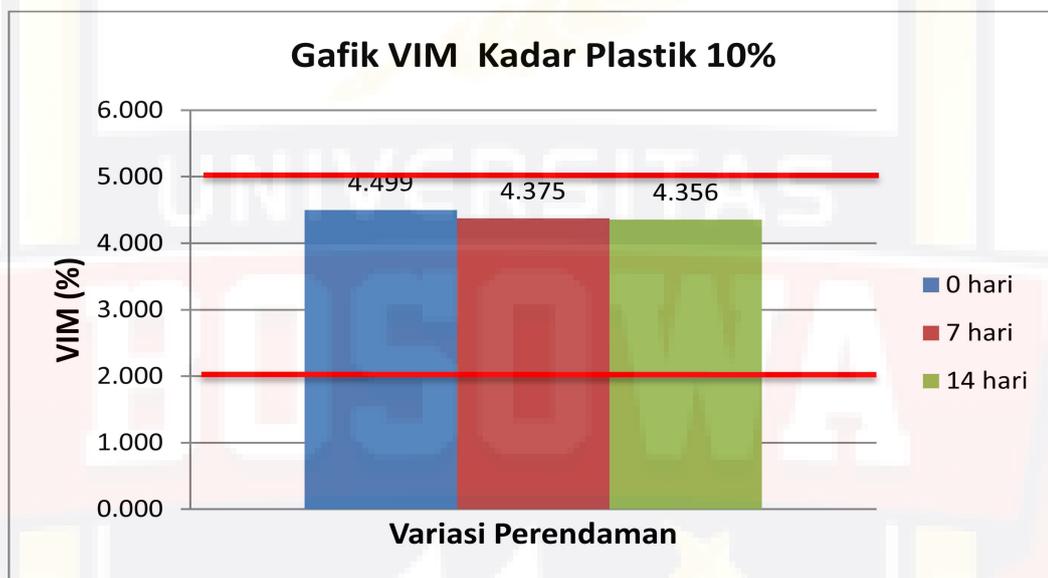
Gambar 4. 14 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % padi terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dilihat dari table diatas bahwa penamabahan plastic 10 % dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami penurunan

namun tetap memenuhi batas spesifikasi *MQ*. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air.

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

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.15



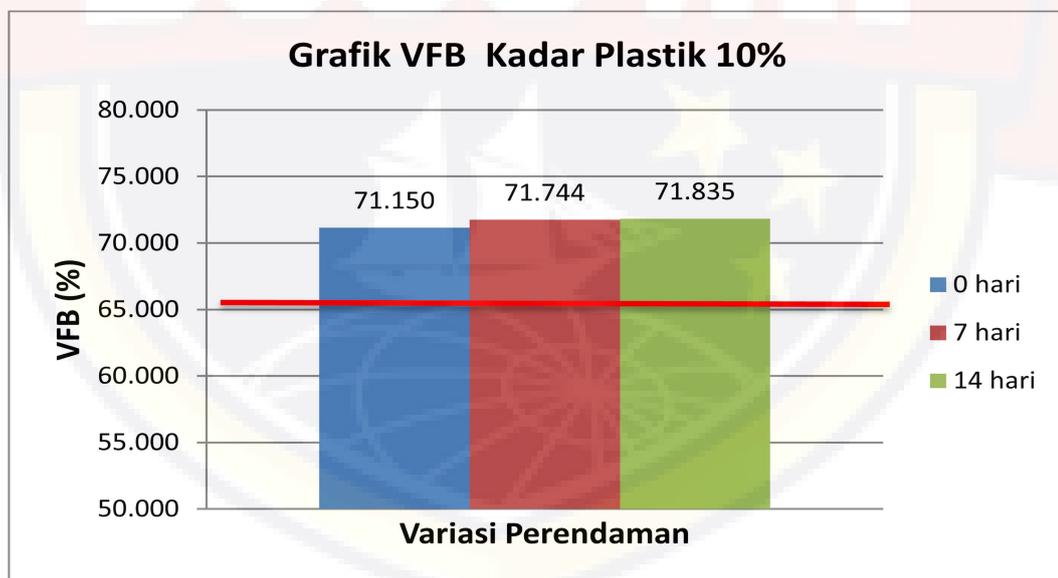
Gambar 4. 15 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.15 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan plastik 10% ke dalam campuran yang direndam 0 hari yaitu 4,499 % pada perendaman 7 hari yaitu 4,737 % dan pada hari ke 14 yaitu 2,356 % nilainya hampir sama nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti

agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

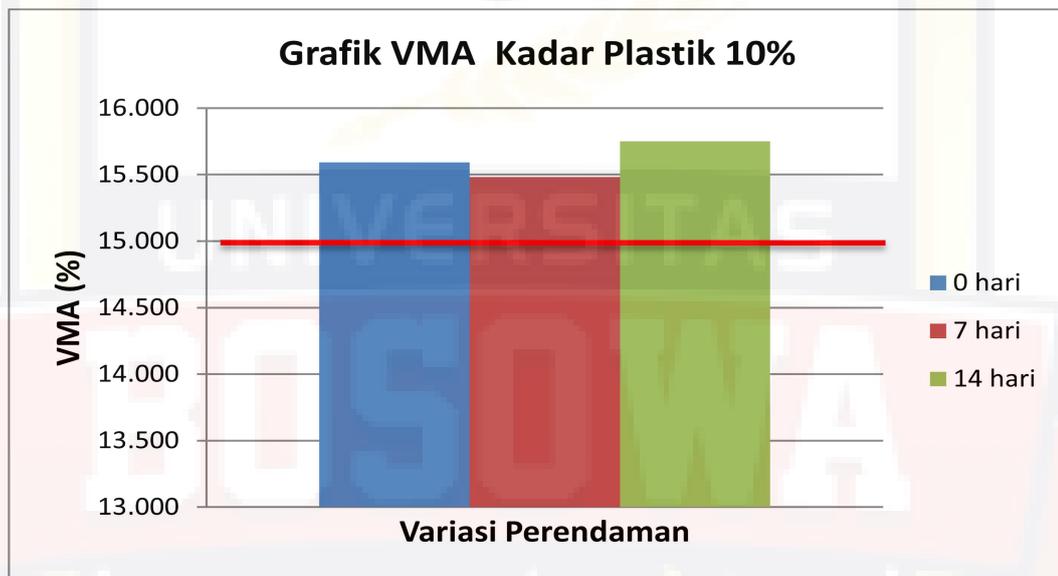
Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapannya terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi *bleeding*.



Gambar 4. 16 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.16 menunjukkan bahwa penambahan plastik 10% ke dalam campuran yang direndam secara berulang tidak menyebabkan nilai *VFB* berubah drastis. Hal ini disebabkan karena penambahan plastik yang memiliki sifat yang keras dan memepertahankan daya lekat aspal.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15 %



Gambar 4. 17 Diagram hubungan variasi kadar plastik 10 % padi terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gamabar 4.17 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik 10 % ke dalam campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai VMA pada perendaman 0 hari yaitu 15,715 % pada perendaman 7 hari yaitu 15,732 dan pada perendaman ke 14 kari yaitu 15,750 %. Hal ini di sebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya

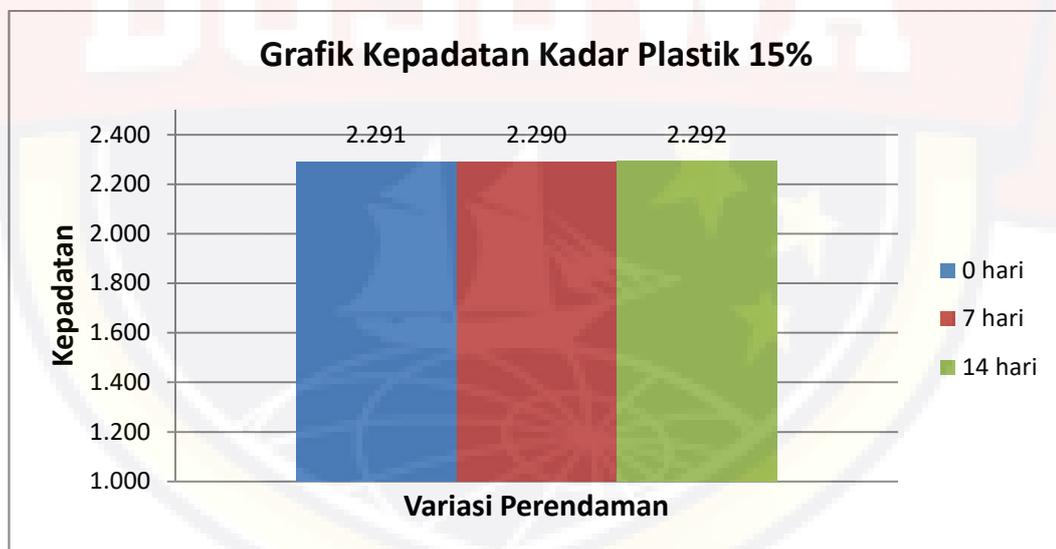
perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.4.5. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik 15% 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 penambahan plastik 15 %, dapat dilihat pada gambar 4.18 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



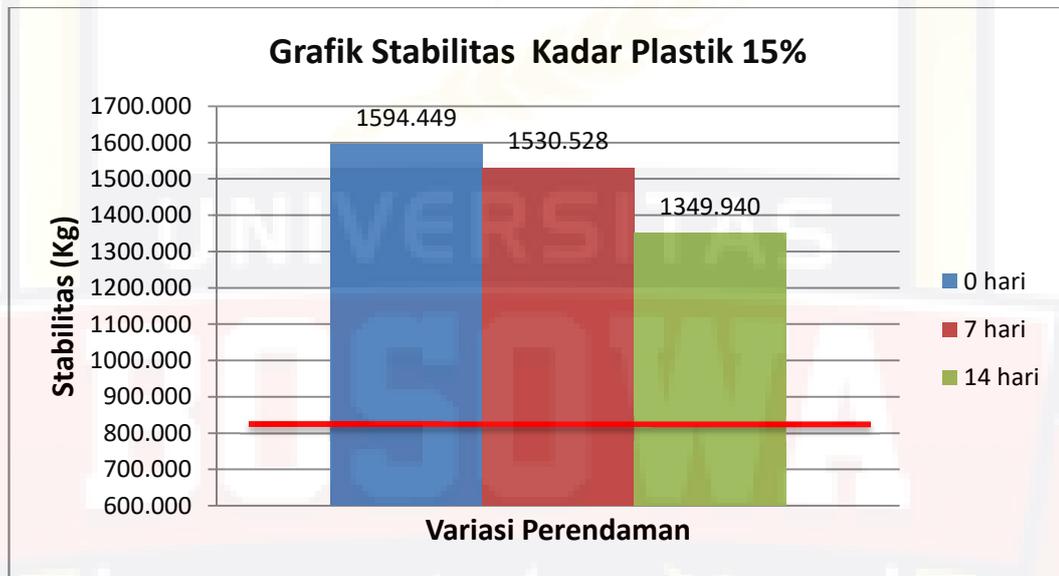
Gambar 4. 18 Diagram hubungan variasi kadar plastik 15% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.18 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kadar plastik 15% dengan perendaman berulang tidak terlalu menyebabkan nilai

kepadatan (*density*) berubah yakni berada pada nilai 2,29 hal ini dikarenakan campuran aspal belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.15.



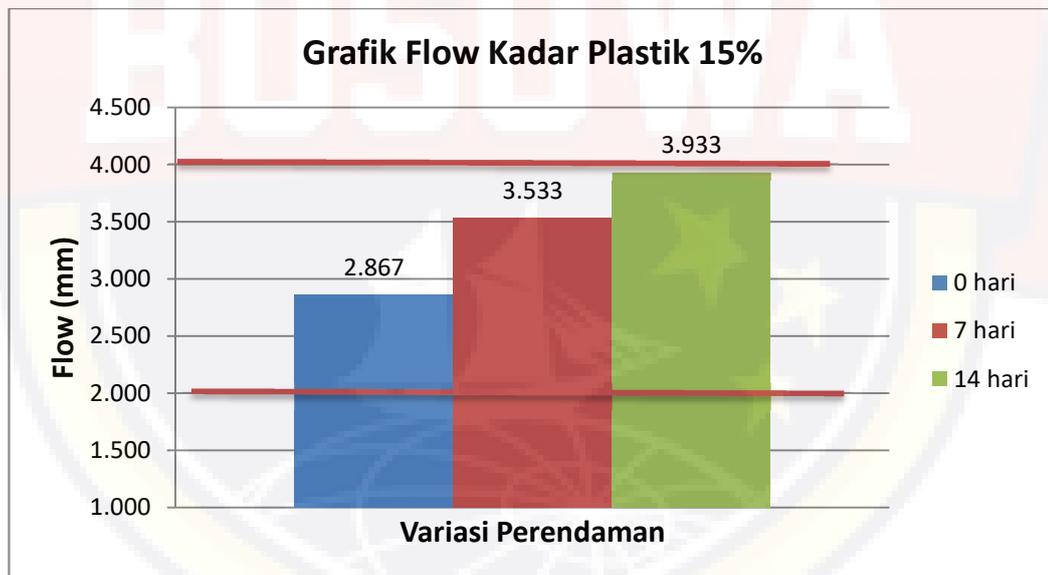
Gambar 4. 19 Diagram hubungan variasi kadar plastik 15% terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.19 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik 15 % dengan perendaman berulang mengakibatkan nilai stabilitas mengalami penurunan, yakni pada perendaman 0 hari 1594,449 Kg pada perendaman 7 hari 1530,528 Kg dan pada perendaman yang ke 14 hari nilainya 1349,94 kg nilai stabilitas mengalami penurunan. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam

campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.20.



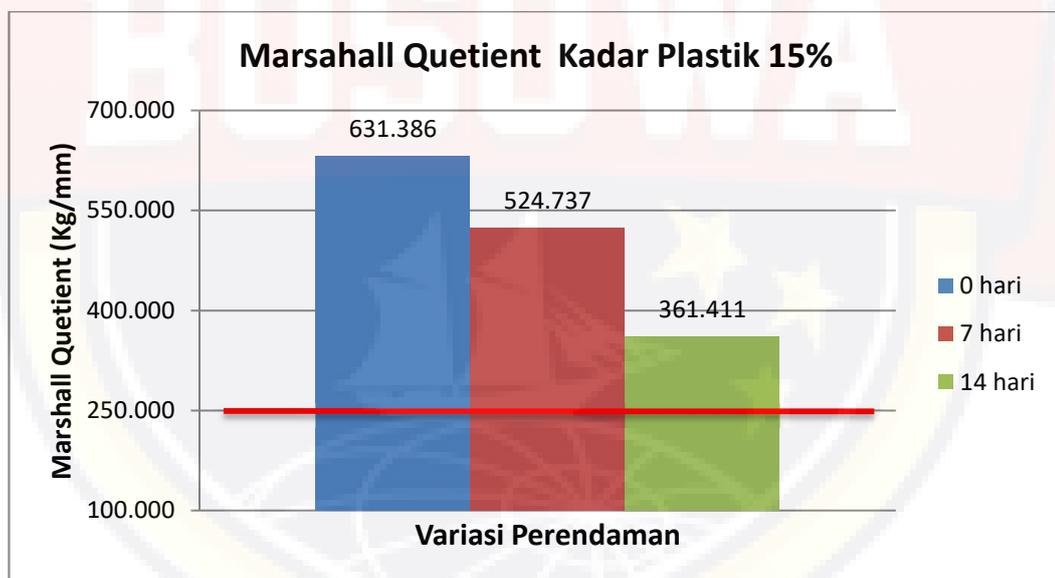
Gambar 4. 20. Diagram hubungan variasi kadar plastik 15% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.20 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik 15 % kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat , pada perendaman 0

hari yaitu 2,867 mm pada perendaman 7 hari nilainya yaitu 3,533 mm dan pada perendaman yang ke 14 hari meningkat menjadi 3,933 . Semakin lama perendaman , air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi data rekat aspal.

d. Marshall Quotient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.21 sebagai berikut.



Gambar 4. 21 Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 % pada terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

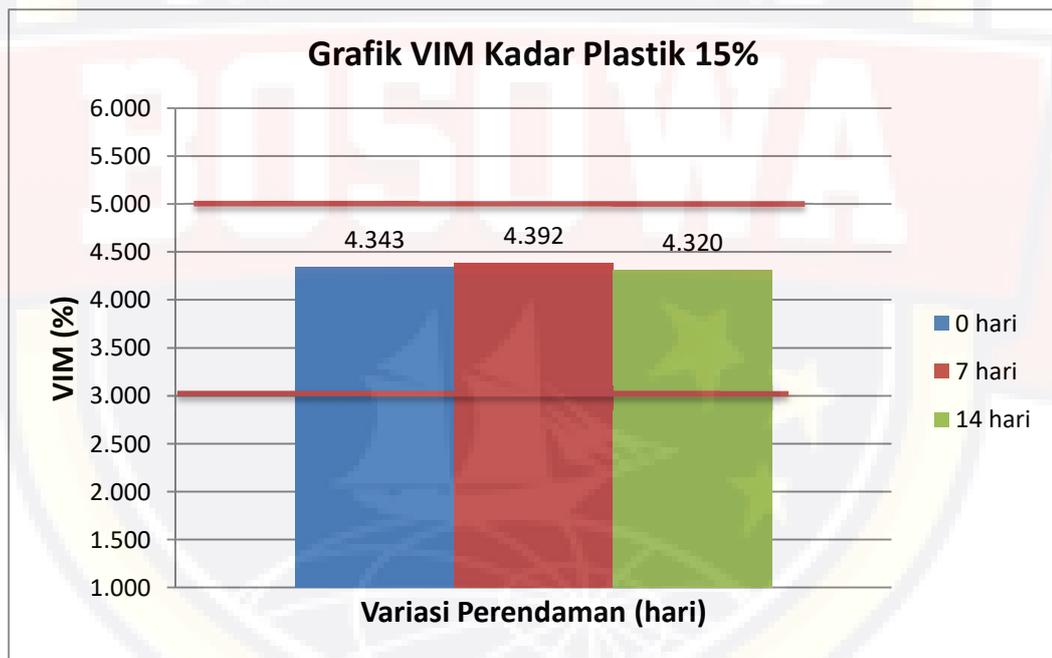
Gambar diatas terlihat bahwa nilai Marshall Quotient menurun pada perendaman 0 hari yaitu 631,386 Kg/mm pada perendaman 7 hari

yaitu 524,737 Kg/mm dan pada pada perendaman yang ke 14 hari yaitu 361,441 Kg/mm namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

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

VIM (void in mixture) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar abu sekam padi pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22

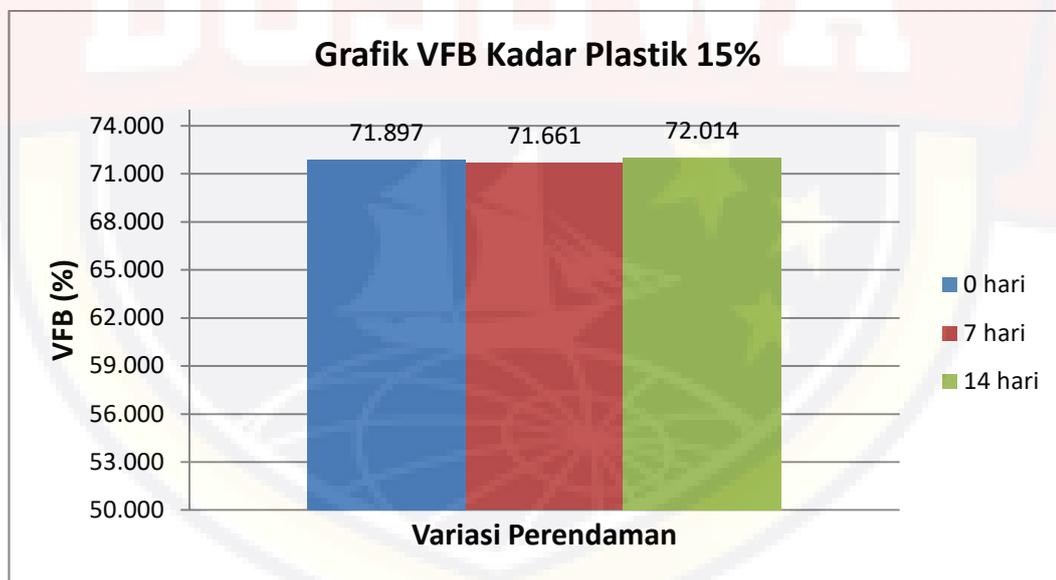


Gambar 4. 22 Diagram hubungan variasi kadar plastik 5 % terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.22 menunjukkan bahwa penambahan variasi plastik 15% ke dalam campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu menyebabkan nilai *VIM* berubah namun masuk dalam batas spesifikasi.

Yaitu pada perendaman 0 hari 4,343 % pada perendaman 7 hari yaitu 4,392 % dan pada perendaman yang ke 14 hari 4,320 % Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

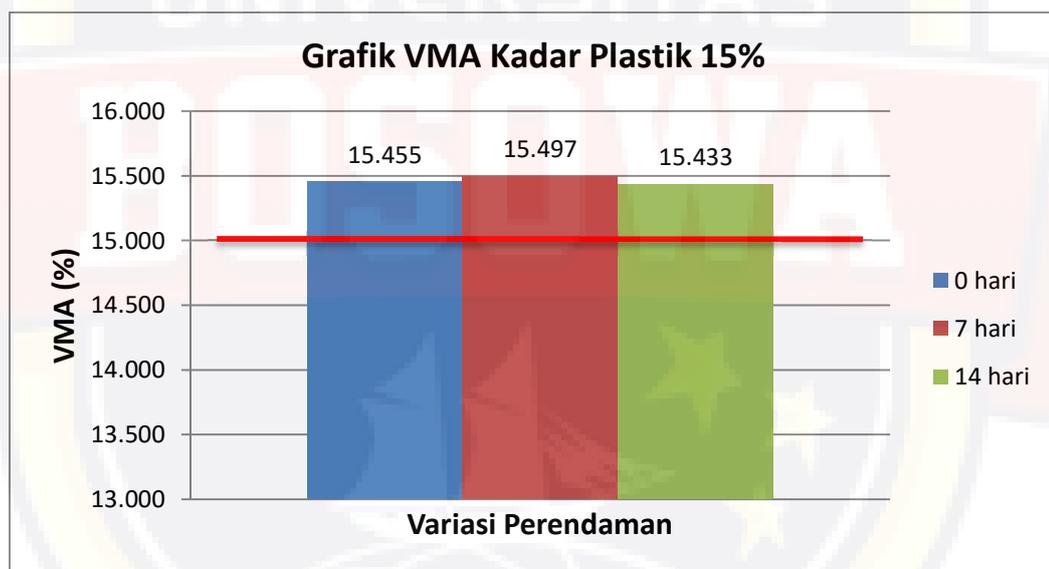


Gambar 4. 23 Diagram hubungan variasi kadar plastik 15% terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.23 menunjukkan bahwa penambahan plastic 15 % ke dalam campuran yang direndam secara berulang cenderung menyebabkan nilai *VFB* sama yakni berada pada nilai 71 %. Hal ini disebabkan karena penambahan plastik mempertahankan rongga aspal.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

Grafik nilai *VMA* campuran *AC-WC* untuk berbagai variasi kadar plastik di tambahkan pada campuran kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.24



Gambar 4. 24 Diagram hubungan variasi kadar plastik 15 % pada terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik ke dalam campuran cenderung sama yakni berada pada nilai sekitar 15,4 %. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan *VMA* pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke

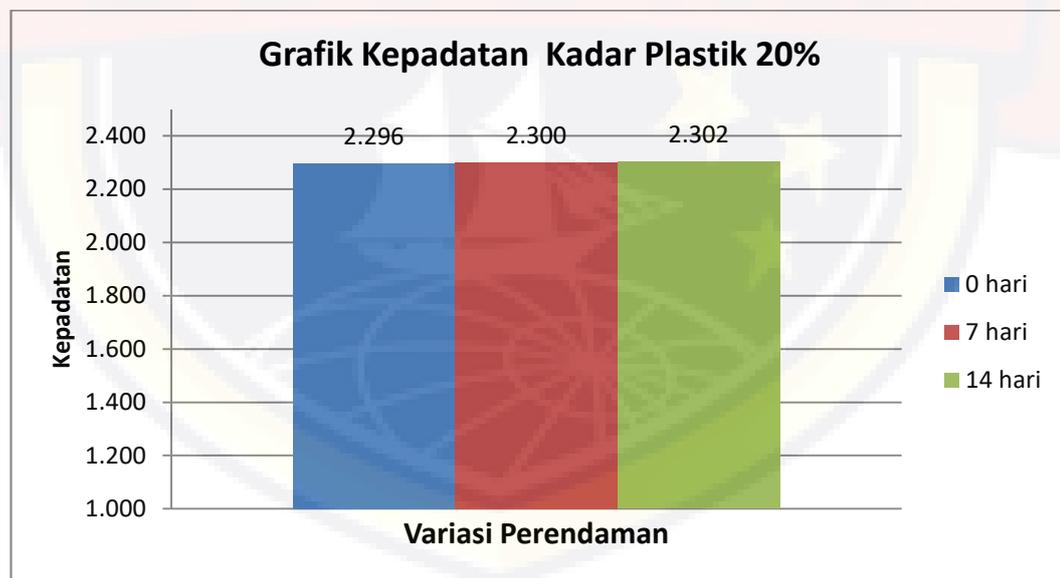
segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.4.6. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik 20% 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 penambahan plastik 20 %, dapat dilihat pada gambar 4.25 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

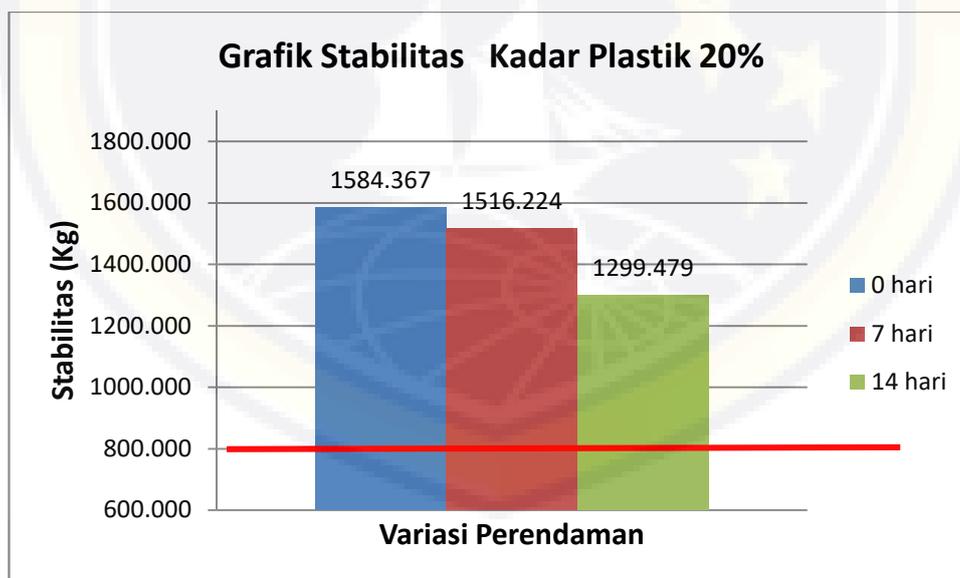


Gambar 4. 25 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20% terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.25 dapat dilihat bahwa variasi kadar plastik 20 % kedalam campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu memengaruhi nilai kepadatan (*density*) yakni berada di sekitar 2,28 hal ini disebabkan karena campuran belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 800 (Kg)

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi abu sekam padi pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.26

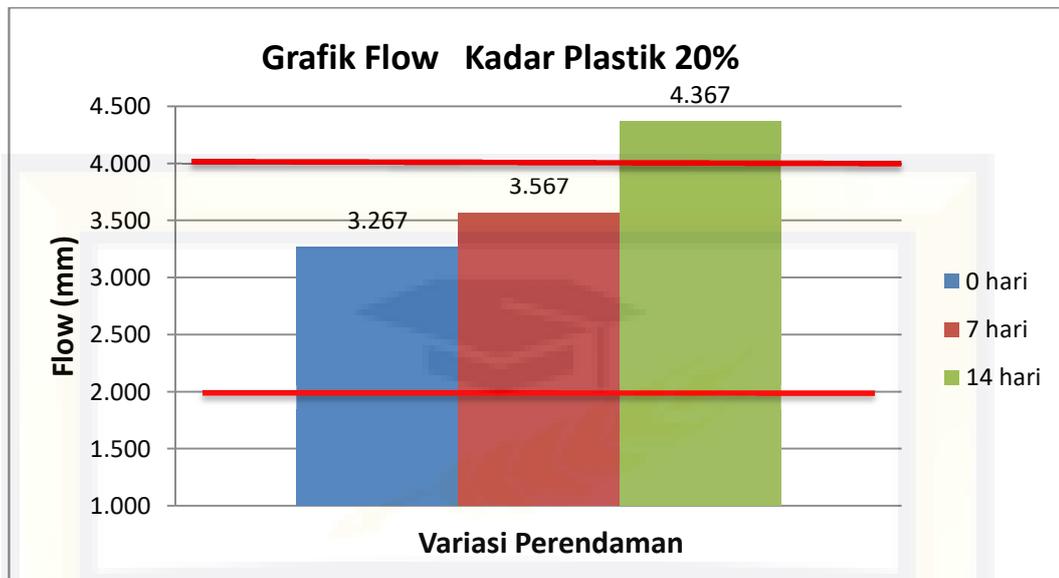


Gambar 4. 26 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.26 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik 20% kedalam campuran yang direndam secara berulang cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada perendaman 0 hari 158,357 Kg pada perendaman 7 hari 1516,224 Kg dan pada perendaman 14 hari yaitu 1299,479 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka adhesi campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

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

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi plastik yang ditambahkan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.27

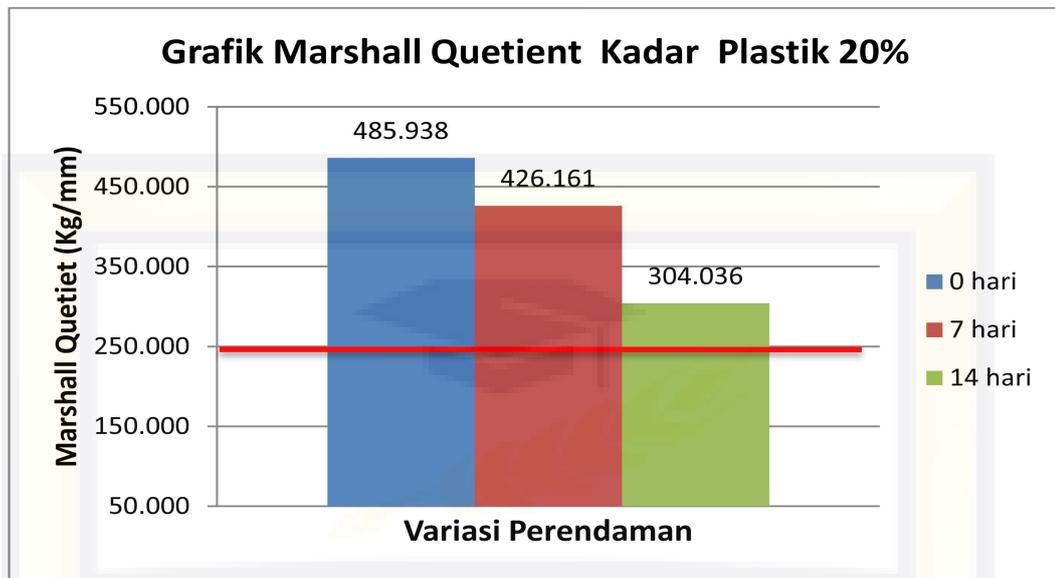


Gambar 4. 27 Diagram hubungan Variasi kadar plastik 20% terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.27 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik kedalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* meningkat, pada perendaman 0 hari nilainya yaitu 3,267 mm pada perendaman 7 hari yaitu 3,567 mm dan pada perendaman yang ke 14 hari nilai Flownya yaitu 4,367. Semakin lama perendaman , air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang tidak terselimuti sempurna oleh aspal. Hal ini mengurangi data rekat aspal.

d. Marshall Quesient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.28

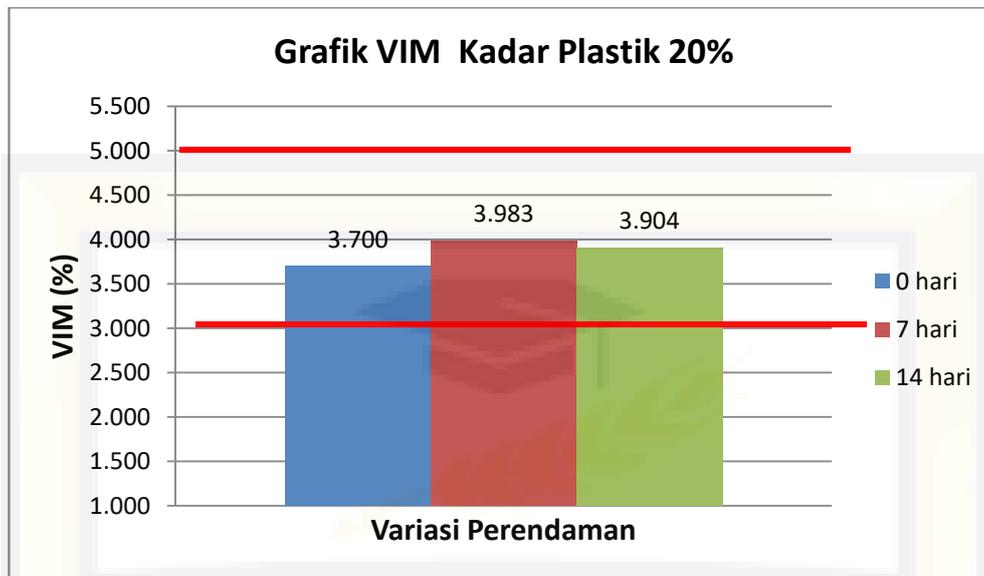


Gambar 4. 28 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % padi terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan bahwa lamanya durasi perendaman mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* bervariasi tanpa perendaman nilai *Marshall Quotient* yaitu 485,938 Kg/mm, pada perendaman 7 hari nilai yang diperoleh 426,161 Kg/mm dan pada perendaman yang ke 14 hari nilai yang di peroleh yaitu 304,036 Kg/mm. Hal ini kemungkinan disebabkan karena kohesi atau gaya tarik menarik dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air. 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 kadar pastik 20% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.22

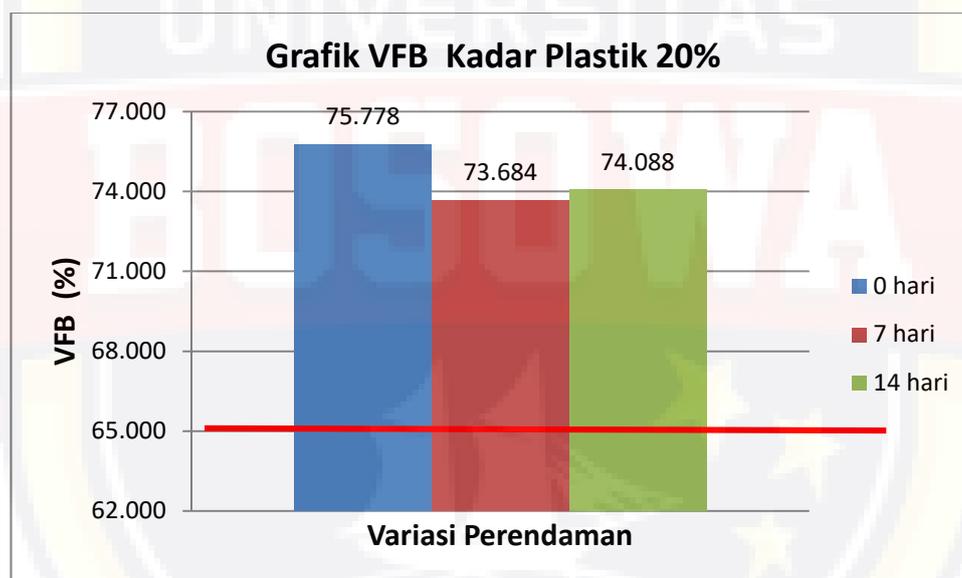


Gambar 4. 29 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.29 menunjukkan bahwa penambahan variasi plastik 20% ke dalam campuran yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *VIM* cenderung sama. Semakin naiknya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena pada saat campuran aspal direndam dalam air semakin lama air akan terinfiltrasi kedalam rongga-rongga yang tersisa dalam campuran, kemudian mendesak aspal baik yang menyelimuti agregat maupun mengisi rongga akibat gaya tekan air (*water pressur*) ke segala arah sehingga menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Rongga yang meningkat dan terisi air inilah yang mengurangi durabilitas atau keawetan campuran.

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedalaman campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.

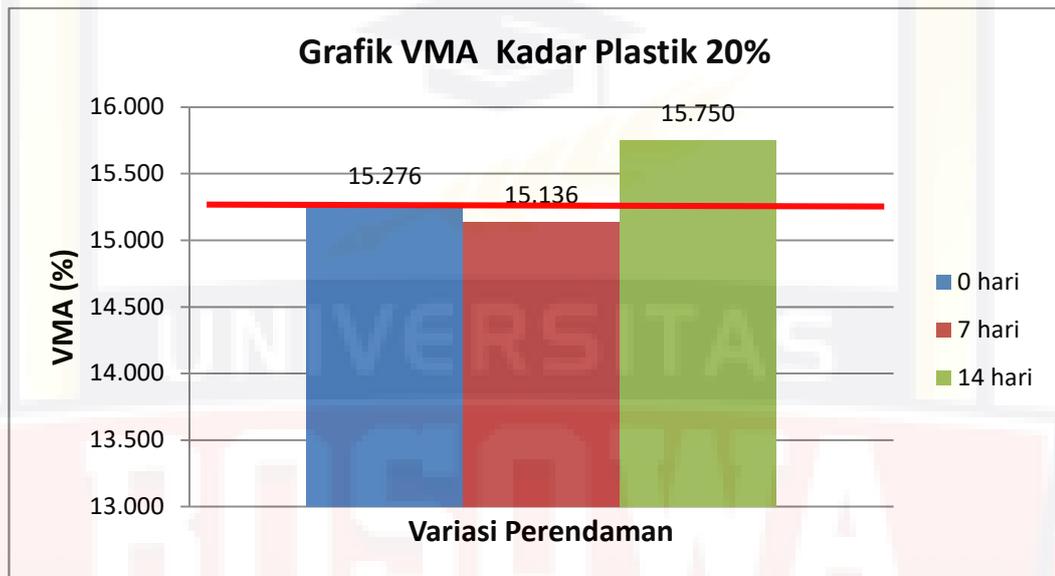


Gambar 4. 30 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.30 menunjukkan bahwa penambahan plastic 20% ke dalam campuran tidak terlalu menyebabkan nilai *VFB* berubah . Hal ini disebabkan karena penambahan plastik akan memperahankan rongga dalam aspal.

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk berbagai variasi limbah plastik kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.31



Gambar 4. 31 Diagram hubungan variasi kadar plastik 20 % pada terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.24 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik ke dalam campuran yang direndam secara berulang tidak terlalu menyebabkan nilai VMA berubah. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran disebabkan karena daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

4.4.7. Perhitungan Berat Agregat Dan Berat Aspal Menggunakan Kadar Aspal Optimum Dengan menggunakan bahan Tambah Limbah Plastik

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

Untuk campuran AC - WC dengan variasi penanamabahn limbah plastik pada perendaman 0 hari, 7 hari, dan 14 hari didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4.18 Komposisi campuran dengan penambahan limbah plastik perendaman 0 hari

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2010 Revisi 3
		Perendaman 0 Hari				
		Kadar Plastik				
		5%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2.284	2.291	2.291	2.296	-
2	Stabilitas (Kg)	1826.243	1773.100	1541.455	1514.833	Min 800
3	VMA (%)	15.715	15.592	15.455	15.276	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	859.804	687.954	542.140	464.774	Min 250
5	Flow (mm)	2.133	2.600	2.867	3.700	2-4
6	VIM (%)	4.638	4.499	4.343	3.700	3-5
7	VFB (%)	70.486	71.150	71.897	75.778	Min 65

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

Tabel 4.19 Komposisi campuran dengan penambahan limbah plastik perendaman 7 hari

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2010 Revisi 3
		Perendaman 7 Hari				
		Kadar Plastik				
		5%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2.284	2.291	2.290	2.300	-
2	Stabilitas (Kg)	1683.700	1673.767	1530.528	1516.224	Min 800
3	VMA (%)	15.732	15.482	15.497	15.136	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	582.812	540.509	432.979	426.161	Min 250
5	Flow (mm)	2.900	3.100	3.533	3.567	2-4
6	VIM (%)	4.657	4.375	4.392	3.983	3-5
7	VFB (%)	70.401	71.744	71.661	73.684	Min 65

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

Tabel 4.20 Komposisi campuran dengan penambahan limbah plastik perendaman 14 hari

No	Pemeriksaan	KAO 6.0 %				Spesifikasi 2010 Revisi 3
		Perendaman 14 Hari				
		Kadar Plastik				
		5%	10%	15%	20%	
1	Kepadatan	2.283	2.291	2.292	2.302	-
2	Stabilitas (Kg)	1658.867	1495.960	1349.940	1299.479	Min 800
3	VMA (%)	15.750	15.466	15.433	15.066	Min 15
4	MQ (Kg/mm)	441.734	384.409	346,255	304.036	Min 250
5	Flow (mm)	3.767	3.900	3.933	4.367	2-4
6	VIM (%)	4.678	4.356	4.320	3.904	3-5
7	VFB (%)	70.302	71.835	72.014	74.088	Min 65

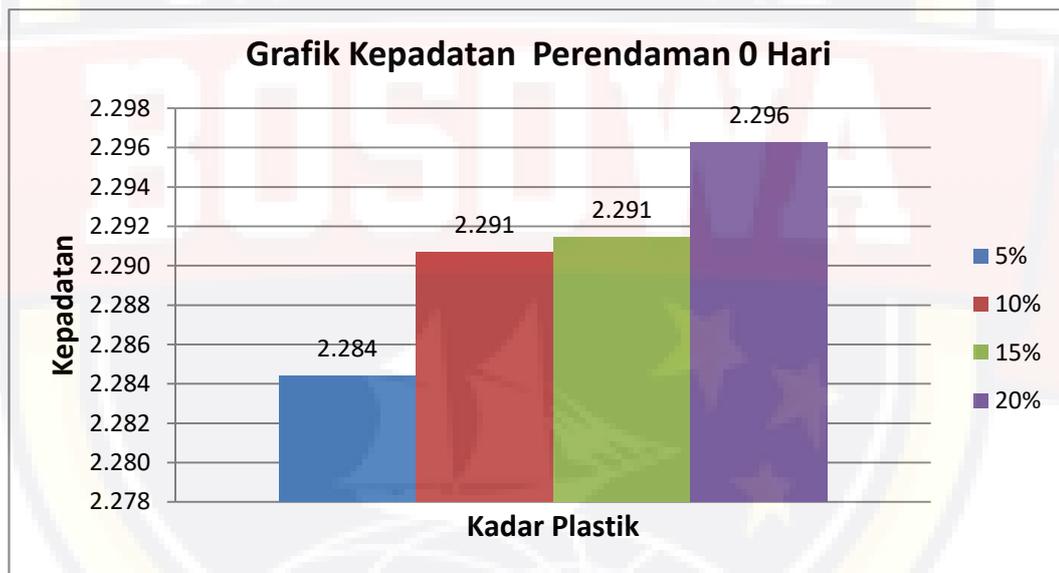
Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) Kementerian PUPR

4.4.8. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 0 Hari

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 perendaman 0 hari, dapat dilihat pada gambar 4.32 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



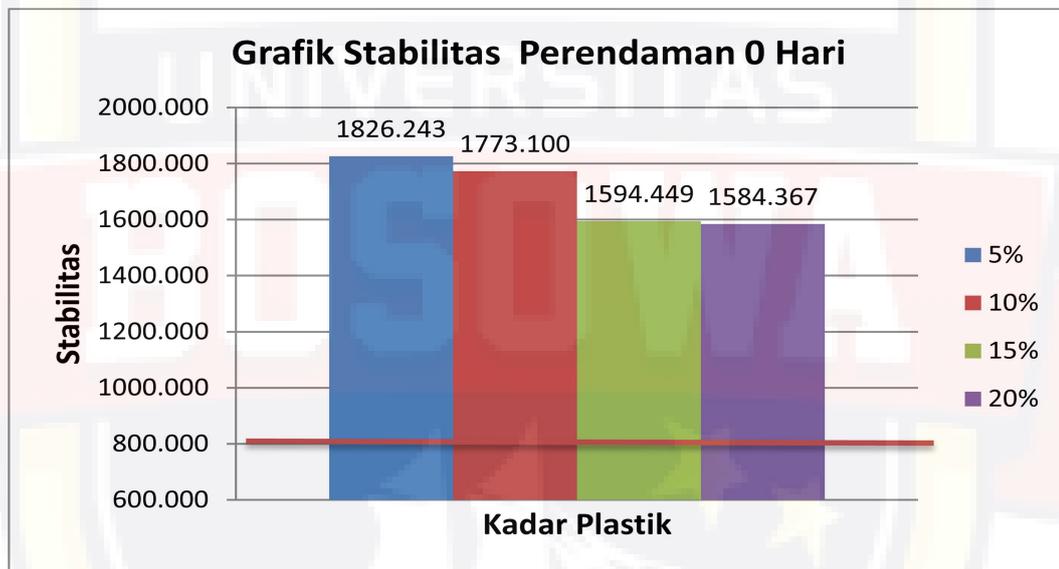
Gambar 4.32 Diagram hubungan variasi Perendaman 0 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.32 dapat dilihat bahwa variasi kadar plastik kedalam campuran yang direndam selama 0 hari tidak terlalu memengaruhi nilai kepadatan (*density*) .pada kadar plastik 5 % nilai kepadatan 2,284 pada kadar plastik 10 % nilai yang diperoleh 2,291 pada kadar plastik 15 % nilai

yang diperoleh 2,291 dan pada kadar plastik 20 % 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 limbah plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.33.



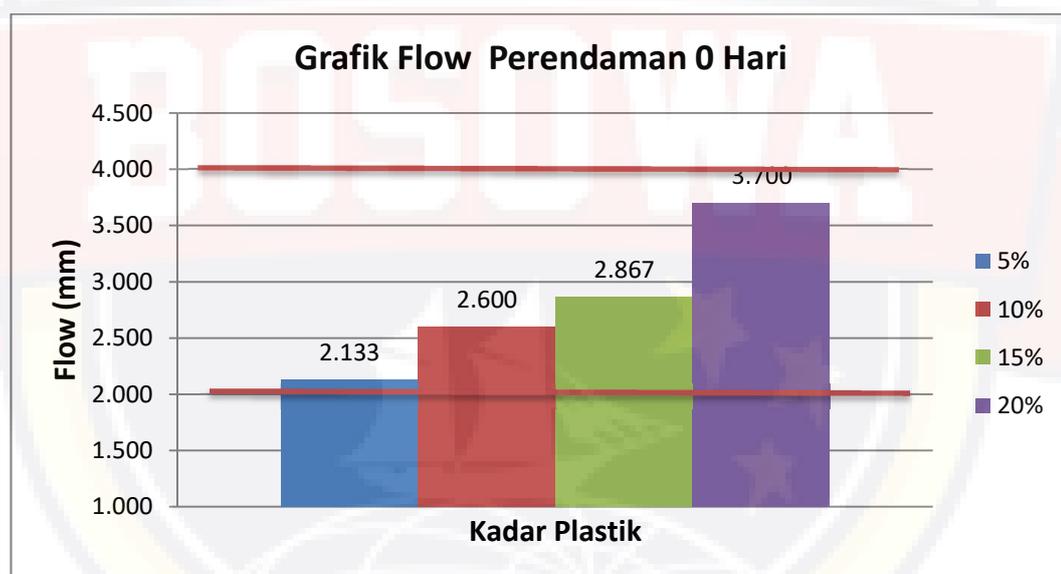
Gambar 4.33 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.33 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik kedalam campuran yang direndam 0 hari mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada kadar plastik 5 % nilai stabilitas yang diperoleh 1826,243 Kg, nilai stabilitas mengalami penurunan pada kadar plastik 10 % nilainya 1773,1 Kg, nilai stabilitas juga mengalami penurunan pada kadar plastik 15 % nilainya yaitu 1541,45 Kg

dan nilai stabilitas terus mengalami penurunan pada kadar plastik 20 % nilai yang diperoleh adalah 1514,833 Kg namun masih berada dalam batas spesifikasi. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar plastik dan mengurangi kadar aspal yang ditambahkan 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 plastik yang direndam 0 hari pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.34



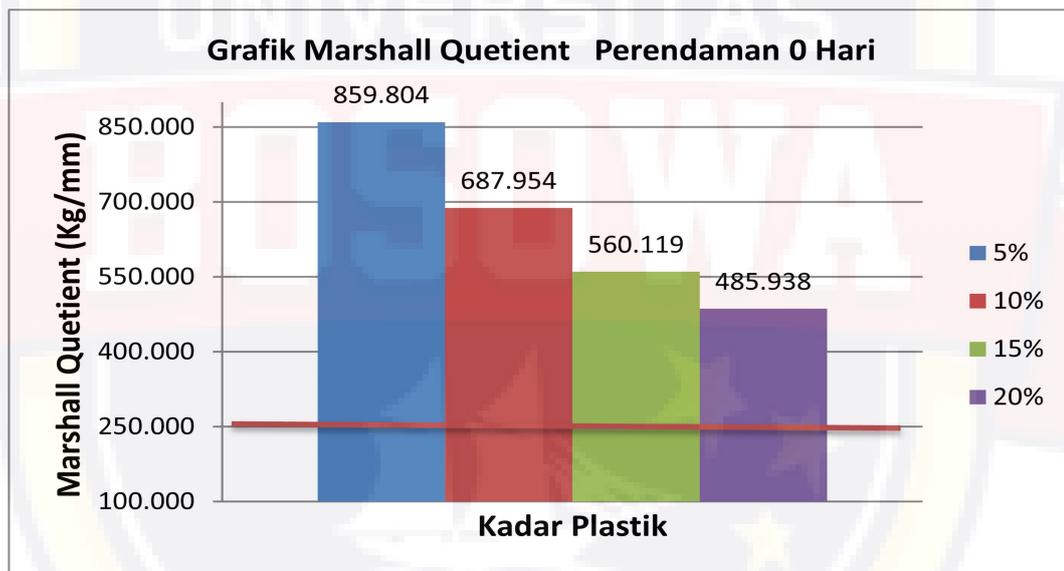
Gambar 4.34 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.34 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik kedalam campuran yang direndam 0 hari terlihat pada kadar plastik 5 % nilai flow yang diperoleh 2,133 mm pada kadar plastik 10 % nilainya 2,6 mm pada kadar plastik 15 % nilainya 2,867

dan pada kadar plastik 20 % nilai yang diperoleh adalah 3,7 mm. Nilai *Flow* pada perendaman 0 hari meningkat. 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 Quotient

Nilai MQ pada kadar aspal optimum yang direndam 0 hari dapat dilihat pada gambar 4.35



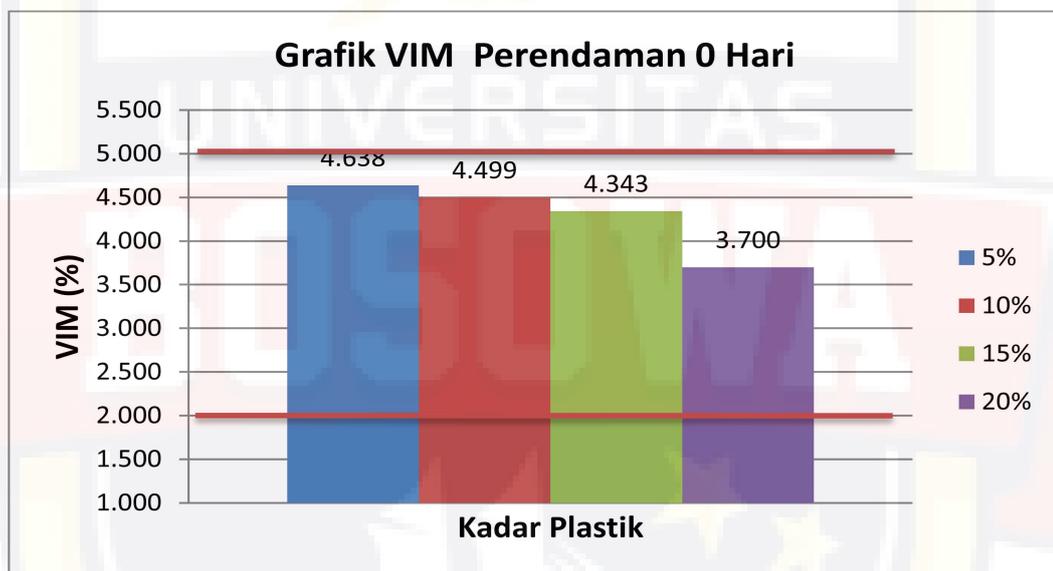
Gambar 4.35 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi kada plastik menyebabkan nilai Marshall Quotient juga bervariasi. Pada plastik 5 % nilai *Marshall Quotient* adalah 859,904 Kg/mm pada kadar plastik 10 % nilainya 687,954 Kg/mm pada kadar plastik 15 % nilainya adalah 560,119 Kg/mm dan pada kadar plastik 20 % nilai yang diperoleh adalah 464,774

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 plastik pada kadar aspal optimum yang direndam 0 hari dapat dilihat pada gambar 4.36

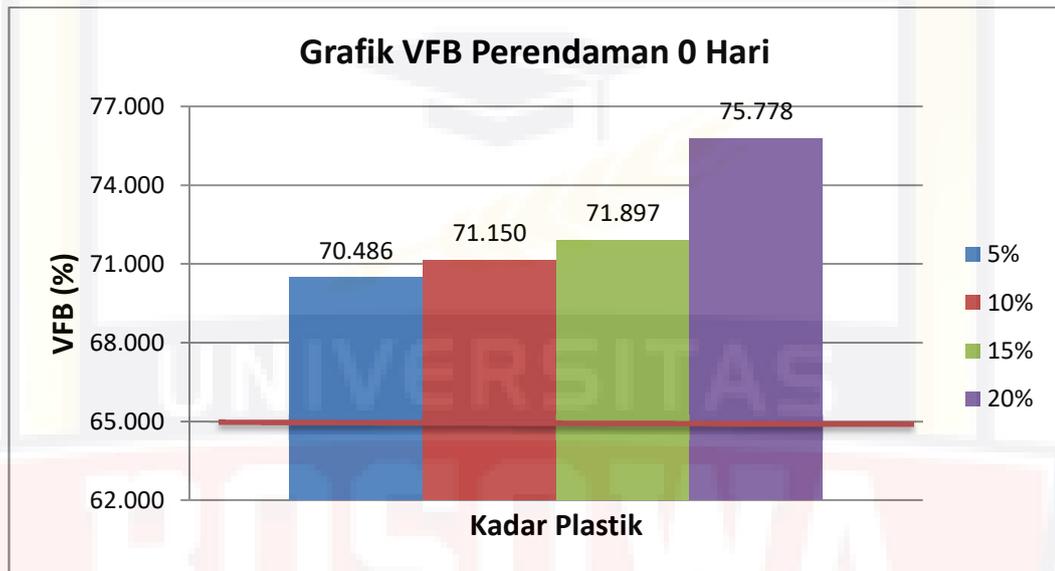


Gambar 4.36 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.36 menunjukkan bahwa penambahan variasi plastik ke dalam campuran yang direndam selama 0 hari menyebabkan nilai *VIM* pada kadar plastik 5 % nilainya 4,638 % pada kadar plastik 10 % nilainya adalah 4,499 % pada kadar plastik 15 % nilainya adalah 4,343 % dan pada kadar plastik 20 % nilai yang didapatkan 3,700 %. Penambahan

kadar plastik menyebabkan nilai VIM mengalami penurunan hal ini dikarenakan susunan partikel agregat didalam campuran

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

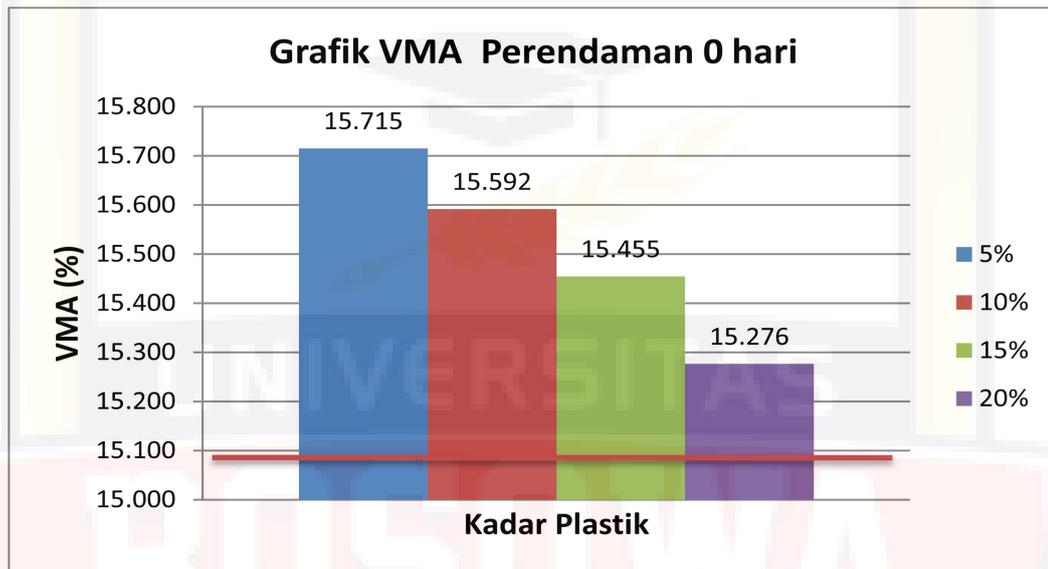


Gambar 4.37 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.37 menunjukkan bahwa penambahan plastik ke dalam campuran yang direndam selama 0 hari pada penambahan plastik 5 % nilainya adalah 70,584 % pada kadar plastik 10% nilainya 71,150 % pada kadar plastik 15 % nilainya adalah 71,897 dan pada kadar plastik 20% 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 limbah plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.38



Gambar 4.38 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

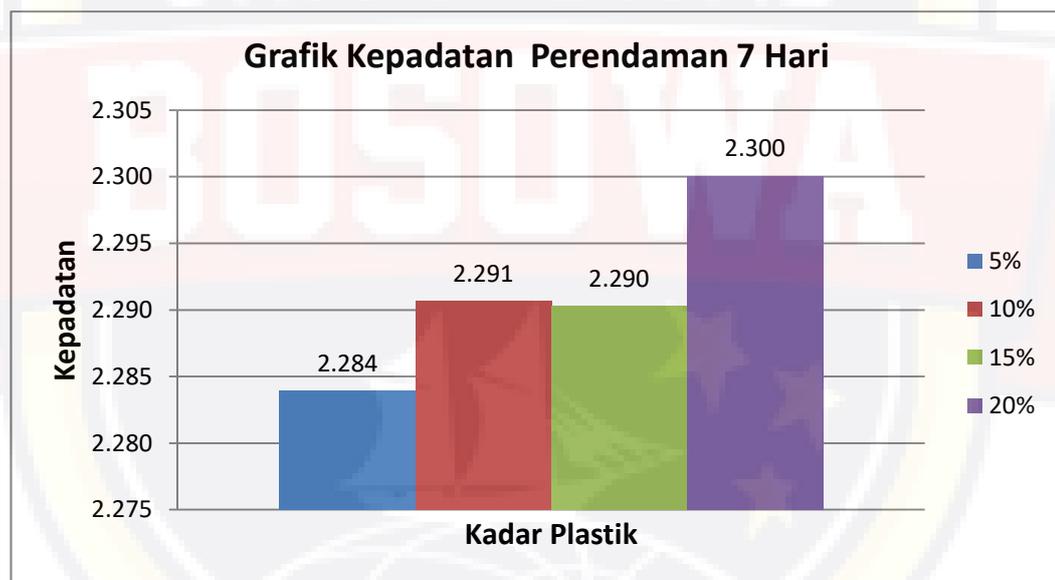
Dari gambar 4.38 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik ke dalam campuran yang direndam selama 0 hari tidak terlalu menyebabkan nilai VMA berubah. Hal disebabkan karena penambahan plastik dalam campuran mendesak aspal sehingga terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat menurun.

4.4.9. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 7 Hari

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 perendaman 0 hari, dapat dilihat pada gambar 4.32 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.



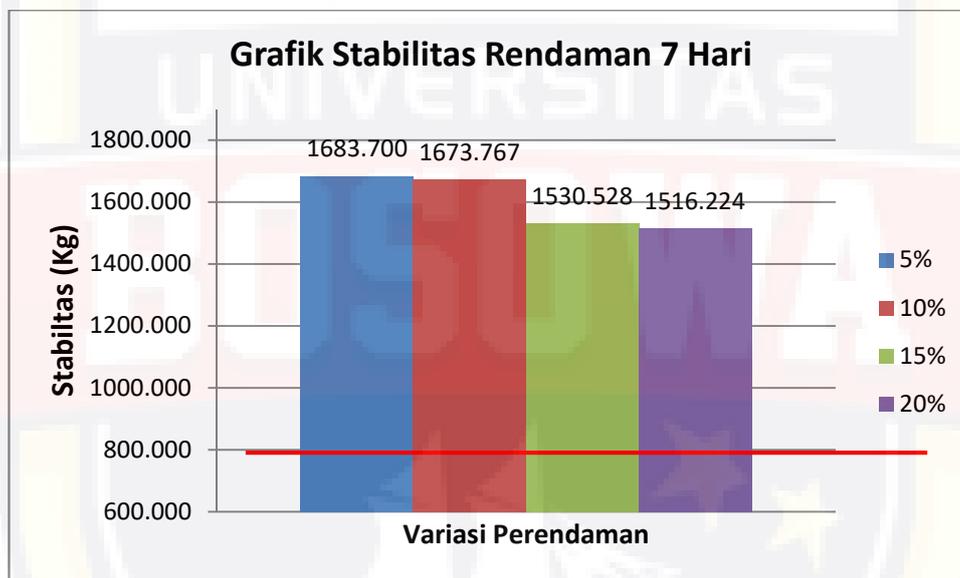
Gambar 4.39 Diagram hubungan variasi Perendaman 7 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.39 dapat dilihat bahwa variasi kadar plastik kedalam campuran yang direndam selama 7 hari nilai kepadatan (*density*). Pada Kadar plastik 5 % nilai kepadatan yang diperoleh 2,284 pada kadar plastik 10 % nilai kepadatannya adalah 2,291 pada kadar plastik 15 % nilai

kepadatannya 2,290 dan pada kadar plastik 20 % nilai kepadatan yang diperoleh yang diperoleh adalah 2,300. 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 Limbah plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.40.



Gambar 4.40 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

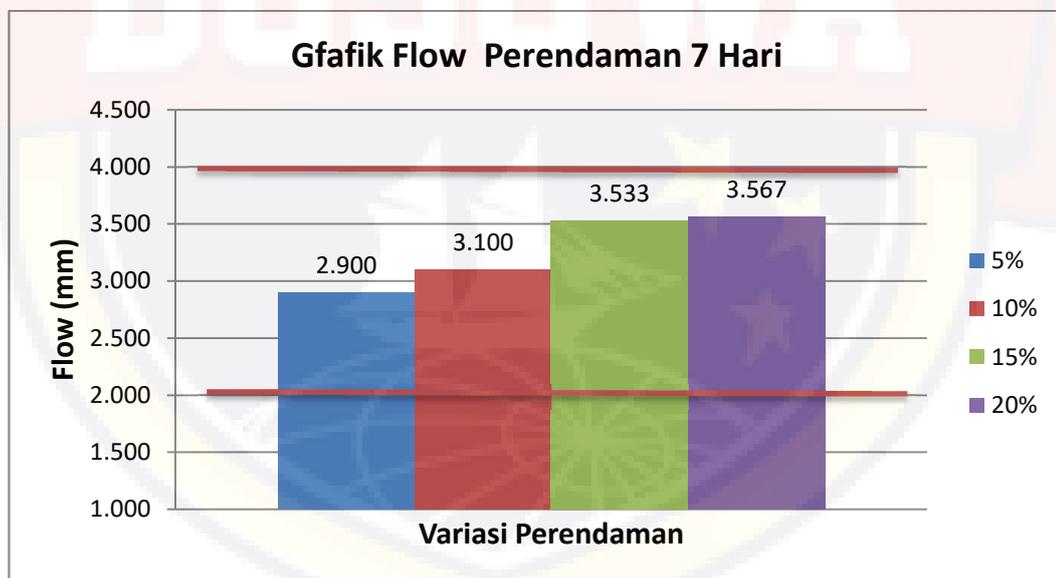
Dari gambar 4.40 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik kedalam campuran yang direndam 7 hari. Penambahan kadar plastik 5 % dari kadar aspal di peroleh nilai stabilitas 1683,700 Kg pada kadar plastik 10 % nilainya mengalami penurunan 1673,767 Kg namun masih berada dalam batas spesifikasi hal

ini disebabkan karena semakin banyak kadar plastik yang di tambahkan kedalam campuran akan mengurangi daya rekat aspal.

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

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

Grafik nilai *Flow* campuran AC-WC untuk berbagai variasi plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.41



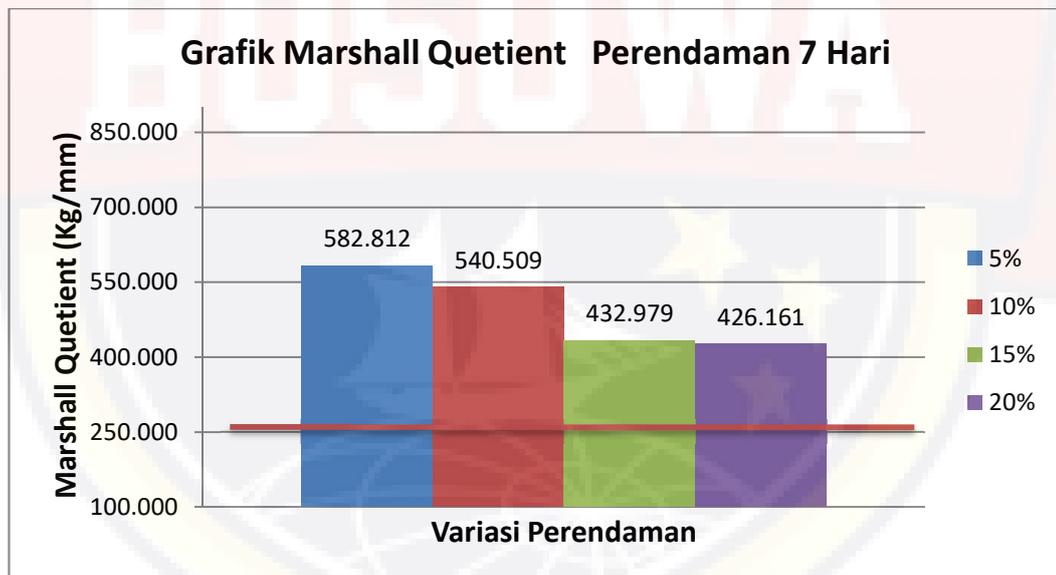
Gambar 4.41 Diagram hubungan Variasi perendaman 7 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.34 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik kedalam campuran yang direndam 7 hari

menyebabkan nilai *Flow* meningkat hal ini dikarenakan semakin banyak kadar plastik yang ditambahkan kedalam campuran maka penggunaan aspal semakin sedikit menyebabkan daya rekat menurun.

d. Marshall Quotient

Semakin tinggi nilai *MQ* maka kemungkinan akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai *MQ* juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai *MQ* pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.42



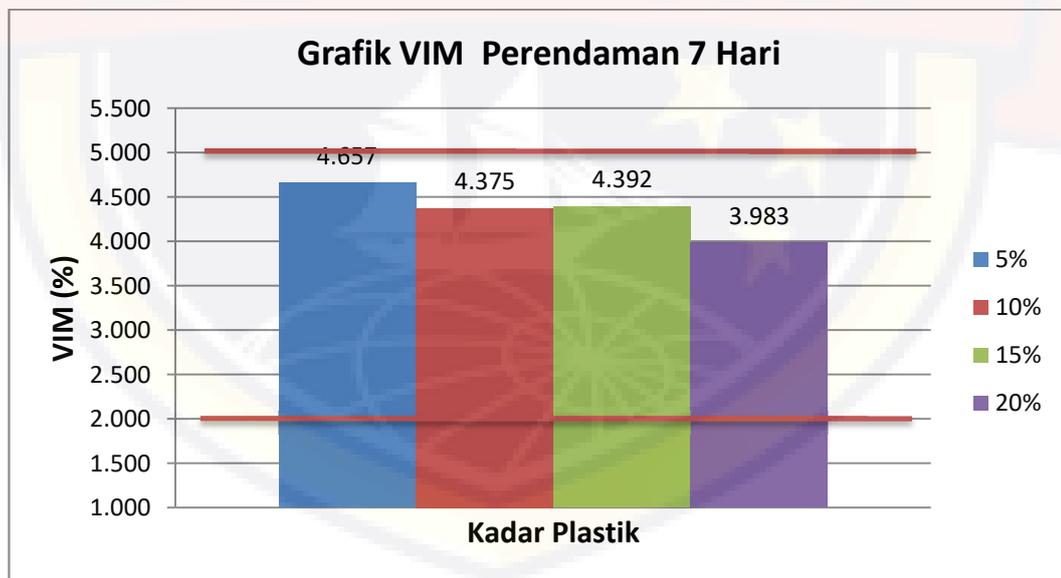
Gambar 4.42 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap nilai *MQ* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Gambar diatas menunjukkan penurunan nilai *Marshall Quotient* pada campuran aspal dikarenakan nilai *MQ* sebanding dengan nilai

stabilitas, dimana nilai stabilitas pada campuran aspal juga menurun dengan semakin lama terendam dalam air. Penurunan nilai *MQ* ini mengindikasikan kemampuan campuran aspal dalam merespon beban yang diberikan menurun. Hal ini disebabkan karena kohesi atau gaya tarik menarik dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air, selain itu juga adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

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

Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.43

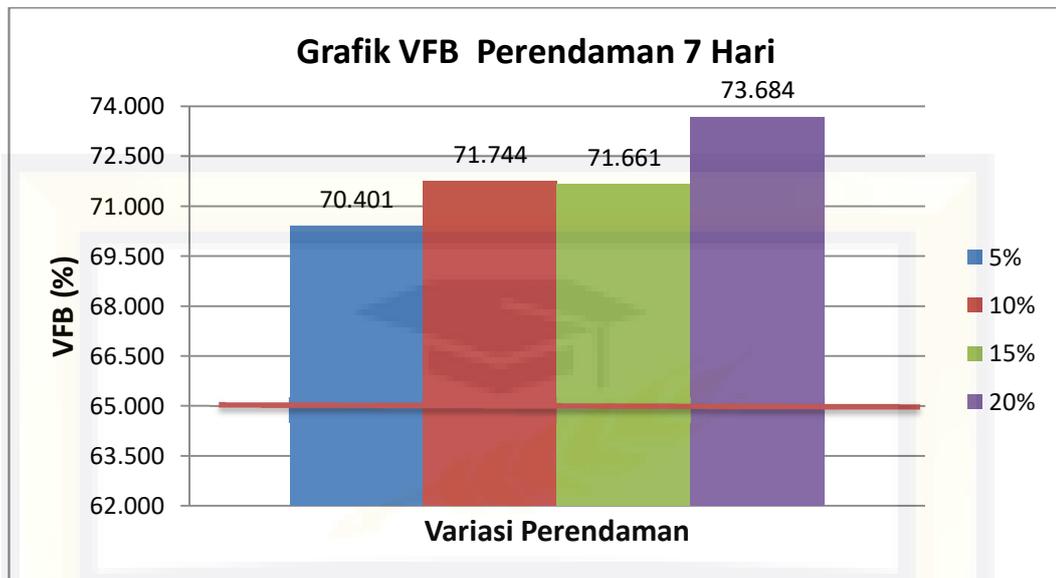


Gambar 4.43 Diagram hubungan variasi perendaman 0 hari terhadap VIM pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.36 menunjukkan bahwa penambahan variasi plastik ke dalam campuran yang direndam selama 0 hari menyebabkan nilai *VIM* pada kadar plastik 5 % yang ditambahkan kedalam campuran adalah 4,637 % pada kadar plastik 10% nilai *VIM* adalah 4,375 % pada kadar plastik 15% nilai yang diperoleh adalah 4,392 % dan pada kadar plastik 20 % nilai yang diperoleh adalah 3,983 % semuanya masuk dalam batas spesifikasi. Penambahan kadar plastik menyebabkan nilai *VIM* mengalami penurunan hal ini dikarenakan susunan partikel agregat didalam campuran

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedapatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



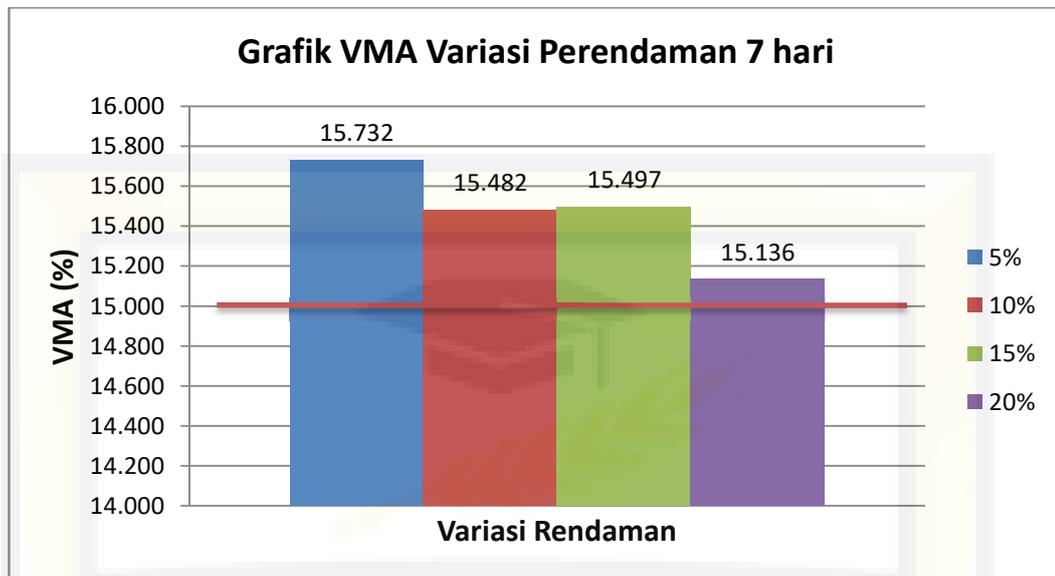
Gambar 4.44 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VFB pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.44 menunjukkan bahwa penambahan plastik ke dalam campuran yang direndam selama 7 hari terjadi peningkatan nilai VFB. Hal ini disebabkan volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin meningkat akibat penambahan plastik

g. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15 %

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukurann butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.45



Gambar 4.45 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

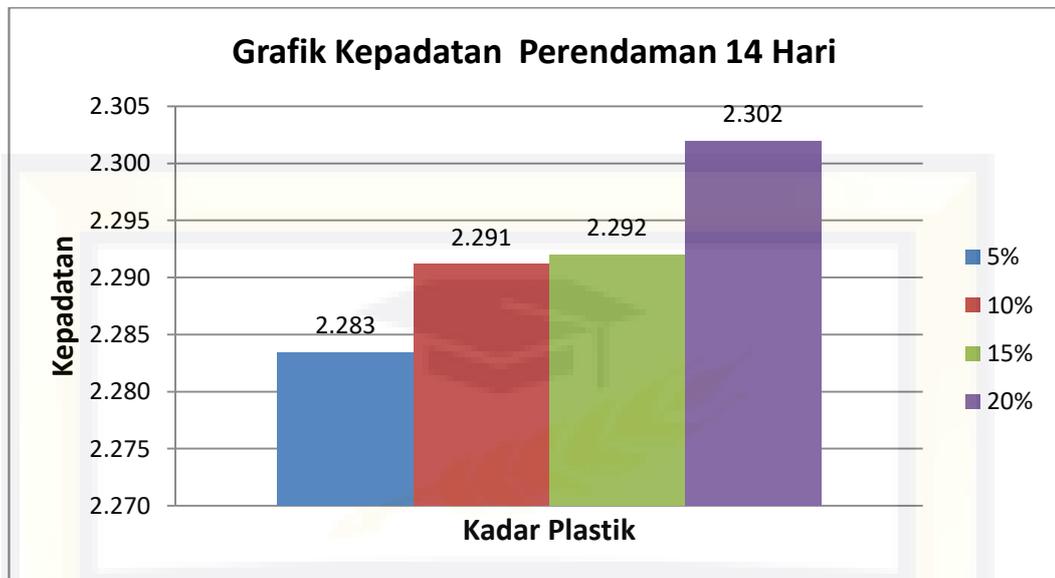
Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai VMA cenderung bervariasi pada penambahan kadar plastik 5 % dari kadar aspal nilai yang diperoleh 15,734% pada penambahan kadar plastik 10 % nilai VMA 15,497 % pada penambahan kadar plastik 15 % nilai VMA 15,495 % dan pada penambahan kadar plastik 20 % nilai yang diperoleh 15,136 %. Semakin banyak kadar plastik yang ditambahkan kedalam campuran maka nilai VMA akan semakin menurun. Hal disebabkan karena penambahan plastik dalam campuran mendesak aspal sehingga terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat menurun.

4.4.10. Analisis Hasil Pengujian Dengan Penambahan Limbah Plastik Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC dengan Perendaman 14 Hari

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

a. Kepadatan

Nilai *density* (kepadatan) menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan *density* tinggi dalam batas tertentu akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *density* yang rendah. Nilai *density* suatu campuran dipengaruhi oleh kualitas dan komposisi bahan susun serta cara pemadatan, suatu campuran akan memiliki *density* yang tinggi apabila mempunyai bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butiran rendah . Nilai kepadatan campuran beton aspal lapis aus AC-WC dengan perendaman 0 hari, dapat dilihat pada gambar 4.46 untuk campuran beton aspal lapis aus AC-WC pada kondisi kadar aspal optimum.

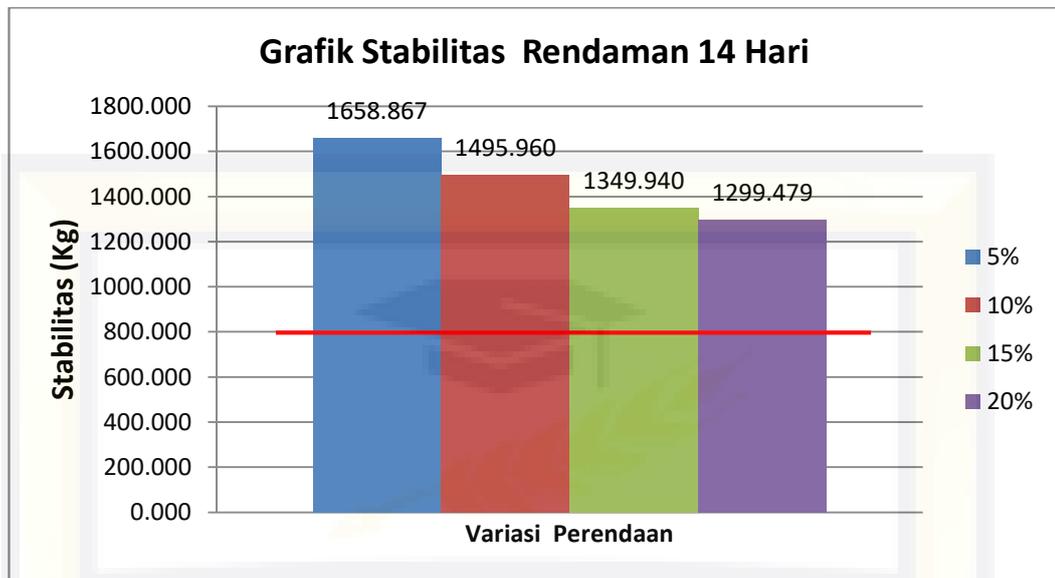


Gambar 4.46 Diagram hubungan variasi Perendaman 14 hari terhadap kepadatan pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.46 dapat dilihat bahwa variasi kadar plastik kedalam campuran yang direndam selama 14 hari tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*). 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 limbah plastik pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada gambar 4.47.

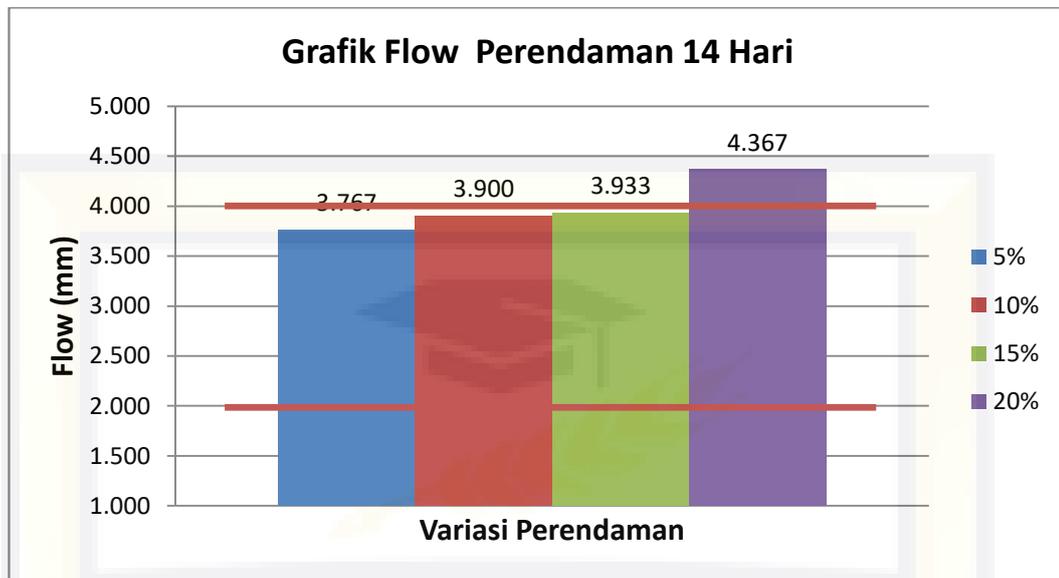


Gambar 4.47 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap Stabilitas pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.40 diatas menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang menggunakan variasi plastik kedalam campuran yang direndam 14 hari cenderung mengalami penurunan. Nilai stabilitas pada kadar plastik 5% nilai stabilitas yang diperoleh adalah 1658,867 Kg pada kadar plastik 10 % nilai stabilitas yang di peroleh 1495,960 Kg, pada kadar plastik 15% nilai stabilitasnya 1349.940 Kg dan pada kadar plastik 20% nilai stabilitas yang diperoleh 1299,470 Kg semuanya 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 plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.48



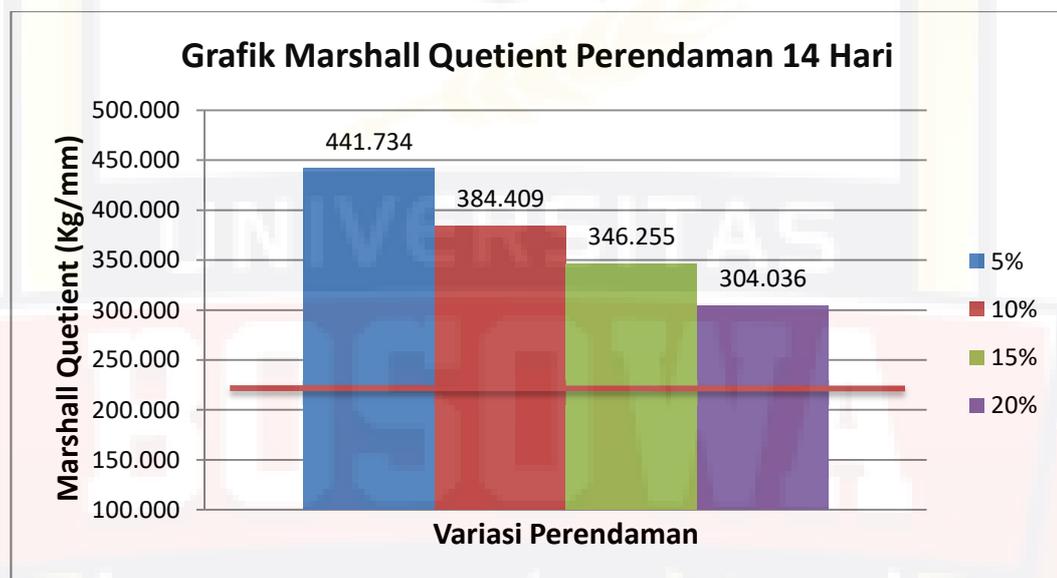
Gambar 4.48 Diagram hubungan Variasi perendaman 14 hari terhadap flow pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.34 menunjukkan bahwa penambahan variasi penambahan limbah plastik kedalam campuran yang direndam 14 hari menyebabkan nilai *Flow* meningkat pada penambahan kadar plastik 5 % nilai flow 3,767 mm pada kadar plastik 10 % nilai flow 3,900 mm pada kadar plastik 15% nilai flow yang diperoleh 3,933 mm dan pada kadar plastik 20 % nilai folw yang di peroleh 4,367 %. 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 Questient

Marshall Questient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan akan semakin

tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Namun nilai MQ juga tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.42



Gambar 4.49 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap nilai MQ pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

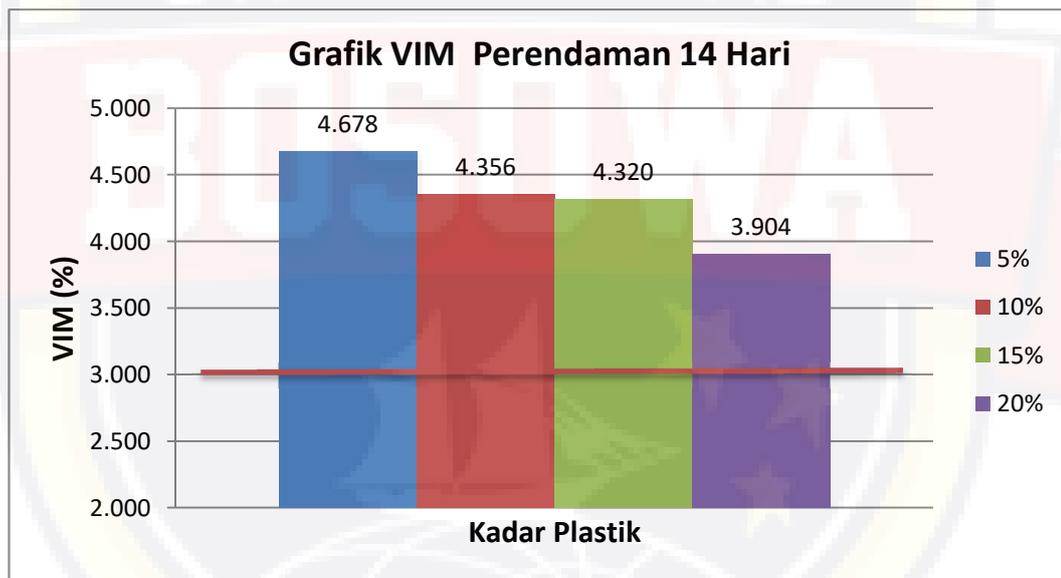
Dari gambar diatas terlihat bahwa variasi penambahan kadar plastik mengakibatkan nilai *Marshall Quotient* juga mengalami variasi. Pada pemabahan kadar plastik 5 % dari kadar aspal diperoleh nilai MQ 441,734 Kg/mm pada penambahan kadar plastik 10 % nilai MQ 384,409 Kg/mm pada penambahan kadar plastik 15 % nilai MQ 346,255 Kg/mm dan penamabahan kadar plastik 20 % nilai MQ 304,036 Kg/mm. Hal ini disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

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

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. *VIM* atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran.

Semakin kecil nilai *VIM*, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai *VIM* yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan.

Grafik nilai *VIM* campuran AC-WC untuk berbagai variasi kadar plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.50



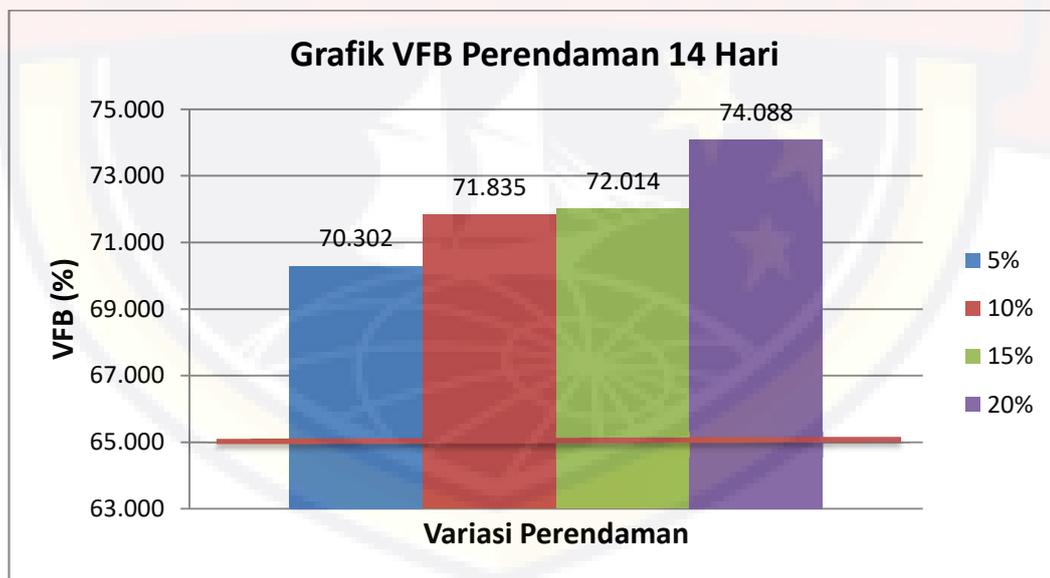
Gambar 4.50 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap *VIM* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

Dari gambar 4.36 menunjukkan bahwa penambahan variasi plastik ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari menyebabkan penurunan nilai *VIM* . Pada penambahan kadar plastik 5 % dari kadar aspal nilai yang diperoleh adalah 4,678 % pada penambahan kadar

plastik 10 % nilainya *VIM* 4,356 % pada kadar plastik 15 % nilai yang *VIM* 4,320 % dan pada penambahan kadar plastik 20 % nilai *VIM* 3,904 %. Penambahan kadar plastik menyebabkan nilai *VIM* mengalami penurunan, hal ini dikarenakan susunan partikel agregat didalam campuran

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

Nilai *VFB* memperlihatkan presentase rongga terisi aspal. Apabila *VFB* besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



Gambar 4.51 Diagram hubungan variasi perendaman 14 hari terhadap *VFB* pada kondisi kadar aspal optimum dengan waktu perendaman 30 menit dengan suhu 60°C.

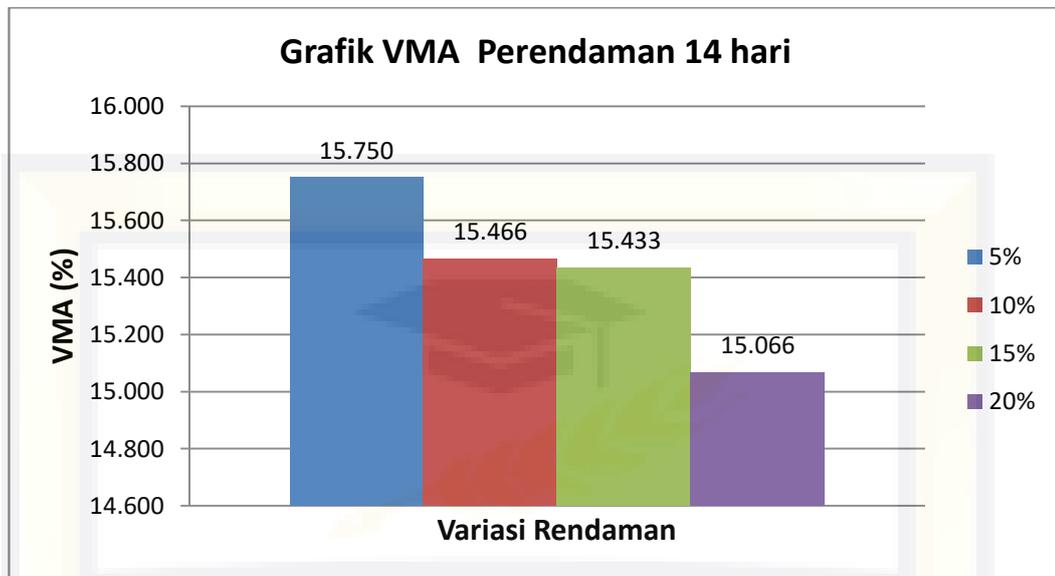
Dari gambar 4.44 menunjukkan bahwa penambahan plastik ke dalam campuran yang direndam selama 14 hari terjadi peningkatan nilai *VFB*. Pada penambahan kadar plastik 5 % dari kadar aspal nilai *VFB* 70,302 % pada penambahan kadar plastik 10 % nilai *VFB* adalah 71,835 % pada penambahan kadar plastik 15 % nilai *VFB* 72,014 % dan pada penambahan kadar plastik 20 % nilai *VFB* adalah 74,088 %. Hal ini di sebabkan volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin meningkat akibat penambahan plastik.

g. Rongga Dalam Agregat (*VMA*) Min 15%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk di dalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai *VMA* yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding.

Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan.

Grafik nilai *VMA* campuran AC-WC untuk berbagai variasi limbah plastik pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada gambar 4.45



Gambar 4.52 Diagram hubungan variasi perendaman 7 hari terhadap VMA pada kondisi kadar aspal optimum Dengan Waktu Perendaman 30 Menit Dengan Suhu 60°C.

Dari gambar 4.52 terlihat bahwa nilai VMA cenderung bervariasi seiring bertambahnya kadar plastik yang ditambahkan ke dalam campuran. Penambahan kadar kadar plastik 5 % dari kadar aspal nilai VMA yang diperoleh yaitu 15,750 %, pada penambahan kadar plastik 10% nilai VMA 15,466 %, pada penambahan kadar plastik 15 % nilai VMA yaitu 15,433 % dan pada penambahan kadar plastik 20 % nilai VMA 15,066 %. Semakin banyak kadar aspal yang ditambahkan maka nilai VMA akan menurun. Hal disebabkan karena penambahan plastik dalam campuran mendesak aspal sehingga terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat menurun.

4.5. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi

standar yaitu 75 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 4.21 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

Berdasarkan hasil analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapatkan adalah 6,0%.
2. Nilai stabilitas, VFB, Marshall Quetient mengalami penurunan disetiap penambahan kadar plastik dan lamanya perendaman, Nilai Flow mengalami peningkatan disetiap penambahan kadar plastik dan hanya perendaman, sedangkan nilai VIM dan VMA cenderung sama baik padapanambahan kadar plastik maupun lamanya perendaman.
3. Penggunaan limbah plastik kedalam campuran maksimum 15% dari kadar aspal yang masuk dalam Karakteristik Masrhall.

5.2. Saran

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

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar menggunakan penumbuk listrik (*Elektrik Compaction*), agar beban yg diterima pada benda uji tetap sama.
2. Peralatan yang digunakan dalam laboratorium sebaiknya dikalibrasi secara rutin, supaya hasil yang diperoleh lebih akurat.
3. Pada penelitian selanjutnya perlu sebaiknya dilakukan pengujian untuk mengetahui keterkaitan variasi kadar plastik dengan perendaman.
4. Dengan hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi pedoman dalam perencanaan penggunaan kapur limbah plastik dalam campuran beton aspal lapis aus AC-WC.

DAFTAR PUSTAKA

- 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, 2017, “ **Pedoman, Penuntun dan Tata Cara Penulisan Tugas Akhir** “, JTS FT Universitas Bosowa Makassar.
- Anonim, 2013 ,“ **Penuntun Praktikum Laboratorium Jalan dan Aspal** “, JTS FT Universitas “ 45 “, Makassar.
- Anonim,2010, “**Bahan Kuliah Rekayasa Tanah dan Perkerasan Jalan**, JTS FT Universitas “ 45 “, Makassar.
- Asmara,P.Y., Wijaya, A.F., dan Mentari, A.K. 2015. **Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dan Minyak Pelumas Bekas (MPB) Dalam Campuran AC-WC Terhadap Parameter Marshall**. Makalah Lomba CBR UNILA. UAJY
- 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.
- Soehartono, Ir.,2010, “ **Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan**”. PT Mediatama Saptakarya. Jakarta

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

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





LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

ANGKA KORELASI STABILITAS

Isi Benda Uji (cm)	Tabel Benda Uji		Angka Korelasi
	(in)	(mm)	
200 - 213	1	25,4	5,56
214 - 225	1 1/16	27,0	5,00
226 - 237	1 1/8	28,6	4,55
238 - 250	1 3/16	30,2	4,17
251 - 264	1 1/4	31,8	3,85
265 - 276	1 5/16	33,3	3,57
277 - 289	1 3/8	34,9	3,33
290 - 301	1 7/16	36,5	3,03
302 - 316	1 1/2	38,1	2,78
317 - 328	1 9/16	39,7	2,5
329 - 340	1 5/8	41,3	2,27
341 - 353	1 11/16	42,9	2,08
354 - 367	1 3/4	44,4	1,92
368 - 379	1 13/16	46,0	1,79
380 - 392	1 7/8	47,6	1,67
393 - 405	1 15/16	49,2	1,56
406 - 420	2	50,8	1,47
421 - 431	2 1/16	52,4	1,39
432 - 443	2 1/8	54,0	1,32
444 - 456	2 3/16	55,6	1,25
457 - 470	2 1/4	57,2	1,19
471 - 482	2 5/16	58,7	1,14
483 - 495	2 3/8	60,3	1,09
496 - 508	2 7/16	61,9	1,04
509 - 522	2 1/2	63,5	1,00
523 - 535	2 9/16	64,0	0,96
536 - 546	2 5/8	65,1	0,93
547 - 559	2 11/16	66,7	0,89
560 - 573	2 3/4	68,3	0,86
574 - 585	2 13/16	71,4	0,83
586 - 598	2 7/8	73,0	0,81
599 - 610	2 15/16	74,6	0,78
611 - 625	3	76,2	0,76

Dokumentasi Penelitian



Pengujian Analisa Saringan



Proses Penimbangan Sampel

Dokumentasi Penelitian



Pengujian Bahan Lolos Saringan 200



Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Dokumentasi Penelitian



Proses Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



Proses Pengujian Bitumen

Dokumentasi Penelitian



Proses Penimbangan Plastik



Proses Pembuatan Sampel

Dokumentasi Penelitian

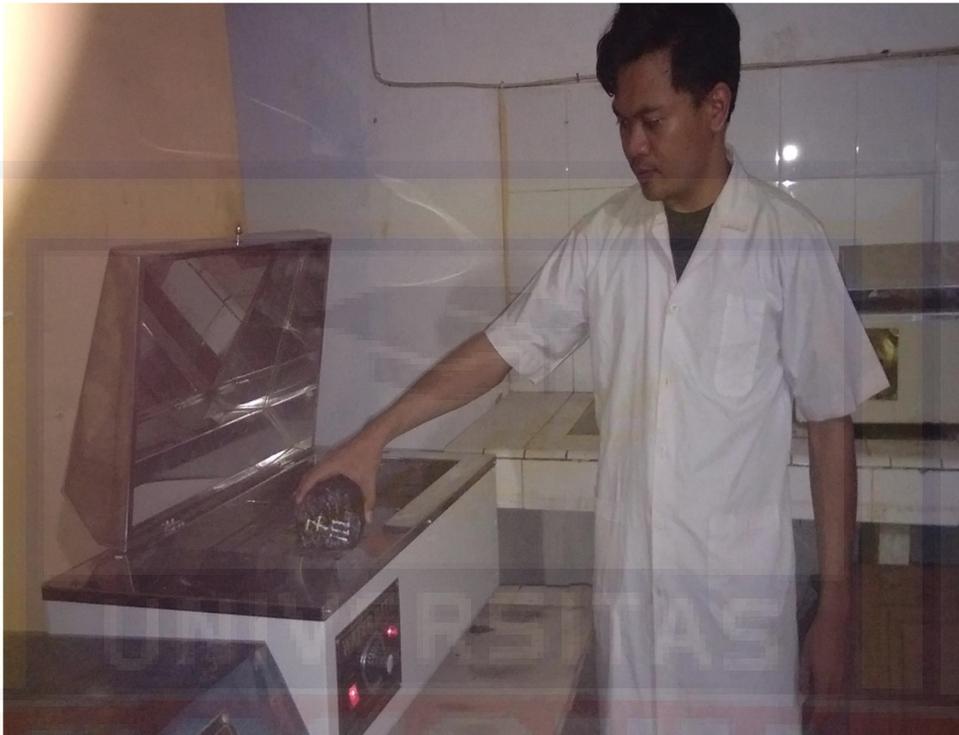


Sampel Variasi



Proses Penimbangan Sampel

Dokumentasi Penelitian



Proses Perendaman Sampel di Waterbarth



Marshall Test