

TUGAS AKHIR

**"PENAMBAHAN EKSTRAKSI ASBUTON LAWELLE PADA
CAMPURAN ASPAL ASBUTON TYPE CPHMA TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL"**



OLEH :

MUHAMMAD FADHIL

45 17 041 055

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BOSOWA MAKASSAR

2023



LEMBAR PENGESAHAN

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar No.A912/FT/UNIBOS/VIII/2022 Tanggal 18 Agustus 2023, Perihal pengangkatan panitia dan tim penguji Tugas Akhir, maka pada:

Hari / Tanggal : Jum'at, 25 Agustus 2023
Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhil
NIM : 45 17 041 055
Judul tugas Akhir : **"Penambahan Ekstraksi Asbuton Lawelle Pada Campuran Aspal Asbuton Type CPHMA Terhadap Karakteristik Marshall"**

Telah diterima dan disahkan oleh panitia Tugas Akhir Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar setelah dipertahankan didepan tim penguji sarjana strata satty (S-1) untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar

TIM PENGUJI UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua (Ex. Officio) : Ir. Tamrin Mallawangeng, MT (.....)
Sekretaris (Ex. Officio) : Ir. Nurhadijah Yuniarti, ST, MT (.....)
Anggota : Dr. Ir. H. Syahrul Sariman, MT (.....)
: Ir. Eka Yuniarto, ST.MT (.....)

Makassar, 29 Agustus 2023

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Bosowa Makassar

(Dr. Ir. H. Nasrullah, ST..MT)
NIDN : 09 080773 01

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bosowa Makassar

(Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT)
NIDN : 00 010565 02



UNIVERSITAS BOSOWA

Jalan Urip Sumoharjo Km. 4 Telp. (0411) 452901 – 452789

Fax. 452949 Website : www.universitasbosowa.ac.id

Makassar – Sulawesi Selatan - Indonesia

LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP **TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir :

“PENAMBAHAN EKSTRAKSI ASBUTON LAWELLE PADA CAMPURAN ASPAL ASBUTON TYPE CPHMA TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL ”

Disusun dan diajukan oleh :

Nama Mahasiswa : Muhammad Fadhil

No. Stambuk : 45 17 041 055


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

Telah Disetujui Komisi Pembimbing

Pembimbing I : Ir.Tamrin Mallawangeng. ST,MT

()

Pembimbing II : Ir.Nurhadijah Yunianti,ST,MT

()

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Jurusan Sipil


Dr. Ir. H. Nasrullah ST.MT.
NIDN : 09-0807-7301


Dr. Ir. Andi Rumpang Yusuf, MT
NIDN : 0001056502

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Muhammad Fadhil**

Stambuk : **45 17 041 055**

Program Studi : **Teknik Sipil**

Judul : **"Penambahan Ekstraksi Asbuton Lawelle Pada Campuran Aspal Asbuton Type CPHMA Terhadap Karakteristik Marshall"**

Mengatakan 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 menampilkan untuk kepentingan akademik.
3. Bersedia dan menjamin untuk menanggung secara pribadi tanpa melibatkan Pihak Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa dari semua bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran hak cipta dalam tugas akhir ini.

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

Makassar, Oktober 2023
Yang membuat pernyataan




Muhammad Fadhil

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, kasih karunia yang berlimpah sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ ***PENAMBAHAN EKSTRAKSI ASBUTON LAWELLE PADA CAMPURAN ASPAL ASBUTON TYPE CPHMA TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL***”. Tugas akhir ini disusun berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Aspal dan Bahan Jalan Universitas Bosowa. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Bosowa.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan – bantuan pihak lain dalam memberi bantuan dan bimbingan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan Tugas akhir. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan yang terbaik dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua dan keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moral dan materi yang tidak terhitung jumlahnya, sehingga Tugas akhir ini dapat rampung seperti saat ini.
3. Bapak Ir. Tamrin Mallawangeng, ST, MT. Selaku Ketua kelompok dosen Bidang Kajian transportasi dan juga Sebagai Dosen Pembimbing I saya, yang sudah banyak meluangkan waktunya untuk

membimbing dan mengarahkan saya hingga selesainya Tugas Akhir ini.

4. Ibu Ir. Nurhadijah Yunianti ST.MT,. Selaku Dosen Pembimbing II, yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir.H. Syahrul Sariman,MT selaku dosen penguji I yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
6. Bapak Ir. Eka Yuniarto,ST.MT selaku dosen penguji II yang telah bersedia meluangkan waktu untuk membimbing dan mengarahkan saya sehingga terselesainya penyusunan Tugas akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. A. Rumpang Yusuf, MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Bosowa.
8. Ibu Marlina Alwi, ST yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama melakukan penelitian di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bosowa.
9. Seluruh jajaran Dosen dan Staf Teknik Sipil Universitas Bosowa
10. Teman – Teman Seangkatan Teknik Sipil Universitas Bosowa 2017 yang telah banyak bertukar pikiran, cerita, saran, dan semangat kepada saya selama perkuliahan.

11. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penyusunan Tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Semoga penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun rekan-rekan mahasiswa lainnya dimasa yang akan datang dan semoga segala bantuan dari semua pihak dapat bernilai ibadah disisi Tuhan Yang Maha Esa, Amin.



Makassar, 2023

Muhammad Fadhil

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGAJUAN UJIAN TUTUP.....	iii
SURAT PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian	I-4
1.4. Pokok Pembahasan dan Batasan Masalah	I-5
1.5. Sistematika Penulisan	I-6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Jalan	II-1
2.1.1. Fungsi Jalan.....	II-1
2.1.2. Struktur Jalan.....	II-2
2.1.3. Lapis Permukaan (<i>Surfaces Course</i>)	II-2
2.1.4. Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>).....	II-3
2.1.5. Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>).....	II-3
2.1.6. Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	II-4

2.2. Perkerasan Jalan	II-4
2.2.1. Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>)	II-9
2.2.2. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	II-10
2.2.3. Fungsi Perkerasan	II-10
2.3. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan	II-12
2.3.1. Agregat	II-12
2.3.2. Sifat-sifat Fisik Agregat	II-16
2.3.3. Bahan Pengisi (Filler)	II-21
2.3.4. Aspal	II-22
2.4. Aspal Buton.....	II-33
2.4.1. Pengertian Aspal Buton.....	II-33
2.4.2. Lokasi Sumber Daya Asbuton	II-34
2.4.3. Kondisi Geologi	II-35
2.4.4. Jenis – Jenis Asbuton	II-38
2.4.5. Karakteristik Asbuton	II-39
2.4.6. Ekstraksi Asbuton	II-40
2.4.7. Asbuton Hasil Ekstraksi.....	II-42
2.4.8. Prinsip Kerja Asbuton.....	II-43
2.4.9. Penggunaan Asbuton.....	II-44
2.4.10. Manfaat Asbuton Sebagai Bahan Campuran Beraspal	II-44
2.4.11. Keunggulan Asbuton	II-45
2.4.12. Kelebihan Penggunaan Asbuton Secara Teknik	II-46
2.4.13. Kelebihan Penggunaan Asbuton Secara Finansial	II-47

2.4.14. Kelemahan Asbuton	II-48
2.5. Modifier/Peremaja	II-49
2.6. CPHMA (<i>Cold Paving Hot Mix Asbuton</i>).....	II-50
2.6.1. Bahan CPHMA.....	II-51
2.6.2. Sifat Campuran CPHMA	II-52
2.7. Ekstraksi Asbuton Lawelle	II-54
2.8. Marshall Test.....	II-55
2.8.1. Stabilitas (<i>Density</i>).....	II-55
2.8.2. Kelelahan (<i>Flow</i>).....	II-56
2.8.3. Kerapatan (<i>Density</i>).....	II-56
2.8.4. VIM (<i>Void In The Mix</i>)	II-57
2.8.5. VFA (<i>Void Filled With Asphalt</i>).....	II-59
2.8.6. VMA (<i>Void In Mineral Agregat</i>)	II-60
2.8.7. Marshall Quotient (<i>MQ</i>).....	II-61
2.9. Penelitian Tentang CPHMA	II-61
 BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Metode	III-1
3.2. Diagram <i>Flowchart</i>	III-2
3.3. Bahan Penelitian	III-3
3.4. Peralatan Penelitian	III-4
3.4.1. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal	III-5
3.5. Uji Campuran Aspal (Bitumen)	III-10
3.5.1 Uji Marshall.....	III-10
3.6. Notasi dan Jumlah Sampel.....	III-11

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data	IV-1
4.1.1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	IV-1
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal	IV-3
4.1.3. Perhitungan Berat Jenis Dan Penyerapan Campuran	IV-3
4.2. Komposisi Campuran	IV-4
4.3. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall.....	IV-5
4.3. Hasil Analisis Dengan Bahan Tambah Penambahan Asbuton Ekstraksi Lawelle Pada Campuran Aspal Buton CPHMA	IV-17

BAB V. SARAN DAN KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

- Tabel 2.1 Perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku II-7
- Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan perkerasan lentur..... II-7
- Tabel 2.3 Ketentuan agregat kasar II-14
- Tabel 2.4 Ketentuan agregat halus..... II-15
- Tabel 2.5 Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal II-16
- Tabel 2.6 Ketentuan aspal keras II-31
- Tabel 2.7 Jenis asbuton butir yang telah diproduksi II-38
- Tabel 2.8 Kadar peremaja perkiraan II-50
- Tabel 2.9 Tebal lapisan padat minimum CPHMA II-51
- Tabel 2.10 Gradasi agregat CPHMA II-52
- Tabel 2.11 Persyaratan sifat campuran CPHMA II-53
- Tabel 2.12 Persyaratan kadar dan sifat aspal dalam CPHMA ... II-53
- Tabel 3.1 Notasi dan jumlah sampel III-11
- Tabel 4.1 Pemeriksaan analisa saringan agregat IV-1
- Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar IV-2
- Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan berat jenis agregat halus IV-3
- Tabel 4.4 Kadar aspal hasil ekstraksi CPHMA IV-3
- Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan IV-4
- Tabel 4.6 komposisi campuran dengan asbuton lawele IV-4
- Tabel 4.7 hasil uji karakteristik campuran CPHMA asbuton lawele
5%,10% dan 15%..... IV-5
- Tabel 4.8 Analisis peningkatan nilai kepadatan IV-25
- Tabel 4.9. Analisis peningkatan nilai stabilitas IV-26

- Tabel 4.10. Analisis peningkatan nilai flow IV-27
- Tabel 4.11 Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 16% IV-27
- Tabel 4.12 Analisis penurunan VIM..... IV-28
- Tabel 4.13 Analisis peningkatan VFB..... IV-29
- Tabel 4.14 Analisis penurunan nilai MQ IV-30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur jalan	II-4
Gambar 2.2 Lapis perkerasan jalan lentur	II-9
Gambar 2.3 Lapis perkerasan jalan kaku.....	II-10
Gambar 2.4 Kandungan kimia dari aspal	II-25
Gambar 2.5 Zona sebaran endapan aspal dipulau buton	II-34
Gambar 2.6 Aspal berada pada batuan induk batu gamping	II-36
Gambar 2.7 Peta geologi daerah lembar buton	II-36
Gambar 2.8 Asbuton butir.....	II-38
Gambar 2.9 Aspal buton dalam bentuk bongkahan	II-40
Gambar 2.10 Skema tahapan proses ekstraksi padat-cair.....	II-41
Gambar 3.1 Diagram <i>flowchart</i>	III-2
Gambar 3.2 CPHMA	III-4
Gambar 3.3 asbuton hasil ekstraksi lawele.....	III-4
Gambar 3.4 timbangan	III-4
Gambar 3.5 Bak perendam.....	III-5
Gambar 3.6 cetakan benda uji marshall.....	III-5
Gambar 3.7 Ejector.....	III-6
Gambar 3.8 Batang penumbuk	III-6
Gambar 3.9 landasan Pemadat	III-6
Gambar 3.10 Alat uji marshall	III-7
Gambar 3.11 Kompor Listrik	III-7
Gambar 3.12 Bak Perendam	III-8

Gambar 3.13 Thermometer	III-8
Gambar 3.14 Sendok.....	III-9
Gambar 3.15 Stopwatch	III-9
Gambar 3.16 Jangka sorong	III-9
Gambar 3.17 Kaleng seng	III-10
Gambar 4.1 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap kepadatan.....	IV-18
Gambar 4.2 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap stabilitas.....	IV-19
Gambar 4.3 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap Flow.....	IV-20
Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VMA.	V-21
Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VIM.	V-22
Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VFB	V-23
Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap Marshall Questient.....	V-24

DAFTAR NOTASI

ASTM	= <i>America Standard Testing and Material</i>
AASHTO	= <i>American Association of State Highway and Transportation Official</i>
AC	= <i>Aspal Concrete</i>
AMP	= <i>Aspal Mixing Plant</i>
CPHMA	= <i>Cold Paving Hot Mix Asbuton</i>
LGA	= <i>Lawele granular aspal</i>
BGA	= <i>Buton granular aspal</i>
AC-WC	= <i>Asphalt Cocrete Wearing Course</i>
AC-BC	= <i>Aspal Concrete Base Course</i>
MFO	= <i>Marine flux oil</i>
SMP	= <i>Satuan mobil penumpang</i>
C	= <i>Berat kering / sebelum direndam (gram)</i>
CA	= <i>Agregat kasar</i>
mm	= <i>Milimeter</i>
cm	= <i>Centimeter</i>
d	= <i>Berat benda uji jenuh air</i>
F	= <i>Flow</i>
f	= <i>Volume benda uji (cc)</i>
FA	= <i>Agregat halus</i>
g	= <i>Nilai kepadatan (gr/cc)</i>
g	= <i>Persen rongga terisi aspal</i>
gr	= <i>Gram</i>
i dan j	= <i>Rumus substitusi</i>

K ₂ O	= Potassium oxide (magnesium oksida)
LPA	= Lapisan pondasi atas
LPB	= Lapisan pondasi bawah
MQ	= Nilai marshall quotient (kg/mm)
MgO	= Magnesium oxide (magnesium oksida)
Na ₂ O	= Sodium oxide (soda abu)
P	= Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
PB	= Perkiraan keras aspal optimum
q	= Angka koreksi benda uji
S	= Nilai stabilitas
SS	= Sand sheet
SNI	= Standar Nasional Indonesia
SMA	= Split Mastic Asphalt
MR	= Modulus Resilien
SC	= Slow Curing Cut Back
Sio ₂	= Silica (silica)
SSD	= Saturated surface dry
TD	= Lapisan tanah dasar
Usa	= United States Of America
VIM	= Void In The Mix
VFA	= Void Filled White Asphalt
VMA	= Void In Mineral Agregat
°C	= Derajat Celcius

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jalan adalah jalur-jalur yang di atas permukaan bumi yang dengan sengaja dibuat oleh manusia dengan berbagai bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya untuk dapat digunakan menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang-barang dari tempat yang satu ke tempat yang lainnya dengan cepat dan mudah Menurut Silvia Sukirman (1994).

Di Indonesia terdapat banyak daerah terpencil dan pulau-pulau kecil yang tidak memiliki akses ke *Asphalt Mixing Plant* (AMP) sehingga tidak memungkinkan diterapkan campuran beraspal panas. Selain itu sumber daya manusia di daerah terpencil juga memiliki keterbatasan sehingga perlu dikembangkan suatu pelaksanaan campuran beraspal yang relatif pelaksanaannya sederhana serta tidak mengharuskan adanya ketersediaan AMP di daerah. Salah satu usaha untuk menyederhanakan pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan di daerah seperti yang telah disebutkan diatas adalah dengan mengembangkan spesifikasi dan pedoman (*Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA). Asbuton merupakan salah satu material lokal yang membanggakan Indonesia.

Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) adalah campuran beraspal yang mengandung asbuton dan bahan tambah lain bila diperlukan, yang

sudah dicampur dengan baik dipabrik dan dipasarkan dalam keadaan siap dihampar dan dipadatkan dalam pembuatan perkerasan jalan beraspal. Teknik pencampuran serta proposisi bahan dalam campuran menjadi kewenangan produsen aspal menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan.

Pencampuran dilakukan di pabrik secara panas kemudian dipasarkan dalam keadaan siap dihampar dan dipadatkan secara dingin (temperatur udara) sebagai perkerasan jalan beraspal. Pemasaran dapat dilakukan dalam bentuk kemasan maupun dalam bentuk curah. CPHMA dapat diaplikasikan langsung dilapangan dengan dihampar pada suhu lapangan (cold paving) tanpa menggunakan AMP dan juga dapat pula diaplikasikan dilapangan dengan hampar panas maupun hangat. Jika dipanaskan dalam bentuk kemasan, CPHMA juga dapat digunakan dalam pekerjaan preventif dan pemeliharaan jalan (sebagai komponen tambalan) serta mudah didapatkan karena sudah diproduksi secara pabrikan di Sulawesi Tenggara, Jawa Tengah, dan Jawa Timur.

Asbuton campuran panas hampar dingin digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan untuk jalan bervolume lalu lintas rendah (volume lalu lintas kurang atau sama dengan 500 kendaraan/hari dan ekivalen beban sumbu tunggal kurang atau sama dengan 1.000.000). Dengan adanya penambahan Asbuton ekstraksi, diharapkan akan menambah nilai stabilitas sehingga dapat digunakan pada lalu lintas sedang.

Salah satu karakteristik dari campuran beraspal adalah durabilitas. Besarnya potensi durabilitas dinyatakan dengan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), oleh karena itu dilakukan pengujian ekstraksi untuk mengetahui kadar bitumen yang terkandung pada CPHMA. Pada penelitian ini yang ditinjau adalah “ ***Penambahan Ekstraksi Asbuton Lawelle Pada Campuran Asbuton Type CPHMA Terhadap Karakteristik Marshall*** ”

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan ekstraksi Asbuton Lawele terhadap sifat campuran aspal buton type CPHMA.?
2. Berapakah jumlah penambahan ekstraksi Asbuton Lawele yang menghasilkan nilai stabilitas tertinggi terhadap sifat pada campuran aspal buton CPHMA.?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan Penelitian

1. Untuk memperoleh pengaruh penambahan ekstraksi Asbuton Lawele terhadap sifat campuran aspal buton type CPHMA.
2. Untuk mendapatkan jumlah penambahan ekstraksi Asbuton Lawele yang menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi.

1.3.2 Manfaat Penelitian

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan ekstraksi Asbuton Lawele terhadap campuran aspal buton CPHMA
2. Untuk menambah wawasan pembaca mengenai pengaruh penambahan ekstraksi Asbuton Lawele pada campuran asbuton type CPHMA.
3. Dapat mengurangi pemakaian aspal minyak

1.4. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah Penelitian

1.4.1. Pokok Bahasan Penelitian

Pokok bahasan pada penelitian ini :

1. Membahas pengujian ekstraksi Asbuton Lawele
2. Membahas pengujian aspal buton CPHMA
3. Membahas pengujian campuran aspal dengan metode uji Marshall test

1.4.2. Batasan Masalah Penelitian

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada sifat dan karakteristik campuran aspal CPHMA dengan melakukan pengujian di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Melakukan pengujian Penambahan ekstraksi asbuton lawele Pada Campuran Aspal Buton Type CPHMA dengan Variasi 5%,10% & 15%

2. Tipe campuran yang digunakan adalah *Cold Paving Hot Mix* Asbuton (CPHMA)
3. Pengujian yang dilakukan dengan Metode Marshall mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.
4. Lokasi penelitian bertempat di Laboratorium Transportasi Struktur Jalan 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

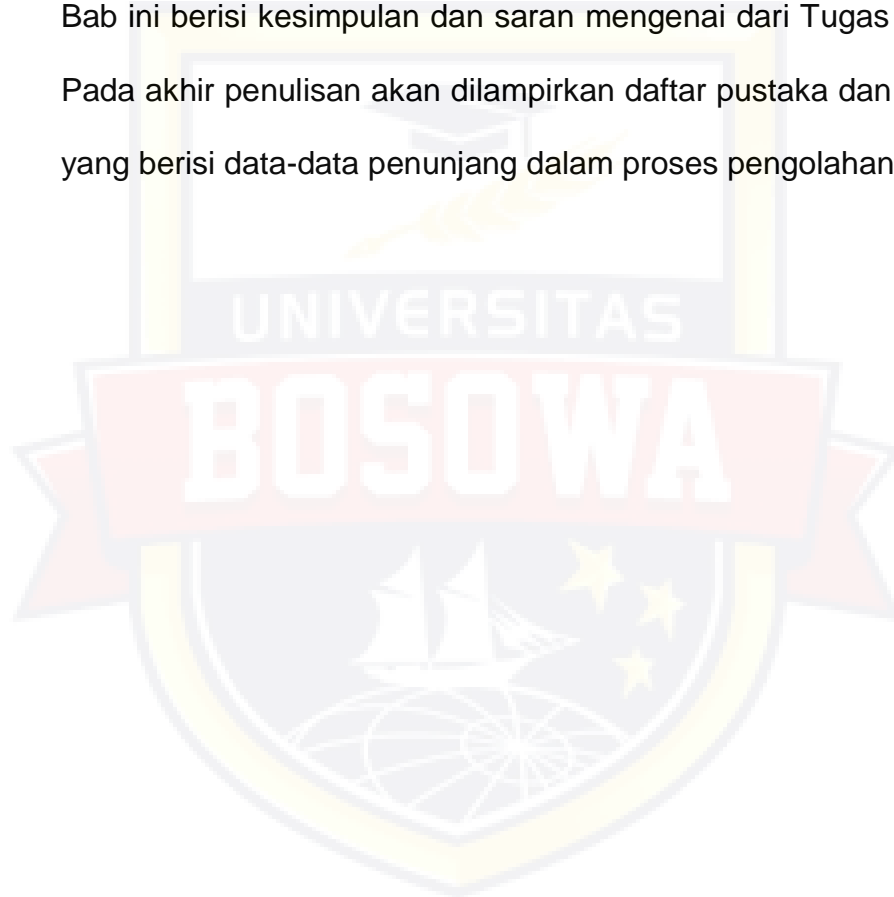
Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian untuk data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

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

2.1 Perkerasan Jalan

Menurut Saodang (2005), perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dipasang langsung diatas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas.

2.1.1. Jenis Konstruksi Perkerasan

Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

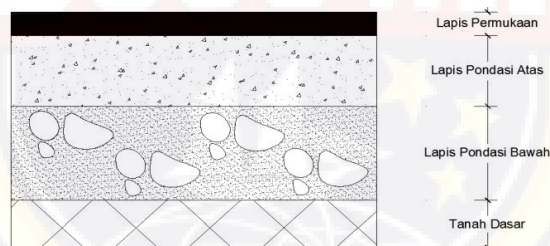
1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (Portland cement) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau

perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.1.2. Struktur Jalan Lentur

Struktur perkerasan jalan lentur dibuat secara berlapis terdiri dari elemen perkerasan: lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan permukaan (*surface course*) yang dihampar pada tanah dasar (*sub grade*) Sukirman (1999).

Masing-masing elemen lapisan diatas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar memikul beban lalu-lintas, atau dapat dikatakan tebal struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi ataudaya dukung tanah dasar



Gambar 2. 1 Lapis Perkerasan

Sumber: Sukirman (1999)

2.1.2.1 Elemen Tanah dasar (*sub grade*)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Tidak semua jenis tanah dapat digunakan sebagai tanah dasar pendukung badan jalan secara baik, karena harus dipertimbangkan beberapa sifat yang penting untuk kepentingan struktur jalan, seperti:

- daya dukung dan kestabilan tanah yang cukup
- komposisi dan gradasi butiran tanah
- sifat kembang susut (swelling) tanah
- kemudahan untuk dipadatkan

Pemilihan jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya, sifat fisik perkerasan di kemudian hari dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya.

2.1.2.2 Elemen Lapis Pondasi Bawah (*sub-base course*)

Lapis pondasi bawah (*sub-base*) adalah suatu lapisan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas (*base*), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi bawah dibuat di atas tanah dasar yang berfungsi diantaranya sebagai:

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda
- b. Menjaga efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

Bermacam-macam material setempat ($CBR > 20 \%$, $PI < 10 \%$) yang relative lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Ada berbagai jenis lapis pondasi bawah yang sering dilaksanakan, yaitu:

- a. Pondasi bawah yang menggunakan batu pecah, dengan alas pasir.
- b. Pondasi bawah yang menggunakan sirtu yang mengandung sedikit tanah.
- c. Pondasi bawah yang menggunakan tanah pasir.
- d. Pondasi bawah yang menggunakan agregat.
- e. Pondasi bawah yang menggunakan material ATSB (*Asphalt Treated Sub-Base*) atau disebut Laston Bawah (Lapis Aspal Beton Pondasi Bawah)
- f. Pondasi bawah yang menggunakan stabilisasi tanah.

2.1.2.3 Elemen Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis Pondasi Atas (LPA) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (sub base), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.

Lapis pondasi atas dibuat di atas lapis pondasi bawah yang berfungsi diantaranya:

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
- c. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Bermacam-macam bahan alam/bahan setempat ($CBR > 50\%$, $PI < 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan lapis pondasi atas, antara lain: batu pecah, kerikil pecah, dan/atau stabilisasi tanah dengan semen atau kapur. Secara umum dapat berupa:

- a. Pondasi atas yang menggunakan material agregat.
- b. Pondasi atas yang menggunakan stabilisasi agregat dengan semen.

2.1.2.4 Elemen Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Fungsi lapis permukaan antara lain:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Sebagai lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- c. Sebagai lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung berhubungan dengan gesekan rem kendaraan.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dibawahnya.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah campuran bahan

agregat dan aspal, dengan persyaratan bahan yang memenuhi standar. Penggunaan bahan aspal diperlukan sebagai bahan pengikat agregat dan agar lapisan dapat bersifat kedap air; disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu-lintas.

Bahan yang umum digunakan untuk lapisan permukaan adalah: *Asphalt Concrete* (AC) = LASTON (Lapis Aspal Beton), *Hot Rolled Asphalt* (HRA) dalam hal ini HRS (*Hot Rolled Sheet*) = LATASTON (Lapis Tipis Aspal Beton).

2.2 Aspek – aspek Yang Perlu Diperhatikan Dalam Beton Aspal

Menurut Sukirman (2003), beton aspal adalah jenis perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan.

Beberapa aspek campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan.

2.2.1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan

perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2.2.2. Keawetan (*Durabilitas*)

Keawetan atau *durabilitas* adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperature. Durabilitas dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi bleeding yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara di dalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun.

2.2.3. Kelenturan (*Fleksibilitas*)

Kelenturan atau *fleksibilitas* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan

pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

2.2.4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

2.2.5. Kekesatan / Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, atau slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

2.2.6. Kedap Air (*Impermeabilitas*)

Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran.

2.2.7. Mudah Dilaksanakan (*Workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperature, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

Ketujuh sifat campuran beton aspal ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas, dan fleksibilitas yang tinggi, daripada memilih jenis beton aspal

dengan stabilitas tinggi.

2.3 Agregat

Menurut Saodang (2005), agregat merupakan elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan berat, dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas.

2.3.1. Klasifikasi Agregat

Berdasarkan besar partikel agregat dapat dibedakan atas (Dirjen Bina Marga, 2018):

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat tertahan 4,75 mm (saringan No.4) yang harus keras, bersih awet, bebas dari lempung dan memenuhi persyaratan pada Tabel 2. 1.

Tabel 2. 1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nlai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	SNI 2417:2008	Maks.6 %
	100 putaran		Maks.30 %
	500 putaran		Maks.8 %
	Semua jenis		
	100 putaran		

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
campuran beraspal bergradasi lainnya	500 putaran		Maks.40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks.95%
Butir Pecah pada Agregat K asar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*)
	Lainnya		95/90 **)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks.5 %
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks.10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks.1 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2 (1a)

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat lolos 4,75 mm (saringan No. 4) yang harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung dan memenuhi persyaratan pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03 – 4428 - 1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03 - 6877 - 2002	Maks. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03 - 4141 - 1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Min. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.2

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri atas debu batu kapur, semen, atau mineral dari asbuton, yang harus kering dan bebas dari gumpalanda bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75 % serta mempunyai sifat non plastis terhadap beratnya kecuali mineral asbuton. Mineral asbuton harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 100 (150 *micron*) tidak kurang dari 95 % terhadap beratnya.

2.3.2. Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Adapun sifat-sifat agregat yang perlu diperiksa pada campuran aspal menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) adalah sebagai berikut:

2.3.2.1 Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing – masing ukuran partikel harus berada dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran, workabilitas dan nilai stabilitas suatu campuran.

Menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) gradasi agregat

dibedakan atas:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Adalah gradasi agregat yang memiliki ukuran hampir sama. Gradasi seragam juga dapat disebut sebagai gradasi terbuka karena mengandung sedikit agregat halus sehingga memiliki banyak rongga. Umumnya campuran dengan gradasi ini bersifat porus, stabilitas rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga juga sering disebut sebagai gradasi menerus. Sifat campuran ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap air dan memiliki berat isi besar.

Umumnya suatu campuran dikatakan bergradasi sangat rapat bila persentase lolos dari masing – masing saringan memenuhi persamaan berikut:

$$P = 100 \left(\frac{d}{D} \right)^n \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

d = ukuran saringan yang ditinjau

D = Ukuran agregat maksimum dari gradasi tersebut

n = 0,35 – 0,45

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya

sangat sedikit, oleh sebab itu gradasi ini disebut juga gradasi senjang.

2.3.2.2 Kebersihan Agregat

Dalam spesifikasi diatur mengenai kebersihan agregat dengan memberikan suatu batasan jenis dan jumlah material yang tidak diinginkan yang berada atau melekat pada agregat. Agregat yang kotor akan memberikan pengaruh yang jelek pada kinerja perkerasan, seperti berkurangnya ikatan antara antara aspal dan agregat yang disebabkan karena banyaknya kandungan lempung pada agregat tersebut. Kebersihan agregat dapat di uji dilaboratorium dengan analisa saringan basah, yaitu dengan menimbang agregat sebelum dan setelah dicuci lalu dibandingkan sehingga memberikan nilai persentase kebersihan agregat. Pengujian yang dilakukan dapat berupa *sand equivalent test* untuk agregat yang lolos saringan nomor 4 (4,75 mm).

2.3.2.3 Kekerasan (*toughness*)

Agregat yang digunakan pada umumnya harus kuat, mampu menahan abrasi dan degradasi selama proses produksi dan operasionalnya dilapangan. Agregat yang akan digunakan sebagai lapisan perkerasan permukaan harus lebih keras daripada agregat yang digunakan pada lapisan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena lapisan permukaan perkerasan akan menerima dan menahan tekanan dan benturan akibat beban lalu lintas yang besar. Untuk itu agregat yang keras menjadi persyaratan yang mutlak yang harus dipenuhi oleh agregat yang

akan digunakan sebagai bahan campuran. Uji kekuatan agregat dilaboratorium biasanya dilakukan dengan pengujian abrasi dengan menggunakan mesin Los Angeles dengan syarat tertentu yang sesuai dengan spesifikasi campuran aspal.

2.3.2.4 Bentuk Butir Agregat

Agregat memiliki berbagai bentuk seperti bulat, lonjong dan bersudut. Bentuk butir agregat ini dapat mempengaruhi workabilitas campuran perkerasan selama penghamparan yaitu dalam hal energi pemadatan yang dibutuhkan untuk memadatkan campuran, dan kekuatan struktur perkerasan selama umur pelayanan.

Bentuk partikel agregat yang bersudut memberikan ikatan antara agregat yang baik dan dapat menahan pergerakan agregat yang mungkin terjadi. Agregat yang bersudut tajam, berbentuk kubikal dan memiliki lebih dari satu bidang pecahkan memberikan ikatan antar agregat yang paling baik.

2.3.2.5 Tekstur Permukaan Agregat

Selain memberikan sifat ketahanan terhadap gelincir (*skid resistance*) pada permukaan perkerasan, tekstur permukaan agregat juga merupakan faktor yang menentukan kekuatan, workabilitas, dan durabilitas campuran beraspal. Permukaan agregat yang kasar akan memberikan kekuatan pada campuran karena kekasaran permukaan agregat tersebut dapat menahan agregat tersebut dari pergeseran. Kekerasan agregat juga dapat memberikan tahanan gesek yang kuat pada roda kendaraan

sehingga akan meningkatkan keamanan terhadap slip. Selain itu film aspal akan lebih mudah melekat pada permukaan yang kasar sehingga menghasilkan lekatan yang baik antara agregat dan aspal sehingga menghasilkan campuran yang baik dan kuat.

2.3.2.6 Daya Serap Agregat

Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap aspal dan air merupakan hal penting yang harus diketahui dalam membuat campuran. Jika daya serap agregat tinggi, maka agregat tersebut akan menyerap aspal lebih banyak sehingga aspal lebih banyak masuk kedalam agregat jika dibandingkan fungsi aspal untuk menyelimuti agregat dan sebagai pengikat partikel sehingga film aspal tipis. Oleh karena itu diperlukan agregat yang memiliki penyerapan yang kecil guna menghasilkan campuran aspal yang baik.

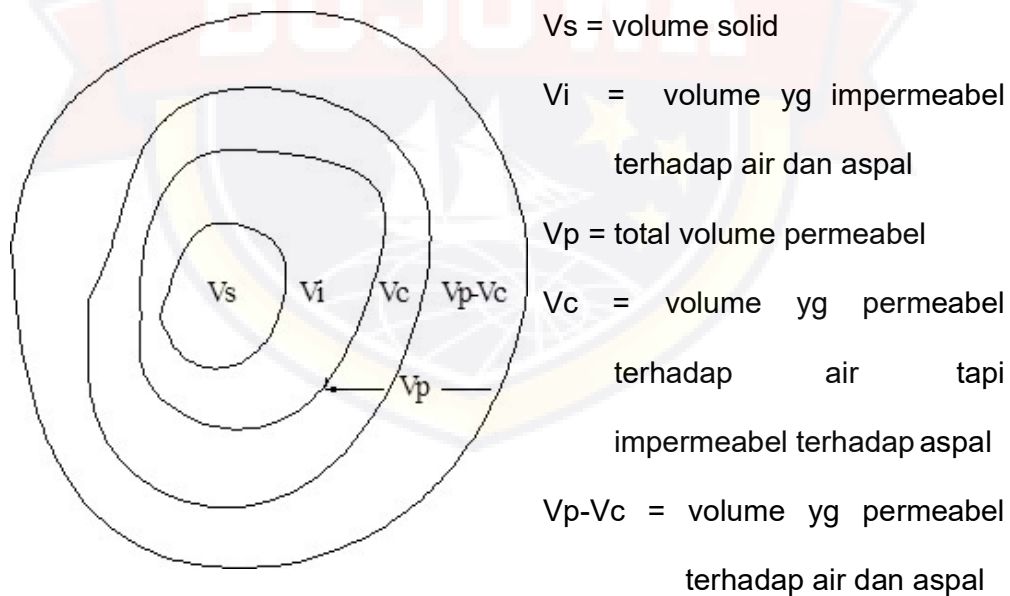
2.3.2.7 Kelekatan Terhadap Aspal

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap, dan menahan film aspal. Agregat *hidrophobik* (agregat yang tidak menyukai air) adalah agregat yang memiliki kelekatan agregat terhadap aspal yang tinggi seperti batu gamping dan dolomit. Sebaliknya agregat *hidrofilik* (agregat yang menyukai air) agregat yang memiliki kelekatan terhadap aspal yang rendah. Sehingga agregat jenis ini cenderung terpisah dari film aspal bila terkena air seperti batu granit dan kuarsit. Salah satu cara pengujian kelekatan agregat adalah dengan

melakukan pengamatan secara visual terhadap agregat yang dilapisi aspal lalu direndam dalam air.

2.3.2.8 Berat Jenis Agregat

Dalam kaitan perencanaan campuran aspal, berat jenis adalah suatu rasio tanpa dimensi, yaitu rasio antara berat suatu benda terhadap berat air yang volumenya sama dengan benda tersebut. Sebagai standar dipergunakan air pada suhu 4°C karena pada suhu tersebut air memiliki kepadatan yang stabil. Pada perhitungan berat jenis agregat, volume agregat yang diperhitungkan adalah volume agregat yang tidak dapat diresapi aspal. Berat jenis agregat dapat digambarkan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2. 2 Pertimbangan Volume Pori Agregat untuk Penentuan SG

Sumber: Sukirman (2003)

Ada beberapa jenis berat jenis agregat yaitu:

a. Berat jenis bulk (*Bulk specific gravity*)

Bila aspal diasumsikan hanya menyelimuti agregat di bagian permukaan saja, tidak meresap ke bagian agregat yang permeabel, volume yang diperhitungkan adalah:

$$\text{Bulk SG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i + V_p) \times \gamma_w} = \frac{W_s}{V_{tot} \times \gamma_w} \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

γ_w = berat volume air = 1 gr/cc = 1 t/m³.

Sehingga *Bulk SG* adalah rasio antara berat agregat dan berat air yang volumenya = $V_s + V_i + V_p$.

b. Berat jenis semu (*Apparent specific gravity*)

SG ini didasarkan atas asumsi bahwa aspal meresap ke dalam agregat dengan tingkat resapan yang sama dengan air, yaitu sampai V_c atau ke dalam seluruh V_p . Karenanya volume yang dipertimbangkan adalah: $V_s + V_i$.

$$\text{Apparent SG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i) \times \gamma_w} \dots\dots\dots (2.3)$$

c. Berat jenis efektif (*Effective specific gravity*)

SG Bulk dan *SG Apparent* didasarkan atas dua kondisi ekstrem. Asumsi yang realistis adalah bahwa aspal dapat meresap sampai ke ($V_p - V_c$). Oleh karena itu *SG* atas asumsi ini disebut *SG efektif*.

$$\text{EffectiveSG} = \frac{W_s}{(V_s + V_i + V_c) \times \gamma_w} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

V_p = volume pori yang dapat diresapi air

V = volume total dari agregat

V_i = volume pori yang tidak dapat diresapi air

V_s = volume partikel agregat

W_s = berat kering partikel agregat

γ_w = berat volume air

2.4 Aspal

Menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapatkan pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada umumnya terdapat 2 sumber aspal yaitu aspal yang diperoleh dari hasil destilasi minyak bumi atau aspal buatan dan aspal alam yang diperoleh langsung dari alam atau aspal alam.

Komposisi dari aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *malthenes*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-penten*. *Malthenes* adalah unsur kimia lain yang

terdapat dalam aspal selain *aspalten* yang terdiri dari *resin*, *aromatic*, *saturated*. *Resins* memiliki ukuran antara 1 – 5 nanometer berwarna coklat, berbentuk semi padat sampai padat, bersifat sangat polar dan memberikan sifat adhesi aspal. *Aromatic* berbentuk cairan kental berwarna coklat tua dan kandungannya di dalam aspal berkisar antara 40 – 60 % terhadap berat aspal. *Saturated* adalah bagian dari molekul malten yang berupa minyak kental yang berwarna putih ke kuning – kuning. Sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphalthene* atau *resin*.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai (Sukirman, 1999):

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

2.4.1. Aspal Hasil Destilasi / Aspal Buatan

Menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) aspal buatan merupakan hasil dari penyulingan minyak mentah dengan cara proses pemisahan fraksi dari minyak mentah atau biasa disebut destilasi. Yang prosesnya disertai oleh kenaikan temperatur pemanasan minyak mentah tersebut. Aspal buatan dapat dibedakan menjadi aspal keras, aspal cair, dan aspal emulsi.

2.4.1.1 Aspal Keras

Proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi yang dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga meninggalkan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Selain melalui proses destilasi hampa aspal keras dapat juga dihasilkan melalui proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi yang dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga meninggalkan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Selain melalui proses destilasi hampa aspal keras dapat juga dihasilkan melalui proses sehingga menghasilkan aspal sebagai residu. Contoh aspal keras adalah aspal Pen 60/70, aspal Pen 80/100.

2.4.1.2 Aspal Cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan pelarut berbasis minyak. Aspal ini juga dihasilkan langsung melalui proses destilasi dimana minyak ringan yang terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Jenis aspal cair menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) seperti:

1. Aspal cair cepat mantap (RC = *rapid curing*) biasanya pelarut yang digunakan seperti bensin.
2. Aspal cair mantap sedang (MC = *medium curing*) biasanya pelarut yang digunakan seperti minyak tanah.
3. Aspal cair lambat sedang (SC = *slow curing*) biasanya pelarut yang digunakan solar.

2.4.1.3 Aspal Emulsi

Aspal emulsi menurut Ditjen Prasarana Wilayah (2004) dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini, partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier (emulgator)*. Partikel aspal yang terdispersi ini berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran koloid.

Berdasarkan muatan listrik pengemulsi, aspal emulsi dapat dibedakan atas:

1. Aspal emulsi anionik, yaitu aspal emulsi berion negatif.
2. Aspal emulsi kationik, yaitu aspal emulsi yang berion positif

Berdasarkan kecepatan pematangan aspal emulsi dapat dibedakan menjadi:

1. Aspal cepat mantap (RS = *rapid setting*)
2. Aspal mantap sedang (MS = *medium setting*)
3. Aspal lambat mantap (SS = *slow setting*)

2.4.2. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang secara alamiah terjadi di alam (Ditjen Prasarana Wilayah, 2004) . Berdasarkan depositnya aspal alam dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu:

1. Aspal Danau (*Lake Asphalt*)
2. Aspal Batu (*Rock Asphalt*)

2.4.2.1 Aspal Danau (*Lake Asphalt*)

Aspal ini terdapat di danau Trinidad, Venezuela. Aspal jenis ini umumnya muncul kepermukaan melalui celah dan menggenang seperti danau. Angka penetrasi jenis aspal ini sangat rendah dan memiliki titik lembek tinggi

2.4.2.2 Aspal Batu (*Rock Asphalt*)

Aspal ini ditemukan di daerah Kentucky dan di pulau Buton Indonesia. Aspal dari deposit alam ini terbentuk dalam celah – celah batuan kapur dan batuan pasir. Aspal yang terkandung dalam batuan ini berkisar antara 12 – 35 % dari berat batu dan memiliki angka penetrasi 0 – 40. Aspal batu ini perlu ditambang terlebih dahulu lalu diekstraksi dan dicampur dengan minyak pelunak sehingga didapat suatu campuran aspal yang memiliki angka penetrasi sesuai yang diinginkan.

2.4.3. Sifat Fisik Aspal

Sifat – sifat fisik aspal sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal anatara lain durabilitas, adhesi dan kohesi, kepekaan terhadap temperature, pengerasan dan penuaan (Ditjen Prasarana wilayah, 2004):

1. Daya tahan (*durability*)

Kinerja aspal sangat dipengaruhi oleh sifat aspal tersebut setelah digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal dan dihampar dilapangan. Hal ini disebabkan karena sifat aspal akan berubah secara signifikan akibat oksidasi dan pengelupasan yang

terjadi pada pencampuran, pengangkutan dan penghamparan. Perubahan sifat ini akan menyebabkan aspal berdaktilitas rendah atau dengan kata lain aspal mengalami penuaan. Kemampuan aspal untuk menghambat laju penuaan disebut dengan durabilitas aspal.

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat durabilitas aspal adalah pengujian penetrasi, titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas, TFOT, RTFOT.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekat antara satu dengan yang lainnya. Sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal untuk merekat dan mengikat agregat. Sifat adhesi dapat diuji dengan pengujian daktilitas aspal, sedangkan sifat kohesi dapat diuji dengan pengujian penyelimutan aspal.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Seluruh aspal bersifat *thermoplastic* yaitu menjadi keras bila temperatur menurun dan lunak jika temperatur meningkat. Aspal yang memiliki nilai penetrasi dan viskositas yang sama belum tentu memiliki nilai yang sama ketika diberikan perubahan temperatur.

4. Pengerasan dan penuaan

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal

disebabkan oleh dua faktor yaitu penguapan kandungan minyak ringan dalam aspal, oksidasi (penuaan jangka pendek) dan oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang). Kedua proses penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal sehingga akan mempengaruhi kinerja campuran aspal tersebut.

Aspal yang umum digunakan dalam campuran aspal panas di Indonesia adalah aspal Pen 60/70 dan aspal yang dimodifikasi dengan asbuton atau elastomer sintetis yang memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 2. 3.

Tabel 2. 3 Ketentuan Aspal Keras

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
1	Penetrasi pada 25° C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60-70
2	Temperatur yang menghasilkan G eser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10rad/detik > 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas 135° C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D 2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25° C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	>232
7	Larutan dlm <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-

No.	Jenis pengujian	Metode pengujian	Tipe 1 Aspal pen. 60/70
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≥ 2
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)			
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0.82
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik > 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 Mpa			
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik < 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2018.

2.5. Asbuton

Asbuton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Asbuton atau aspal batu buton ini pada umumnya berbentuk padat yang terbentuk secara alami akibat proses geologi. Proses terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang porous.

Asbuton terdiri dari mineral dan bitumen, kadar bitumen dalam asbuton bervariasi dari 10% sampai 40%. Mineral asbuton didominasi oleh *Globigerines limestone* yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad relik binatang purba foraminifera mikro yang

mempunyai sifat sangat halus, relatif keras, dan berkadar kalsium karbonatin.

Asbuton yang terdapat di Indonesia secara umum dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu asbuton dari daerah Kabungka, dan asbuton dari daerah Lawele. Kedua asbuton tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, asbuton kabungka umumnya bersifat lebih keras, sedangkan asbuton jenis Lawele bersifat lebih lunak. Pada perkembangannya asbuton dari daerah Kabungka kemudian diolah menjadi asbuton butir yang kemudian dikenal dengan nama *Buton Granular Asphalt* (BGA), sedangkan asbuton dari daerah Lawele dikenal dengan nama *Lawele Granular Asphalt* (LGA).

2.5.1. Karakteristik Asbuton

Aspal buton terdiri dari kandungan aspal dan mineral. Pada prinsipnya, bitumen mengandung tiga komponen penting yang mempengaruhi karakteristik bitumen tersebut, yaitu asphaltene, resin dan minyak. Kandungan aspal di dalam pal buton mampu menggantikan aspal minyak karena kualitasnya lebih baik daripada aspal minyak. Kandungan aspal dalam aspal buton tersebut mencapai 40,9 %. Pengujian lainnya juga dilakukan oleh pusat penelitian jalan dan jembatan departemen pekerjaan umum dan hasilnya dituangkan dalam sertifikat uji kelayakan teknis No. 06.1.02.485701.33.11.002 dimana penggunaan aspal buton dalam pembangunan dan pemeliharaan jalan sudah sangat layak dan dapat segera dilaksanakan di Indonesia, bahkan di dunia. Berbagai tes

yang dilakukan menghasilkan kriteria yang sesuai dengan british standard dalam penggunaannya sebagai hot rolled asphalt mix untuk jalan padat lalu lintas.



Gambar 2.3 Aspal buton dalam bentuk bongkahan

Partikel aspal alam yang berasal dari kabungka umumnya keras dengan kandungan asphaltene tinggi dan kandungan maltene lebih rendah dibandingkan dengan aspal minyak. Semakin tinggi kandungan asphaltene, maka bitumen semakin keras, makin kental, makin tinggi titik lembeknya dan makin rendah harga penetrasinya. Tingginya kandungan asphaltene ini yang membuat kualitas asbuton 15 lebih baik dibandingkan aspal minyak karena sifatnya yang kuat dan panas

2.5.2. Asbuton Butir

Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari asbuton berbentuk padat yang dipecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Adapun bahan baku untuk membuat asbuton butir ini adalah asbuton yang memiliki nilai penetrasi rendah seperti asbuton Kabungka ataupun

asbuton Lawele ataupun gabungan dari kedua asbuton tersebut. Melalui proses pengolahan ini diharapkan dapat mengeliminasi kelemahan – kelemahan, yaitu ketidakseragaman kandungan bitumen dan kadar air serta dengan membuat ukuran maksimum butiran asbuton yang lebih halus diharapkan dapat mempermudah proses pencampuran dalam campuran aspal. Jenis asbuton butir yang ada adalah BGA dan LGA. Contoh produk BGA adalah BGA tipe 5/20, tipe 15/20, tipe 15/25, tipe 20/25. Sedangkan untuk LGA mempunyai produk B 5/20, B 30/25 dan B 50/30.

2.5.3. Asbuton Hasil Ekstraksi

Ekstraksi asbuton dapat dilakukan secara total hingga mendapatkan bitumen asbuton murni atau untuk mendapatkan keunggulan mineral asbuton sebagai filler. Proses ekstraksi dilakukan hingga mencapai suatu kadar bitumen tertentu. Produk ekstraksi asbuton dapat digunakan sebagai additif dalam campuran aspal ataupun sebagai bahan perekat seperti halnya aspal minyak atau aspal keras. Bahan baku untuk membuat asbuton hasil ekstraksi berasal dari asbuton Kabungka ataupun asbuton Lawele. Sedangkan bahan pelarut untuk ekstraksi asbuton diantaranya adalah kerosin, algoso, naptha, normal heptan, asam sulfat dan *Trichlor Ethylen*.

Terdapat beberapa produk hasil ekstraksi (*refine*) asbuton dengan kadar bitumen antara 60 hingga 100 %. Apabila bitumen hasil ekstraksi yang keras (penetrasi rendah) maka untuk membuat bitumen tersebut

setara dengan aspal keras Pen 40 dan Pen 60 maka bitumen tersebut dilunakkan dengan minyak berat (Ditjen Bina Marga, 2006b).

Hasil ekstraksi asbuton yang masih memiliki mineral antara 50% sampai dengan 60% diperlukan pelunak atau bahan peremaja agar asbuton tersebut dapat digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran aspal. Penambahan hasil ekstraksi asbuton dengan peremaja disebut dengan aspal yang dimodifikasi dengan asbuton. Produk hasil ekstraksi yang beredar dipasaran seperti *Retona Blend 55*.

2.6. Modifier/Peremaja

Modifier/peremaja adalah bahan yang digunakan untuk meremajakan/melunakkan bitumen asbuton agar memiliki karakteristik yang sesuai sebagai bahan pengikat pada suatu campuran beraspal.

Bahan peremaja (*modifier*) adalah campuran dari aspal minyak, minyak tanah dan minyak berat atau oli bekas dengan komposisi tertentu serta mempunyai sifat teknis tertentu pula. Sedangkan minyak tanah berfungsi sebagai pelarut (*cutter*) sehingga bitumen cepat keluar dari partikel Asbuton dan bergabung dengan aspal minyak sebagai perekat (*adhesive*) antar butiran agregat.

Penggunaan peremaja diproporsikan sedemikian rupa pada campuran CPHMA sehingga diperoleh penggunaan peremaja yang sesuai dengan spesifikasi campuran CPHMA. Penggunaan peremaja pada CPHMA diproduksi khusus oleh produsen CPHMA dengan PH – 1000 (peremaja hangat dengan kelas kekentalan 1000 – 1500 cSt) yang

sifat-sifatnya harus memenuhi persyaratan seperti yang tertuang dalam

Tabel 2. 4:

Tabel 2. 4 Persyaratan Peremaja

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan PH - 1000
1.	Viskositas pada 60° C; detik cSt	SNI 03-6721-2002	500 – 750 1000 – 1500
2.	Kelarutan dalam TCE; %	RSNI M-04-2004	Min. 99,5
3.	Titik nyala; ° C	SNI 2433:2011	Min. 180
4.	Berat jenis	SNI 2441:2011	Min. 0,95
5.	Penurunan berat (TFOT); % terhadap berat awal	SNI 06-2440-1991	Maks. 4
6.	Kadar parafin lilin ; %	SNI 03-3639-2002	Maks 2

Sumber: Ditjen Bina Marga (2018)

2.7. CPHMA

CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*) adalah campuran beraspal panas yang mengandung agregat bergradasi tertentu, asbuton butir, bahan peremaja, dan bahan tambah lain bila diperlukan, yang sudah dicampur dengan baik sehingga siap hampar dan dipadatkan secara dingin (temperatur udara 30 °C) untuk membuat perkerasan jalan beraspal (Ditjen Bina Marga, 2015). Sebagai lapis permukaan, penghamparan CPHMA harus dilaksanakan di atas permukaan jalan lama atau lapis pondasi yang telah disiapkan. CPHMA yang dapat dipadatkan secara dingin memungkinkan untuk CPHMA dapat disimpan dalam bentuk kemasan 25 kg.



Gambar 2. 4 CPHMA (*Cold Paving Hot Mix Asbuton*)

Aplikasi CPHMA diperuntukkan untuk lapis permukaan perkerasan untuk jalan bervolume lalu lintas rendah (volume lalu lintas kurang atau sama dengan 500 SMP/hari) dengan ekuivalen beban sumbu kendaraan kurang dari atau sama dengan 1.000.000 ESA. Produk CPHMA dapat digunakan sebagai lapis perata ataupun lapis permukaan dan dapat dihampar lebih dari 1 lapis. Tebal lapisan padat minimum CPHMA harus disesuaikan dengan ukuran maksimum agregat yang digunakan seperti tertuang dalam Tabel 2. 5.

Tabel 2. 5 Tebal Lapisan Padat Minimum CPHMA

Ukuran maksimum agregat (mm)	Tebal padat minimum (mm)
12,5	30
19,0	40

Sumber: Ditjen Bina Marga (2018)

2.7.1. Bahan CPHMA

CPHMA memiliki gradasi campuran agregat yang diatur dalam spesifikasi sesuai pada Tabel 2. 6.

Tabel 2. 6 Gradasi Agregat CPHMA

No.	Ukuran ayakan	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat
	ASTM (mm)	
1.	¾ in (19 mm)	100
2.	½ in (12,5 mm)	90 – 100
3.	3/8 in (9,5 mm)	-
4.	No. 4 (4,75 mm)	45 - 70
5.	No. 8 (2,36 mm)	25 - 55
6.	No. 50 (0,300 mm)	5 – 20
7.	No. 200 (0,075 mm)	2 – 9

Sumber: Ditjen Bina Marga (2018)

Jenis asbuton butir yang dapat digunakan dalam campuran panas, dan CPHMA adalah Asbuton butir tipe B5/20, tipe B50/30, dengan persyaratan masing – masing tipe asbuton butir sesuai pada Tabel 2. 7.

Tabel 2. 7 Ketentuan Asbuton Butir

No.	Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe B 5/20	Tipe B 50/30
1.	Sifat Bentuk Asli			
	Ukuran butir asbuton butir			
	✓ Lolos Ayakan 3/8" (9,5 mm); %	SNI 03-4142-1996	-	100
	✓ Lolos Ayakan No. 8 (2,36 mm); %	SNI-03-4142-1996	100	-
	Kadar bitumen asbuton; %	SNI 03-3640-1994	Min.18	Min.20
	Kadar air, %	SNI 2490;2008	Maks.2	Maks.4
2.	Sifat Bitumen Hasil Ekstaksi (SNI 8279;2016) dan Pemulihan (SNI 4797:2015)			
	Kelarutan dalam TCE; % berat	SNI 2438;2015	Min.99	Min.99

No.	Sifat-sifat Asbuton Butir	Metode Pengujian	Tipe B 5/20	Tipe B 50/30
	Penetrasi aspal asbuton pada 25°C, 100 g, 5 detik; 0,1 mm	SNI 2456;2011	2 - 15	40 - 70
	Titik lembek; °C	SNI 2434;2011	-	Min.50
	Daktalitas pada 25°C: cm	SNI 2431;2011	-	> 100
	Berat jenis	SNI 2441;2011	-	Min.1,0
	Penurunan berat (dengan TFOT); LoH (<i>Loss off Heating</i> , %)	SNI 06-2440-1991	-	< 2
	Penetrasi aspal asbuton setelah LoH pada 25°C, 100 g, 5 detik; (% terhadap penetrasi awal)	SNI 2456;2011	-	> 54

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum (2018)

Proporsi maksimum penggunaan asbuton butir terhadap berat total campuran beraspal panas dan campuran beraspal hangat dengan asbuton (Kementerian Pekerjaan Umum, 2018) adalah

1. Campuran beraspal panas dengan asbuton
 - a. Tipe B5/20 = 3 %
 - b. Tipe B30/25 = 5 %
 - c. Tipe B50/30 = 15 %
2. Campuran beraspal hangat dengan asbuton
 - a. Tipe B5/20 = 6 %
 - b. Tipe B30/25 = 12 %
 - c. Tipe B50/30 = 15 %

Asbuton tipe B5/20 adalah asbuton yang memiliki kelas penetrasi

5 dan kelas kadar bitumen 20 %. Asbuton tipe B30/25 adalah asbuton yang memiliki kelas pentrasi 30 dan kelas kadar bitumen 25 %. Asbuton tipe B50/30 adalah asbuton yang memiliki kelas pentrasi 50 dan kelas kadar bitumen 30 %.

2.7.2. Sifat Campuran CPHMA

Sifat campuran CPHMA dipadatkan dengan alat pemadat Marshall sebanyak 2x75 tumbukan pada temperatur udara (sekitar 30°C). Persyaratan campuran CPHMA mengacu pada pedoman pelaksanaan CPHMA (2015) yang tertuang pada tabel berikut:

Tabel 2. 8 Sifat Campuran CPHMA

Sifat-sifat Campuran CPHMA		Persyaratan
Jumlah tumbukan per bidang		75
Rongga dalam campuran (%)	Min.	4
	Maks.	10
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	16
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	60
Stabilitas Marshall pada temperatur udara; kg	Min.	500
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperatur udara	Min.	60

Sumber: Ditjen Bina Marga (2018)

Pada campuran CPHMA persyaratan kadar dan sifat aspal dalam campuran diatur seperti pada Tabel 2. 9

Tabel 2. 9 Kadar dan Sifat Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA

Uraian	Metoda Pengujian	Persyaratan
Kadar Aspal, (%)	SNI 03 – 3640 –	6 – 8

Uraian	Metoda Pengujian	Persyaratan
	1994	
Karakteristik Bitumen Hasil Ekstraksi :		
Penetrasi 25°C, 100g, 5 detik: mm	SNI 2456: 2011	Minimum 100
Titik lembek °C	SNI 2434: 2011	Minimum 40
Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit ; cm	SNI 2432: 2011	Minimum 100

Sumber: Ditjen Bina Marga (2018)

Proses pencampuran CPHMA dilakukan secara panas sesuai dengan sifat bitumen asbuton. Suhu pencampuran panas dengan asbuton diatur dalam Pedoman Asbuton Campuran Panas (Balitbang PU, 2018) seperti pada Tabel 2. 10.

Tabel 2. 11 Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemasakan

No.	Prosedur Pelaksanaan	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)			
		Asbuton Murni	Asbuton B 50/30	Asbuton Pra-Campur	Asbuton B 5/20
1	Pencampuran benda uji Marshall	155 ± 1	160 ± 1	165 ± 1	
2	Pemasakan benda uji Marshall	145 ± 1	150 ± 1	155 ± 1	
3	Pencampuran di Unit Pencampuran Aspal				
	• Pemanasan Agregat di Dryer	150-160	170-180	160-170	
	• Pemasangan Aspal di Tangki	155-165	160-170	165-175	
4	Menuangkan campuran aspal dari alat pencampur ke dalam truk	135-150	140-155	145-160	
5	Pemasakan ke Alat Penghampar	130-150	135-155	140-160	

No.	Prosedur Pelaksanaan	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)			
		Asbuton Murni	Asbuton B 50/30	Asbuton Pra-Campur	Asbuton B 5/20
6	Pemadatan Awal (roda baja)	125-145	130-150	135-155	
7	Pemadatan Antara (roda karet)	100-125	105-130	110-135	
8	Pemadatan Akhir (roda baja)	>95	>100	>105	

Sumber: Ditjen Bina Marga(2018)

2.8. Aspal Ekstraksi Asbuton Lawelle

Aspal buton (asbuton), adalah sumber daya alam Indonesia berupa aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di pulau buton dan sekitarnya. jumlah deposit diperkirakan 660 juta ton, berasal dari tambang kabungka dan tambang lawele, konsep ini memanfaatkan kandungan bitumen yang tinggi pada asbuton lawele dengan sifat-sifat yang sangat baik sebagai additive maupun substitusi untuk mengurangi pemakaian aspal minyak dalam campuran beraspal. asbuton lawele perlu dikondisikan terlebih dahulu agar dapat digunakan sebagai additive maupun substitusi aspal minyak dalam campuran beraspal ,

Asbuton lawele kuat, kokoh dan keras (asphaltene tinggi) lengket dan lentur/fleksible (maltene/resin tinggi tahan terhadap perubahan temperatur (softening point cukup tinggi) tahan terhadap perubahan bentuk/deformasi awet/durability tinggi sehingga umur pelayanan lebih lama Marshall Test

2.9. Marshall Test

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

2.9.1. 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 (2.5) di bawah ini:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2.9.2. 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*).

2.9.3. 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 kekedapan campuran, semakin besar nilai density campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara. Nilai kepadatan/density dihitung dengan rumus (2.6) dan (2.6) di bawah ini :

$$g = c / f \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$f = d - e \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

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)

2.9.4. 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 porous. 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 (2.7) – (10) di bawah ini :

$$VIM = (100 - i - j) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \dots\dots\dots (2.8)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ.Agregat} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.9.5. 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 kedapcampuran 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 kedapcampuran 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

penyempurnaan. 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 :

$$VFA = 100 \times \frac{i}{j} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$b = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ.Agregat} \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

$$I = 100 - j \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

g = Persen rongga terisi aspal

i dan j = rumus substitusi

2.9.6. 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%.

2.9.7. 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 (2.16) di bawah ini :

$$MQ = S / F \dots\dots\dots(2.16)$$

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.

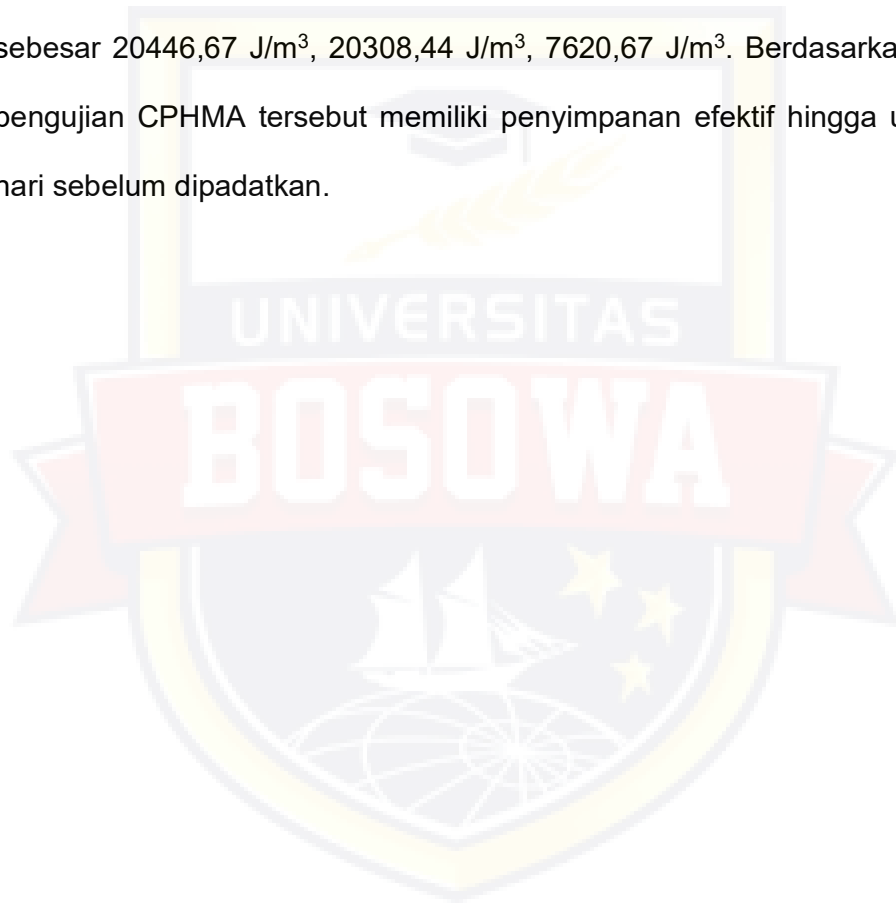
2.8.1. Penelitian Tentang CPHMA

Firstyan, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu pemadatan terhadap kinerja *Marshall* pada campuran CPHMA menggunakan LGA dan aspal minyak penetrasi 60/70. Dalam penelitian ini bahan yang digunakan berupa asbuton LGA, aspal minyak pen 60/70, agregat dan modifier. Percobaan ini menggunakan dua perlakuan yaitu terhadap suhu pemdatan 25°C, 37,5°C, 50°C, 67,5°C dan penambahan aspal minyak sebesar 5%, 10%, 15%, 20% terhadap kadar aspal campuran. Dari hasil analisis didapatkan suhu pemadatan optimum sebesar 90°C dan penambahan aspal minyak sebesar 7,653% yang didapatkan dari hasil iterasi persamaan VIM ($z = 25,0323 - 0,13041x - 0,45944y + 0,000225x^2 + 0,047268y^2 - 0,005576xy - 0,00000111x^2y^2$). Berdasarkan nilai suhu optimum dan penambahan aspal minyak optimum diatas diperoleh nilai stabilitas 1468,77 kg, *flow* 3,875 mm, VIM 15,834%, VMA 26,399 %, VFB 41,61%. Dalam penelitian ini penulis menyarankan agar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu pemadatan optimum, dikarenakan suhu pemadatan optimum yang diperoleh dari proses iterasi melebihi batas suhu pemadatan yang diteliti.

Akbariawan, dkk. (2015) melakukan penelitian tentang penggunaan material Madura terhadap kinerja campuran CPHMA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material Madura dan suhu pemadatan terhadap kinerja CPHMA. Bahan yang digunakan berupa asbuton LGA, agregat dan modifier. Percobaan ini menggunakan dua perlakuan yaitu terhadap suhu pemadatan 25°C, 37,5°C, 50°C, 67,5°C dan prosentase agregat Madura terhadap agregat lokal sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, 100%. Dari hasil analisis didapatkan suhu pemadatan optimum sebesar 81,748°C dan proporsi agregat Madura optimum sebesar 82,927% yang diperoleh dari nilai persamaan VIM ($z = 21,86049 - 0,172988x + 0,106850y + 0,001388x^2 - 0,000323y^2 - 0,000653xy$). Berdasarkan suhu pemadatan dan proporsi agregat Madura optimum didapatkan nilai stabilitas 1038,19 kg, *flow* 3,943 mm, VIM 19,22%, VMA 29,031 %, VFB 33,311%. Nilai VIM dan VFB tidak memenuhi standar spesifikasi. Dalam penelitian ini penulis menyarankan agar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penentuan suhu pemadatan optimum dikarenakan suhu pemadatan optimum yang diperoleh dari proses iterasi melebihi batas suhu pemadatan yang diteliti.

Syukur (2016), melakukan penelitian studi laboratorium kuat tarik belah campuran asbuton campur panas hampar dingin. Campuran CPHMA ini menggunakan LGA sebagai bahan pengikat ditambahkan dengan peremaja dingin. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa CPHMA memiliki rata – rata nilai kuat tekan yang cenderung stabil pada

umur penyimpanan 4 jam, 3 hari, dan 7 hari yakni sebesar 1.686 Mpa, 1.513 Mpa, 1.633 Mpa. Sedangkan nilai kuat tarik untuk umur penyimpanan 4 jam, 3 hari, dan 7 hari sebesar 0,845 Mpa, 0,815 Mpa, dan 0,322 Mpa. Penelitian tersebut juga membandingkan capaian modulus *toughness* campuran pada umur penyimpanan 4 jam, 3 hari dan 7 hari sebesar 20446,67 J/m³, 20308,44 J/m³, 7620,67 J/m³. Berdasarkan hasil pengujian CPHMA tersebut memiliki penyimpanan efektif hingga umur 3 hari sebelum dipadatkan.



BAB III

METODE PENELITIAN

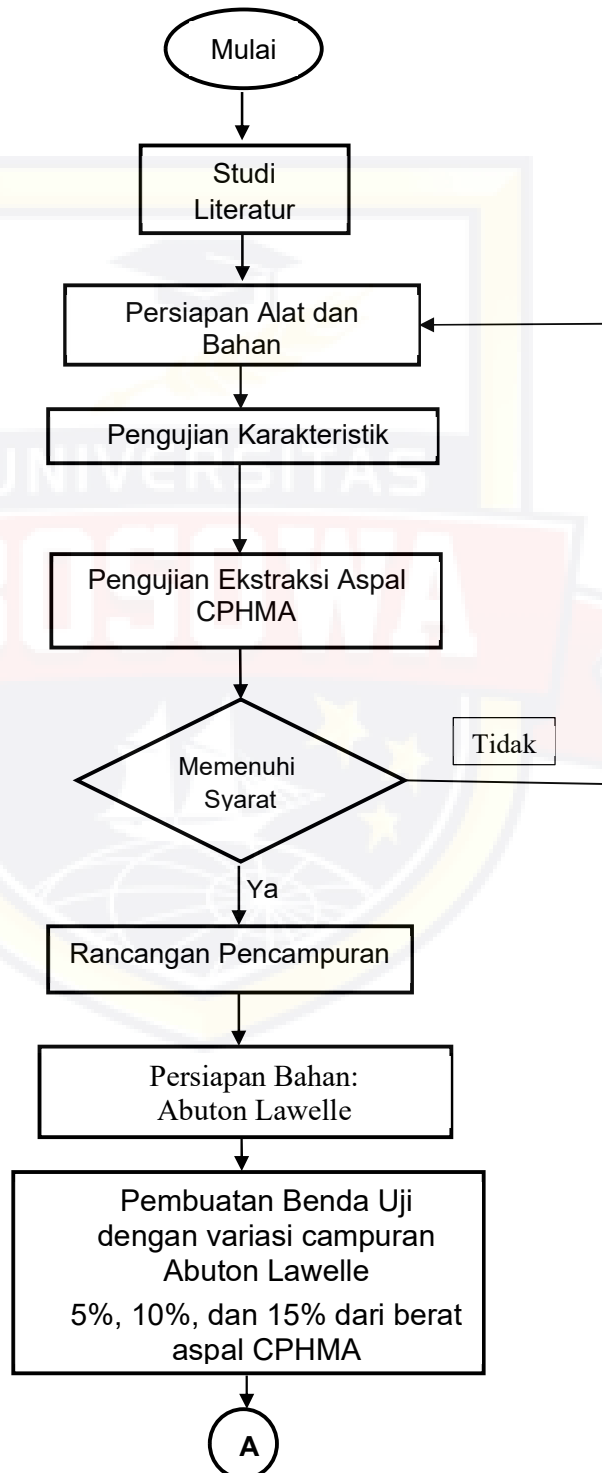
3.1. Metode

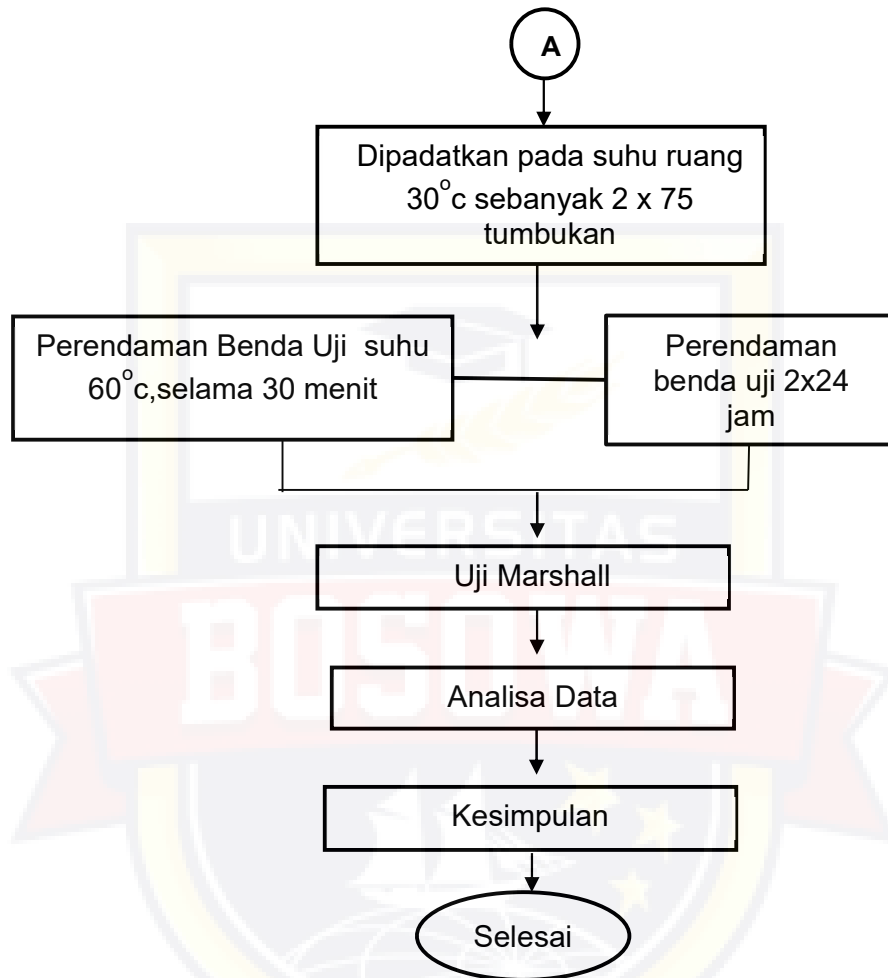
Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas dengan hampar dingin tipe aspal buton (CPHMA). Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan.

Penelitian ini telah dilakukan atas pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal terbaik maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis, benda uji tersebut akan digunakan untuk proses pengujian Marshall setelah perendaman benda uji. Setelah pengujian perendaman dilakukan maka dilanjutkan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*voids Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi Marshall/*Marshall Quotient (MQ)*.

Dari nilai-nilai stabilitas dan kelelahan yang diperoleh akan dianalisa, dievaluasi dan mengambil kesimpulan seberapa besar pengaruh penambahan asbuton lawelle terhadap sifat dan karakteristik campuran CPHMA.

3.2. Diagram Flowchart





Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.3. Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. CPHMA



Gambar 3.2 CPHMA

2. Asbuton Hasil Ekstraksi Lawele



Gambar 3.3 Asbuton Hasil Ekstraksi Lawele

3.3.1 Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal

Alat-alat yang digunakan untuk penelitian pengujian Marshall meliputi:

1. Cetakan benda uji yang berdiameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3") lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.



Gambar 3.6 Cetakan benda uji marshall

2. Alat pengeluar benda uji

Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *ejector*.



Gambar 3.7 Ejector.

3. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder.



Gambar 3.8 Batang penumbuk.

4. Landasan pematat terdiri dari balok kayu (jati atau yang sejenisnya) berukuran kira-kira 20 x 20 x 45 cm (8" x 8" x 18") yang dilapisi

dengan pelat baja dengan ukuran 30 x 30 x 2,5 cm (12" x 12" x 1") dan diikat pada lantai beton dengan 4 bagian siku.



Gambar 3.9 Landasan pematat.

5. Mesin tekan lengkap dengan:

- a) Kepala penekan berbentuk lengkung (breaking head).
- b) Cincin penguji (proving ring) yang berkapasitas 2500 kg (5000 pound) dengan ketelitian 12,5 kg (25 pound) dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,00025 cm (0,0001").
- c) Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.



Gambar 3.10 Alat Uji Marshall.

6. Kompor Listrik.

Digunakan untuk memanaskan aspal dan untuk memanaskan

agregat dalam pembuatan aspal dengan cara hot mix.



Gambar 3.11 Kempor listrik

7. Bak Perendam (*water bath*).

Digunakan untuk memanaskan benda uji sebelum proses pengujian tekan marshall. Dilakukan perendaman benda uji dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dengan waktu 30-40 menit dengan kapasitas waterbath 2-30 liter air.



Gambar 3.12 Bak perendam

8. Perlengkapan lain :

a) Termometer

Pengukur suhu dari logam (metal thermometer) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas.



Gambar 3.13 Thermometer

3.4 Uji Campuran Aspal (Bitumen)

Briket yang telah didapat diuji stabilitas, kelelahan, keawetannya terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air. Pengujian briket menggunakan metode Marshall untuk stabilitas dan kelelehannya, sedangkan untuk keawetannya menggunakan uji Marshall Rendaman.

3.5 Uji Marshall

Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90.

3.6 Notasi dan Jumlah Sampel

Tabel 3.1 Notasi dan Jumlah Sampel

NO	VARIASI	PERENDAMAN	CPHMA + ASBUTON EKSTRAKSI	ASBUTON EKSTRAKSI		JUMLAH
			(gram)	(gram)	(%)	
1	Normal	Normal	1200	-	-	3
2	Normal	2 x 24 jam	1200	-	-	3
3	CPHMA + 5% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1203,92	3,92	5	3
4	CPHMA + 10% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1207,85	7,85	10	3
5	CPHMA + 15% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1211,77	11,77	15	3
TOTAL SAMPEL						15



BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Penyajian Data

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu *cold paving hot mix asbuton* (CPHMA) diperoleh dari CV. Ketahanan Aspal Nasional.

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

Total : 465,00			Total : 461,40			Total : 462,70			Rata-Rata % Lolos	Spesifikasi CPHMA Binamarga 2018	
No. Saringan	Contoh : 1		Contoh : 2			Contoh : 3					
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos		
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	
1/2"	20,90	4,49	95,51	16,98	3,68	96,32	17,39	3,76	96,24	96,02	90 - 100
3/8"	82,87	17,82	82,18	80,10	17,36	82,64	78,55	16,98	83,02	82,61	-
No.4	201,90	43,42	56,58	196,97	42,69	57,31	186,96	40,41	59,59	57,83	45 - 70
No.8	280,00	60,22	39,78	268,98	58,30	41,70	265,93	57,47	42,53	41,34	25 - 55
No.16	302,91	65,14	34,86	399,30	86,54	13,46	306,10	66,16	33,84	27,39	-
No.30	340,00	73,12	26,88	329,95	71,51	28,49	337,00	72,83	27,17	27,51	-
No.50	401,90	86,43	13,57	395,70	85,76	14,24	402,00	86,88	13,12	13,64	5 - 20
No.100	417,97	89,89	10,11	418,87	90,78	9,22	419,10	90,58	9,42	9,58	-
No.200	440,00	94,62	5,38	432,39	93,71	6,29	433,20	93,62	6,38	6,01	2 - 9

Sumber : Hasil Penelitian Laboratorium

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Rumus:

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

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

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

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

Keterangan :

B_k = Berat benda kering oven

B_j = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

B_a = Berat benda uji di dalam air

Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Maks.	
Gradasi	AASHTO T27- 82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1969-1990				
1. Bulk		2.62	2.5	3	-
2. SSD		2.69	2.5		-
3. Semu		2.81	2.5		-
4. Penyerapan	2,67	-	-		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

c. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus:

Rumus :

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

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

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

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

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 Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Metode	Hasil	Spesifikasi		Satuan
			Min.	Max	
Gradasi	AASHTO T27-82		-	-	%
Berat jenis dan penyerapan					
1. Bulk	SNI 03-1970-1990	2.60	2.5	3	Gram
2. SSD		2.66	2.5		Gram
3. Semu		2.77	2.5		Gram
4. Penyerapan		2.22	-		Gram

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal buton yang di ekstraksi. Hasil pengujian kadar aspal sesuai hasil pengujian dan penelitian, diperlihatkan pada Tabel 4.6. sebagai berikut :

Tabel 4. 4. Kadar Aspal Hasil Ekstraksi CPHMA

No.	Uraian	Metoda Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan
1.	Kadar Aspal (%)	SNI – 03-6894-2002	6,66	6 – 8

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

4.1.3. Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Campuran

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

Tabel 4. 5 Hasil pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat

Material	Berat jenis bulk	Berat jenis semu	Berat jenis efektif
	A	B	$c = \frac{(a + b)}{2}$
Agregat Kasar	2,62	2,81	2,71
Agregat Halus	2,60	2,77	2,69
Aspal	1,03		

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

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

$$\begin{aligned} \text{Bj. Bulk Agregat (G}_{sb}) &= \frac{100}{\left(\frac{54\%}{2,62}\right) + \left(\frac{46\%}{2,60}\right)} \\ &= 2,61 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bj. Semu Agregat (G}_{sa}) &= \frac{100}{\left(\frac{54\%}{2,81}\right) + \left(\frac{46\%}{2,77}\right)} \\ &= 2,78 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\text{Bj. Efektif Agregat (G}_{se}) = \frac{2,6 + 2,78}{2} = 2,69 \text{ gram}$$

4.2. Komposisi Campuran

Komposisi CPHMA dengan variasi Asbuton lawele 5%, 10%, Dan 15%, dari perbandingan kadar aspal pada perendaman normal. Didapat kadar Aspal dan Agregat terhadap kadar Aspal optimum sebagai berikut :

Tabel 4. 6. Komposisi campuran dengan Asbuton Lawele

NO	VARIASI	PERENDAMAN	CPHMA + ASBUTON EKSTRAKSI
			(gram)
1	Normal	Normal	1200
2	Normal	2 x 24 jam	1200

NO	VARIASI	PERENDAMAN	CPHMA + ASBUTON EKSTRAKSI
			(gram)
3	CPHMA + 5% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1203,92
4	CPHMA + 10% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1207,85
5	CPHMA + 15% ASBUTON EKSTRAKASI	Normal	1211,77

4.3. Data Hasil Uji Dengan Alat Marshall

Tujuan dari uji Marshall ini ialah untuk mengetahui karakteristik Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) dengan kadar aspal 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.

Tabel 4.7. Hasil Uji Karakteristik Campuran CPHMA Asbuton Lawele 5%, 10%, 15%.

PEMERIKSAAN	Penambahan Asbuton Lawele				Spesifikasi 2018
	Kadar Aspal 6,66%				
	Normal	5%	10%	15%	
Kepadatan	2,34	2,35	2,35	2,36	-
Stabilitas (Kg)	1049,80	1066,38	1087,44	1104,17	Min 500
FLOW (mm)	3,76	4,17	4,27	4,47	3 - 5
VMA (%)	19,60	16,04	15,68	15,50	Min 16
VIM (%)	10,32	6,39	5,99	5,78	4 - 10
VFB (%)	60,01	60,20	61,90	65,74	Min 60
MQ (Kg/mm)	261,14	255,60	255,05	247,62	Min 250

Sumber : Hasil Pengujian dan Spesifikasi Bina Marga 2018 Kementerian PUPR

Dari hasil uji marshall dapat diketahui *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA) dengan penambahan asbuton lawele 5%, 10%, 15% kedalam campuran CPHMA dengan perendaman normal 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 perhitungan dibawah:

A. BJ Max Campuran

Rumus :

$$\text{BJ Max Campuran} = \frac{100}{\frac{100 - A}{C} + \frac{A}{T}}$$

Dimana :

- A** : Kadar Aspal BJ Efektif
- C** : Gab
- T** : Specific Gravity of Bitument

$$\text{Max Sg Combined Mix} = \frac{100}{\frac{100 - 6,66}{2,79} + \frac{6,66}{1,003}} = 2,51$$

B Volume of Speciment

Rumus :

$$\text{Volume of Speciment} = G - F$$

Dimana :

- G** : SSD
- F** : Berat Dalam Air

Normal

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1207,20 - 683,20 = 524,00$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1201,00 - 707,10 = 493,90$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1204,00 - 710,50 = 493,50$$

Penamabahan Asbuton Lawele5%

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1213,30 - 711,20 = 502,10$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1214,70 - 713,40 = 501,30$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1211,30 - 700,70 = 510,60$$

Penamabahan Asbuton Lawele 10%

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} : 1219,10 - 713,40 = 505,70$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} : 1218,70 - 709,30 = 509,40$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} : 1221,80 - 710,60 = 511,20$$

Penamabahan Asbuton Lawele 10%

Sampel I (Satu)

$$\text{Volume Benda uji} \quad : \quad 1225,60 \quad - \quad 732,30 \quad = \quad 493,30$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Volume Benda uji} \quad : \quad 1232,20 \quad - \quad 740,20 \quad = \quad 492,00$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Volume Benda uji} \quad : \quad 1250,60 \quad - \quad 715,10 \quad = \quad 535,50$$

C. Bulk Sg Combined Mix

Rumus :

$$\text{Bulk Sg Combined Mix} \quad : \quad \frac{E}{H}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} E & : \text{Berat Benda Uji di Udara} \\ H & : \text{Volume of Speciment} \end{aligned}$$

Normal

$$\begin{aligned} \text{Sampel I (Satu)} & \\ \text{BJ Bulk Campuran} & : \quad \frac{1177,30}{524,00} \quad = \quad 2,25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel II (Dua)} & \\ \text{BJ Bulk Campuran} & : \quad \frac{1187,70}{493,90} \quad = \quad 2,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel III (Tiga)} & \\ \text{BJ Bulk Campuran} & : \quad \frac{1165,70}{493,50} \quad = \quad 2,36 \end{aligned}$$

Penambahan (Asbuton Lawele 5%)

$$\begin{aligned} \text{Sampel I (Satu)} & \\ \text{BJ Bulk Campuran} & : \quad \frac{1178,40}{502,10} \quad = \quad 2,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel II (Dua)} & \\ & : \quad \frac{1180,50}{\quad \quad \quad} \quad = \quad 2,35 \end{aligned}$$

BJ Bulk Campuran		501,30			
Sampel III (Tiga)	:	1196,40	=		2,34
BJ Bulk Campuran		510,60			

Penambahan (Asbuton Lawele 10%)

Sampel I (Satu)		1197,50			
BJ Bulk Campuran	:	2,37	=		505,70

Sampel II (Dua)		1191,70			
BJ Bulk Campuran	:	509,40	=		2,34

Sampel III (Tiga)		1210,40			
BJ Bulk Campuran	:	511,20	=		2,37

Penambahan (Asbuton Lawele 15%)

Sampel I (Satu)		1198,10			
BJ Bulk Campuran	:	493,30	=		2,43

Sampel II (Dua)		1195,30			
BJ Bulk Campuran	:	492,00	=		2,43

Sampel III (Tiga)		1195,30			
BJ Bulk Campuran	:	535,50	=		2,23

D % VIM

Rumus :

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (D - I)}{D}$$

Dimana :

- D : BJ Max Campuran (GMM)**
- I : BJ Bulk Campuran Pemdatan**

Normal

Sampel I (Satu)					
% VIM	=	100 (2,51 - 2,25)	=		10,41

2,51

Sampel II (Dua)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,40)}{2,51} = 4,11$

Sampel III (Tiga)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,36)}{2,51} = 5,81$

Penambahan (Abuton Lawele 5%)

Sampel I (Satu)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,35)}{2,51} = 6,41$

Sampel II (Dua)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,35)}{2,51} = 6,10$

Sampel III (Tiga)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,34)}{2,51} = 6,57$

Penambahan (Abuton Lawele 10%)

Sampel I (Satu)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,37)}{2,51} = 5,57$

Sampel II (Dua)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,34)}{2,51} = 6,71$

Sampel III (Tiga)
% VIM = $\frac{100 (2,51 - 2,37)}{2,51} = 5,58$

Penambahan (Abuton Lawele 15%)

Sampel I (Satu)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2,51 - 2,43)}{2,51} = 3,15$$

Sampel II (Dua)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2,51 - 2,43)}{2,51} = 3,12$$

Sampel III (Tiga)

$$\% \text{ VIM} = \frac{100 (2,51 - 2,23)}{2,51} = 10,99$$

E Marshall Quotien (Kg/mm)

Rumus

:

$$\text{Marshall Quotien (Kg/mm) : } \frac{L}{M}$$

Dimana :

$$\begin{array}{l} L : \text{Stability (Kg) Adjust} \\ M : \text{Flow (mm)} \end{array}$$

Normal

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm) : } \frac{905,31}{3,85} = 235,15$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm) : } \frac{928,51}{4,20} = 221,07$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm) : } \frac{1053,54}{3,22} = 327,19$$

penambahan asbuton lawele 5%

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1041,43}{4,00} = 260,36$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1103,73}{4,32} = 255,49$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1053,98}{4,20} = 250,95$$

penambahan asbuton lawele 10%

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1091,62}{4,10} = 266,25$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1041,43}{4,20} = 247,96$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1129,27}{4,63} = 250,95$$

penambahan asbuton lawele 15%

Sampel I (Satu)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1091,62}{4,45} = 245,3$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1154,36}{4,32} = 267,21$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Marshall Quotient (Kg/mm)} : \frac{1066,53}{4,63} = 230,35$$

F VMA

Rumus :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{I}{B} \times 100 = A$$

Dimana :

I : **BJ Bulk Campuran Pemasatan**
B : **BJ Bulk Gab**
A : **Kadar Aspal**

Normal

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,25}{2,61} \times 100 - 6,66 = 19,65$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,40}{2,61} \times 100 - 6,66 = 14,00$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,36}{2,61} \times 100 - 6,66 = 15,53$$

Penambahan Asbuton Lawele 5%

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,61} \times 100 - 6,66 = 16,10$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,35}{2,61} \times 100 - 6,66 = 15,82$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,34}{2,61} \times 100 - 6,66 = 16,24$$

Penambahan Asbuton Lawele 10%

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,37}{2,61} \times 100 - 6,66 = 15,35$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,34}{2,61} \times 100 - 6,66 = 16,37$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,37}{2,61} \times 100 - 6,66 = 15,36$$

Penambahan Asbuton Lawele 15%

Sampel I (Satu)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,43}{2,61} \times 100 - 6,66 = 13,18$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,43}{2,61} \times 100 - 6,66 = 13,15$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VMA} : 100 - \frac{2,23}{2,61} \times 100 - 6,66 = 20,21$$

G VFB

Rumus :

$$\text{VFB} = \frac{Q - J}{Q} \times 100$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &: \text{VMA} \\ J &: \text{VIM} \end{aligned}$$

Normal

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{19,65 - 10,49}{19,65} \times 100 = 46,63$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{14,04 - 4,11}{14,04} \times 100 = 70,72$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{15,56 - 5,81}{15,56} \times 100 = 62,67$$

Penambahan Asbuton Lawele 5%

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{16,07 - 6,50}{16,07} \times 100 = 59,57$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{15,82 - 6,10}{15,82} \times 100 = 61,45$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{16,24 - 6,57}{16,24} \times 100 = 59,57$$

Penambahan Asbuton Lawele 10%

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{15,31 - 5,66}{15,31} \times 100 = 63,06$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{16,37 - 6,71}{16,37} \times 100 = 58,99$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{15,36 - 5,58}{15,36} \times 100 = 63,64$$

Penamabahan Asbuton Lawele 15%

Sampel I (Satu)

$$\text{VFB} : \frac{13,14 - 3,24}{13,14} \times 100 = 75,37$$

Sampel II (Dua)

$$\text{VFB} : \frac{13,15 - 3,12}{13,15} \times 100 = 76,25$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{VFB} : \frac{20,21 - 10,99}{20,21} \times 100 = 45,60$$

H Stabilitas

Rumus :
 Stabilitas $K \times \text{Angka koreksi} \times \text{Angka kalibrasi}$

Dimana

:
K : Pembacaan Stabilitas

Normal

Sampel I (Satu)

$$\text{Stabilitas} = 73,00 \times 0,85 \times 14,59 = 905,31$$

Sampel II (Dua)

$$\text{Stabilitas} = 74,00 \times 0,86 \times 14,59 = 928,51$$

Sampel III (Tiga)

$$\text{Stabilitas} = 83,00 \times 0,83 \times 14,59 = 1005,11$$

Penambahan Asbuton Lawele 5%

Sampel I (Satu)

$$\text{Stabilitas} = 83,00 \times 0,86 \times 14,59 = 1041,43$$

Sampel II (Dua)						
Stabilitas	=	85,00	x	0,89	x	14,59 = 1103,73
Sampel III (Tiga)						
Stabilitas	=	84,00	x	0,86	x	14,59 = 1053,98

Penambahan Asbuton Lawele 10%

Sampel I (Satu)						
Stabilitas	=	87,00	x	0,86	x	14,59 = 1091,62
Sampel II (Dua)						
Stabilitas	=	83,00	x	0,86	x	14,59 = 1041,43
Sampel III (Tiga)						
Stabilitas	=	90,00	x	0,86	x	14,59 = 1129,27

Penambahan Asbuton Lawele 15%

Sampel I (Satu)						
Stabilitas	=	87,00	x	0,86	x	14,59 = 1091,62
Sampel II (Dua)						
Stabilitas	=	92,00	x	0,86	x	14,59 = 1154,36
Sampel III (Tiga)						
Stabilitas	=	0,86	x	0,95	x	14,59 = 11,89

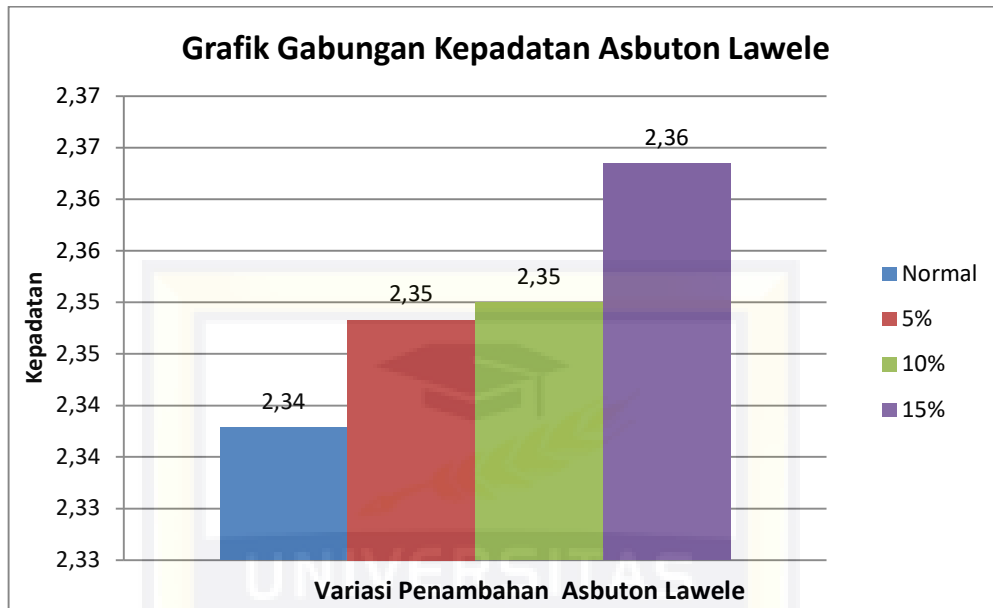
p

Untuk perhitungan lainya dapat dilihat pada lampiran:

4.4. Hasil Pengujian Dengan bahan tambah penamabahan asbuton ekstraksi lawele pada Campuran aspal buton CPHMA.

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

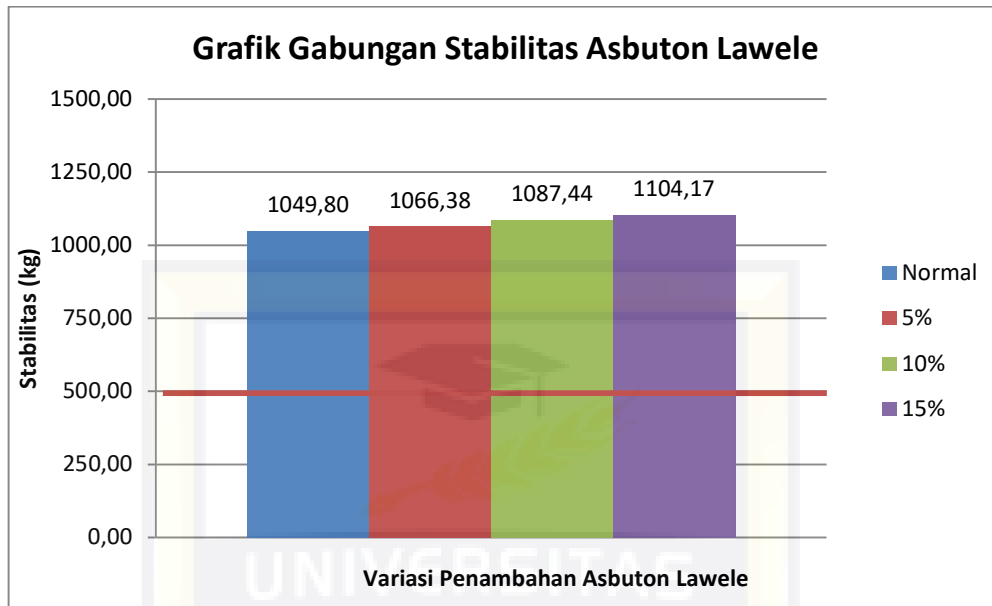
a. Kepadatan



Gambar 4.1 Diagram hubungan variasi penamabahan asbuton ekstraksi lawele terhadap kepadatan.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penambahan Asbuton Lawelle kedalam campuran aspal buton CPHMA tidak terlalu mempengaruhi nilai kepadatan (*density*), pada kadar aspal normal adalah 2,34, pada kadar Asbuton 5% adalah 2,35, pada kadar 10% adalah 2,35, dan pada kadar 15% adalah 2,36 bisa dikatakan nilainya hampir sama. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

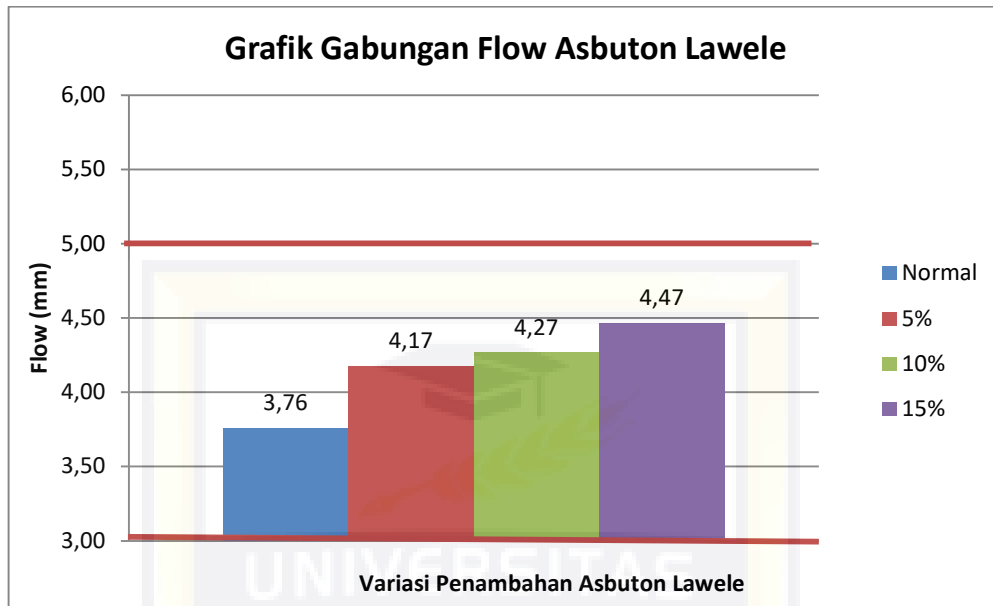
b. Stabilitas Minimum 500 (Kg)



Gambar 4.2 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap stabilitas.

Dari gambar 4.2 diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi presentase kadar Asbuton Lawelle sebagai variasi bahan tambah maka nilai stabilitas semakin Naik. Dimana nilai pada kadar aspal normal 1049,80 Kg, pada kadar Asbuton Lawelle 5% adalah 1066,38 Kg, pada kadar 10% adalah 1087,44 Kg, pada kadar 15% adalah 1104,17 Kg nilai tersebut telah memenuhi spesifikasi yang di syaratkan yaitu minimal 500 Kg. Penurunan nilai stabilitas ini disebabkan tingginya kadar karbon yang terkandung dalam Asbuton Lawelle sehingga menyebabkan campuran aspal menjadi lebih kaku dan dapat menyebabkan perkerasan mudah mengalami *cracking*.

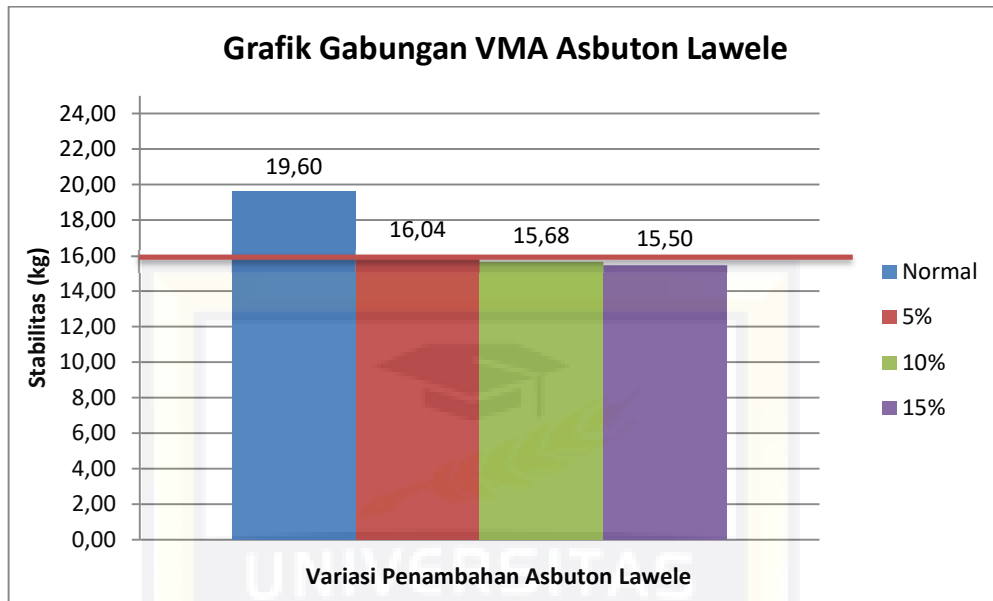
c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 3 - 5 (mm).



Gambar 4.3 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap *Flow*.

Dari gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai *flow* berbanding terbalik dengan stabilitas. Nilai *flow* ini dipengaruhi oleh perbandingan campuran aspal, pada gambar diatas menunjukkan nilai *flow* menurun apabila kadar variasi Asbuton Lawelle menurun pada kadar aspal normal nilainya adalah 3,76 mm, pada kadar Asbuton Lawelle 5% adalah mm 4,17 pada kadar 10% adalah 4,27 mm, pada kadar 15% adalah 4,47 mm dan memenuhi batas spesifikasi. Asbuton Lawelle yang ditambahkan akan mengurangi rongga – rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal, menyebabkan campuran menjadi plastis dan terjadinya *bleeding*.

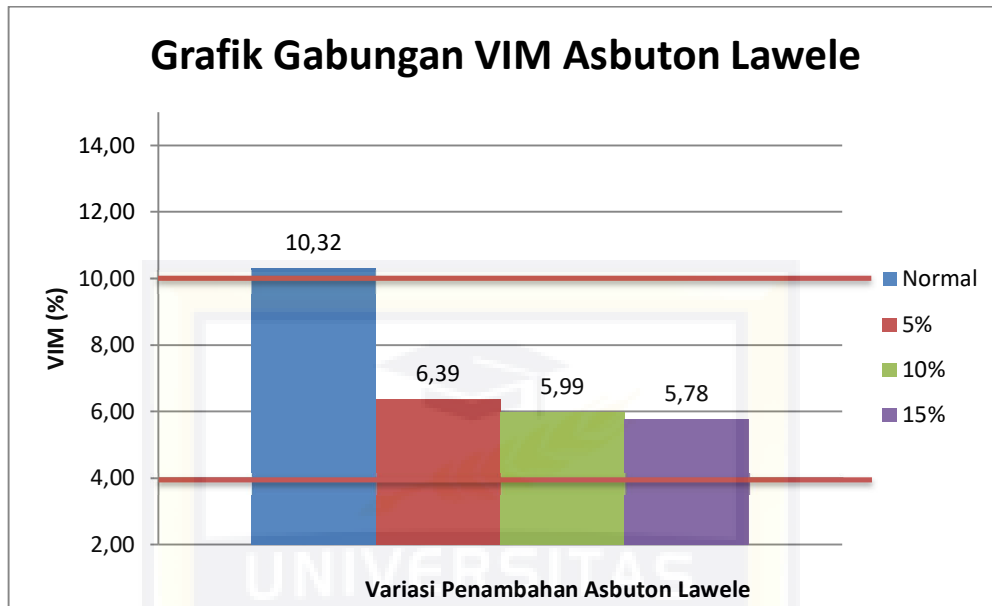
d. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 16%



Gambar 4.4 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VMA.

Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai VMA cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar Asbuton Lawelle dalam campuran aspal, karena rongga-rongga yang terisi oleh aspal semakin kecil menyebabkan rongga udara yang ada diantara mineral agregat didalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan semakin berkurang. Pada kadar aspal normal 19,60%, pada kadar Asbuton Lawelle 5% adalah 16,04%, pada kadar 10% adalah 15,68%, pada kadar 15% adalah 15,50%. Kecil besarnya nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal yang menyelimuti agregat, dimana kadar aspal yang besar akan membentuk selimut butir agregat yang tebal.

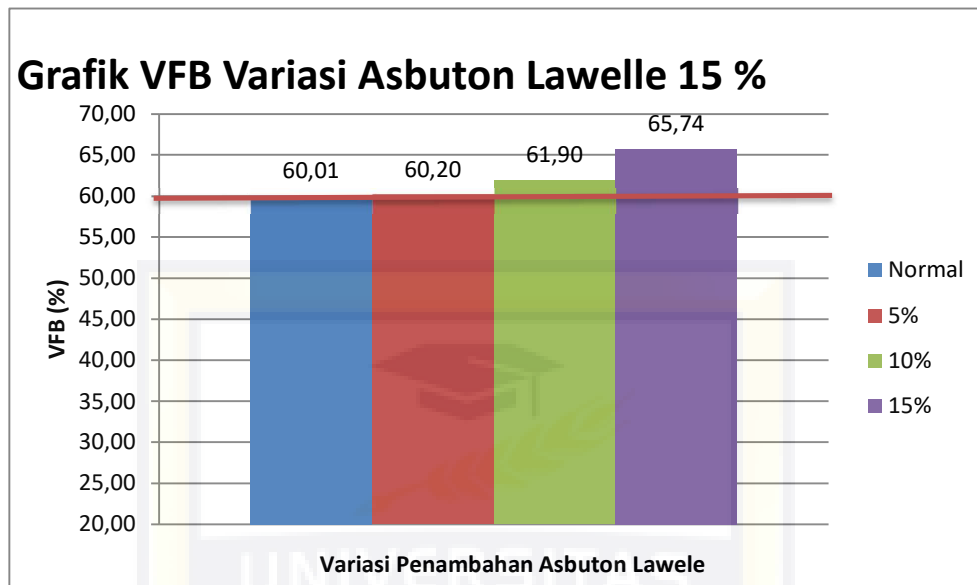
e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4% – 10%



Gambar 4.5 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VIM.

Dari gambar 4.5 menunjukkan bahwa penambahan Asbuton Lawelle ke dalam campuran aspal buton CPHMA menyebabkan nilai *VIM* menurun. Pada kadar aspal normal 10,32%, pada kadar abu tempurung kelapa 5% adalah 6,39%, pada kadar 10% adalah 5,99%, pada kadar 15% adalah 5,78%. Semakin menurunnya nilai *VIM* pada campuran aspal ini disebabkan karena berkurangnya rongga dalam campuran dengan penambahan Asbuton Lawelle. Hal ini menyebabkan campuran menjadi rapat sehingga air dan udara tidak mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran. meningkatkan daya lekat dan ikatan, serta mengurangi efek negatif dari air. Hal ini akan mengurangi terjadinya pelepasan butiran pada aspal.

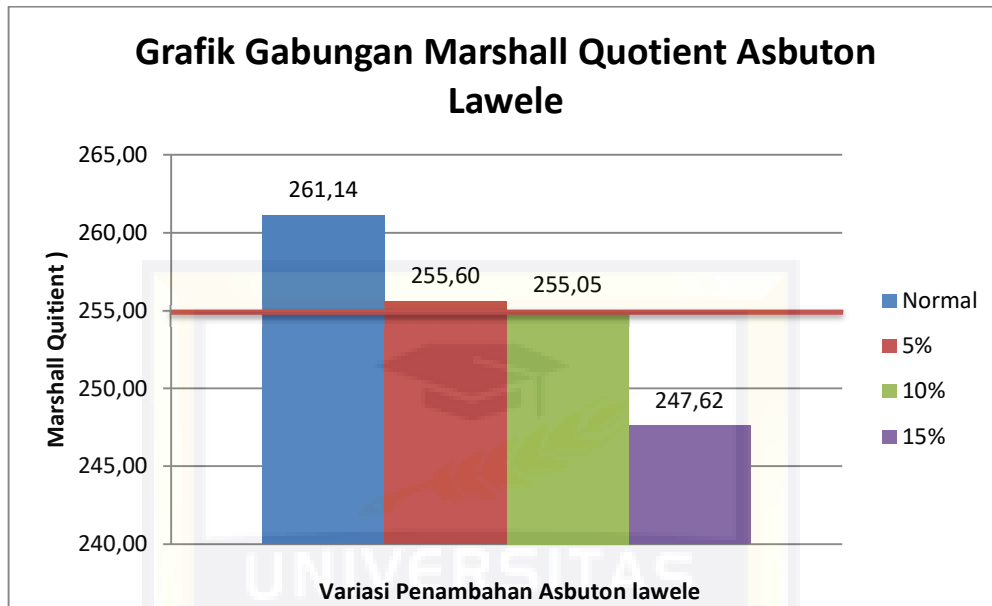
f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 60 (%)



Gambar 4.6 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap VFB .

Dari gambar 4.6 menunjukkan nilai VFB semakin besar dengan bertambahnya kadar variasi Asbuton Lawelle dalam campuran aspal, hal ini dapat terjadi karena volume Asbuton Lawelle yang bertambah sehingga kemampuan aspal untuk menyelimuti agregat meningkat, dimana nilai pada aspal Normal adalah 60,01 % , pada kadar Asbuton lawelle 5% adalah 60,20 % , pada kadar 10% adalah 61,90%, pada kadar 15% adalah 65,74%. Peningkatan nilai VFB .

g. Marshall Quotient



Gambar 4.7 Diagram hubungan variasi penambahan asbuton ekstraksi lawele terhadap *Marshall Quotient*.

Gambar diatas menunjukkan bahwa nilai *MQ* menurun, pada aspal normal adalah 261,14Kg/mm, pada kadar asbuton lawele 5% nilai yang diperoleh 255,60 Kg/mm, pada kadar 10% yaitu 255,05 Kg/mm, pada kadar 15% adalah 247,62 Kg/mm.. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adhesi atau ikatan antara aspal dan agregat menurun.

4.5. Analisis Hasil Pengujian Penambahan Asbuton Lawele Pada Campuran Beraspal Panas Asbuton Dihampar Dingin (CPHMA).

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 beraspal panas Asbuton dihampar dingin (CPHMA) dengan penambahan Asbuton Lawelle dapat dilihat pada tabel 4.8 :

Tabel 4.8. Analisis peningkatan nilai kepadatan

ASBUTON LAWELE	KEPADATAN	PENINGKATAN
(%)		
0	2,34	0,00%
5	2,35	0,44%
10	2,35	0,52%
15	2,36	1,08%

Dari tabel 4.8 dapat dilihat bahwa nilai kepadatan pada penambahan Asbuton Lawelle mengalami peningkatan pada variasi 5% adalah 0,44% dari kadar aspal normal yaitu 0,00%, pada variasi 10% meningkat 0,52% dari 0,03%, pada variasi 15% meningkat 1,08% dari 0,15%. Hal ini disebabkan karena belum dilakukan pembebanan.

b. Stabilitas Minimum 500 (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 variasi Asbuton Lawelle diperlihatkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Analisis peningkatan nilai stabilitas

ASBUTON LAWELE (%)	STABILITAS	PENINGKATAN
0	1049,80	0,00%
5	1066,38	1,56%
10	1087,44	3,46%
15	1104,17	4,92%

Dari tabel 4.9 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada penambahan asbuton lawele mengalami peningkatan pada variasi 5% meningkat 1,56% dari kadar aspal normal yaitu 0,0%, pada variasi 10% meningkat 3,46%, pada variasi 15% meningkat 4,92%.

c. Pelelehan (*Flow*) Minimum 3 - 5 (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 beraspal panas Asbuton dihangatkan (CPHMA) untuk berbagai variasi Asbuton Lawelle dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Analisis peningkatan nilai flow

ASBUTON LAWELE	FLOW	PENINGKATAN
(%)		
0	3,76	0,00%
5	4,17	9,98%
10	4,27	11,95%
15	4,47	15,90%

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa nilai flow pada penambahan asbuton lawele mengalami peningkatan pada variasi 5% meningkat 9,98% dari kadar aspal normal yaitu 0,0%, pada variasi 10% meningkat 11,95% dari pada variasi 15% meningkat 15,90%. Hal ini disebabkan karena penambahan Asbuton Lawelle akan mengisi rongga – rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun baik agregat maupun aspal.

d. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 16%

VMA adalah presentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya 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.

Grafik nilai VMA campuran beraspal panas Asbuton dihampar dingin (CPHMA) untuk berbagai variasi abu tempurung kelapa dan penambahan additive 0,5% dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11. Analisis penurunan nilai VMA

ASBUTON LAWELE	VMA	PENURUNAN
(%)		
0	19,60	0%
5	16,04	18%
10	15,68	20%
15	15,50	21%

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa nilai VMA pada penambahan asbuton lawele mengalami penurunan pada variasi 5% adalah 18% pada variasi 10% menurun 20%, pada variasi 15% menurun 21%. Penurunan VMA pada campuran disebabkan karena rongga udara dalam aspal telah terisi Asbuton Lawelle yang telah di tambahkan sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat berkurang.

e. Rongga Dalam Campuran (VIM) Minimum 4% – 10%

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 beraspal panas Asbuton dihampar dingin (CPHMA) untuk variasi Asbuton Lawelle.

Tabel 4.12. Analisis penurunan nilai VIM

ASBUTON LAWELE (%)	VIM	PENURUNAN
0	10,32	0%
5	6,39	38%
10	5,99	42%
15	5,78	44%

Dari tabel 4.12 dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada penambahan asbuton lawele mengalami penurunan pada variasi 5% adalah 38% dari kadar aspal normal yaitu 0,0%, pada variasi 10% menurun 42%, pada

variasi 15% menurun 44%. Hal ini disebabkan karena berkurangnya rongga dalam campuran dengan penambahan Asbuton Lawelle yang menyebabkan campuran menjadi rapat.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 60 (%)

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*.

Tabel 4.13. Analisis peningkatan nilai *VFB*

ASBUTON LAWELE (%)	VFB	PENINGKATAN
0	60,01	0%
5	60,20	0%
10	61,90	3%
15	65,74	9%

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa nilai *VFB* pada penambahan asbuton lawele mengalami peningkatan pada variasi 10% meningkat 3%, pada variasi 15% terus meningkat 9% Hal ini disebabkan karena penambahan asbuton lawele yang mengisi rongga-rongga pada campuran sehingga kedapannya terhadap air dan udara juga akan semakin tinggi, tetapi nilai *VFB* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

g. Marshall Questient

Hasil bagi Marshall atau 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 terhadap keretakan. Nilai MQ dapat dilihat pada tabel 4.14.

Tabel 4.14. Analisis penurunan nilai MQ

ASBUTON LAWELE (%)	MARSHALL QUOETIENT	PENURUNAN
0	261,14	0%
5	255,60	2%
10	255,05	2%
15	247,62	5%

Dari tabel 4.14 dapat dilihat bahwa nilai MQ pada penambahan asbuton lawele mengalami penurunan pada variasi 5% menurun 2% dari kadar aspal normal yaitu 0,0%, pada variasi 10% menurun 2%, pada variasi 15% menurun 5%. Pada nilai MQ dapat dilihat perbandingan nilai stabilitas dan flow, dimana nilai Stabilitas yang tinggi dan flow yang rendah menunjukkan campuran aspal yang kaku begitupun sebaliknya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

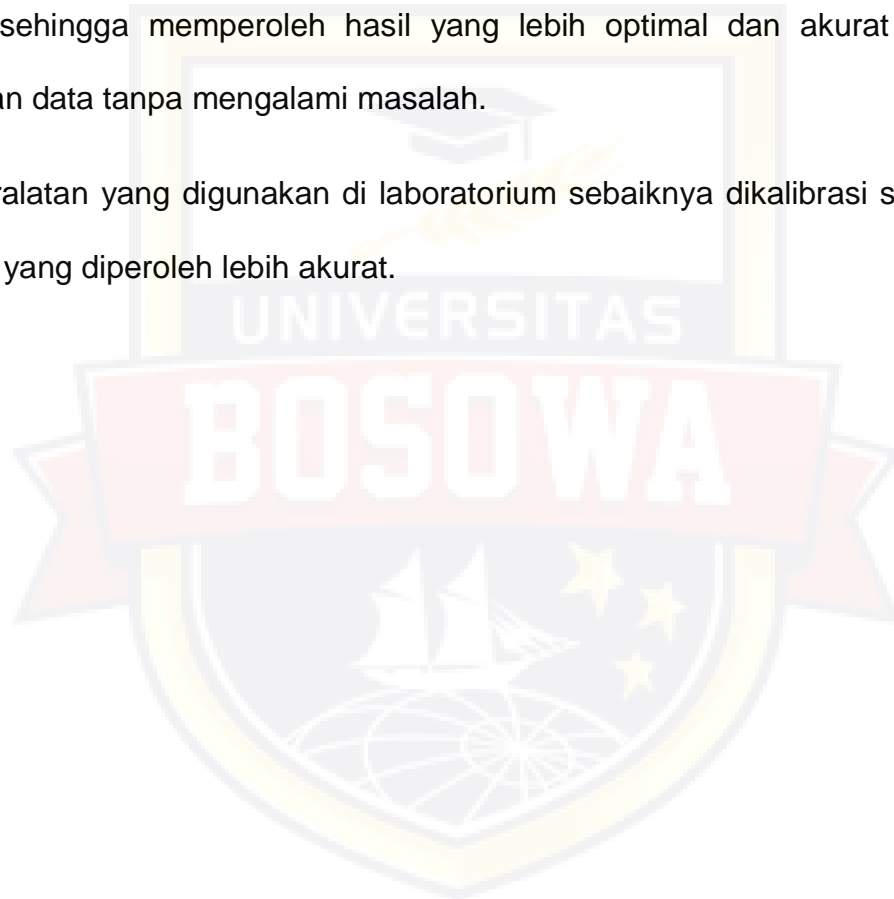
Berdasarkan analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik campuran aspal Buton type CPHMA melalui pengujian Marshall, semakin tinggi penambahan Asbuton lawele maka Nilai STABILITAS, FLOW dan VFB mengalami peningkatan. Sedangkan Nilai VIM dan MQ mengalami penurunan.
2. Hasil pengujian Marshall Test menggunakan variasi bahan tambah Ekstraksi Asbuton Lawelle nilai yang terbaik untuk STABILITAS, FLOW, VIM, VMA, VFB Dan MQ yaitu pada penambahan Ekstraksi Asbuton Lawele 5%. Dan nilai stabilitas pada penambahan asbuton lawele 5% yaitu 1066,38 (Kg).

5.2. Saran

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

1. Penelitian yang sedang berlangsung peneliti harus memerlukan ketelitian yang cermat dan fokus pada saat pengujian mengontrol suhu aspal dan agregat yang sedang masa pemanasan, serta pencampuran dan pemadatan benda uji tersebut, sehingga memperoleh hasil yang lebih optimal dan akurat pada saat pengolahan data tanpa mengalami masalah.
2. Peralatan yang digunakan di laboratorium sebaiknya dikalibrasi secara rutin, agar hasil yang diperoleh lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Akbariawan, dkk. *penggunaan material Madura terhadap kinerja campuran CPHMA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan material Madura dan suhu pemadatan terhadap kinerja CPHMA* (2015).
- Departemen Pekerjaan Umum, 2000b , *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas (Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak)*, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018, *Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Edisi Edisi 2010 Revisi 4 Divisi 6*. Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, Jakarta
- Ditjen Bina Marga, 2018, *Pedoman Pelaksanaan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin Cold Pavement Hot Mix Asbuton, CPHMA*, Jakarta: Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Ditjen Bina Marga, 2018, *Spesifikasi Khusus Interim Seksi 6.3 Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin CPHMA*, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Firstyan, dkk. (2015). *pengaruh suhu pemadatan terhadap kinerja Marshall pada campuran CPHMA menggunakan 45 LGA dan aspal minyak penetrasi 60/70*.
- Haruna, 2014, *Pengaruh Pemakaian Addictive Wetfix-Be Terhadap Karakteristik Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*, Universitas Gorontalo.
- Kementerian Pekerjaan Umum. *Pedoman Spesifikasi Teknis Campuran Beraspal Dengan Asbuton*, Jakarta. 2013
- Laboratorium Rekayasa Jalan, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*, 1999.
- Abdul Nurdin, Rahim, "*Bahan Ajar Perkerasan Jalan Raya*", JTS FT Bosowa Makassar.

Shell Bitumen, 1990, The Shell Bitumen Hand Book, Published By Shell Bitumen, East Molesey Serrey

SNI 06-2489-199, *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*

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

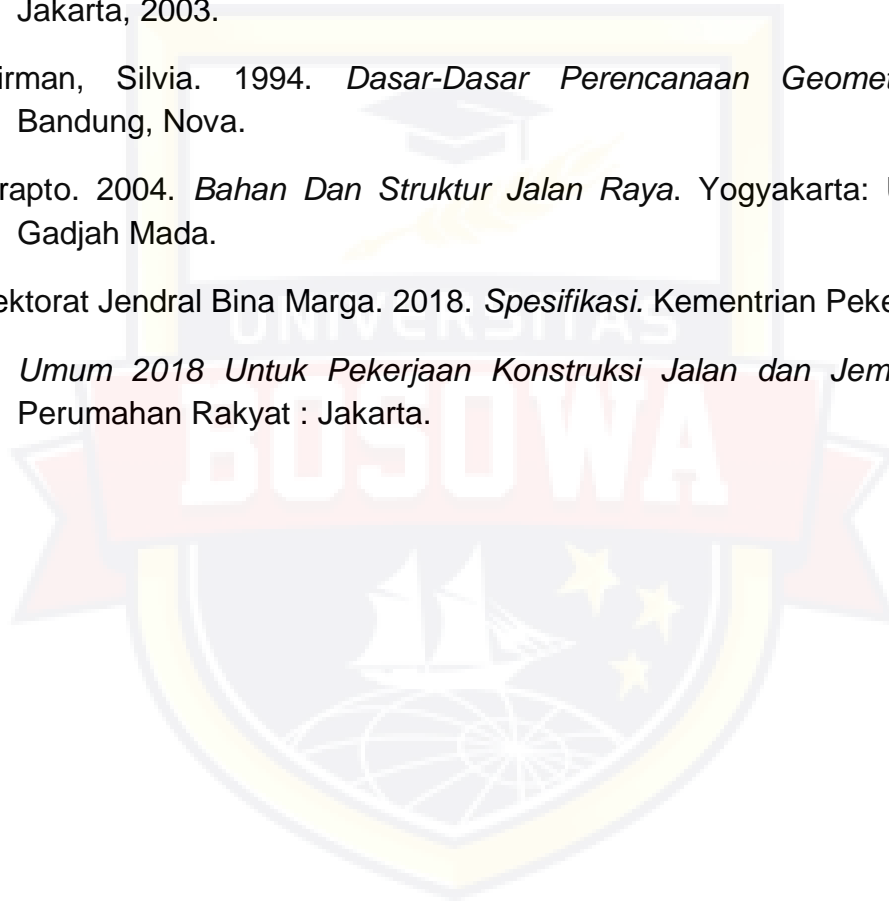
Sukirman, Silvia, "*Material Pembentuk Campuran Perkerasan Jalan*" Granit, Jakarta, 2003.

Sukirman, Silvia. 1994. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung, Nova.

Suprpto. 2004. *Bahan Dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Direktorat Jendral Bina Marga. 2018. *Spesifikasi*. Kementrian Pekerjaan

Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan dan Perumahan Rakyat : Jakarta.





LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA

LABORATORIUM ASPAL DAN BAHAN JALAN
JURUSAN SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BOSOWA

PERHITUNGAN	SAT.		NOTASI	I	II	III
Berat sampel sebelum di ekstraksi	gr	(A)		500,00	500,00	500,00
Berat kertas filter	gr	(B)		14,96	15,25	15,48
Berat kertas filter setelah ekstraksi	gr	(C)		20,43	20,64	20,57
Berat masa dari kertas filter	gr	(D)	C - B	5,47	5,39	5,09
Berat sampel setelah di ekstraksi	gr	(E)		460,10	462,80	461,30
Kadar aspal	%	(H)	$\frac{(A - (D+B))}{A} \times 100\%$	6,89	6,36	6,72
Rata-rata Kadar Aspal				6,66		

Berat masa dari kertas filter

C - B

SAMPEL 1

$$20,43 - 14,96 = 5,47$$

SAMPEL 2

$$20,64 - 15,25 = 5,39$$

SAMPEL 3

$$20,57 - 15,48 = 5,09$$

Kadar aspal

$$\frac{(A - (D+B))}{A} \times 100\%$$

SAMPEL 1

$$\left(\frac{500,00 - (5,47 + 460,10)}{500,00} \right) \times 100\% = 6,89$$

SAMPEL 2

$$\left(\frac{500,00 - (5,39 + 462,80)}{500,00} \right) \times 100\% = 6,36$$

SAMPEL 3

$$\left(\frac{500,00 - (5,09 + 461,30)}{500,00} \right) \times 100\% = 6,72$$

Makassar,

2023

Makassar,

2023

Diperiksa oleh

Diperiksa oleh

Kepala Laboratorium

Asisten Laboratorium

Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT

Marlina Alwi, S.T

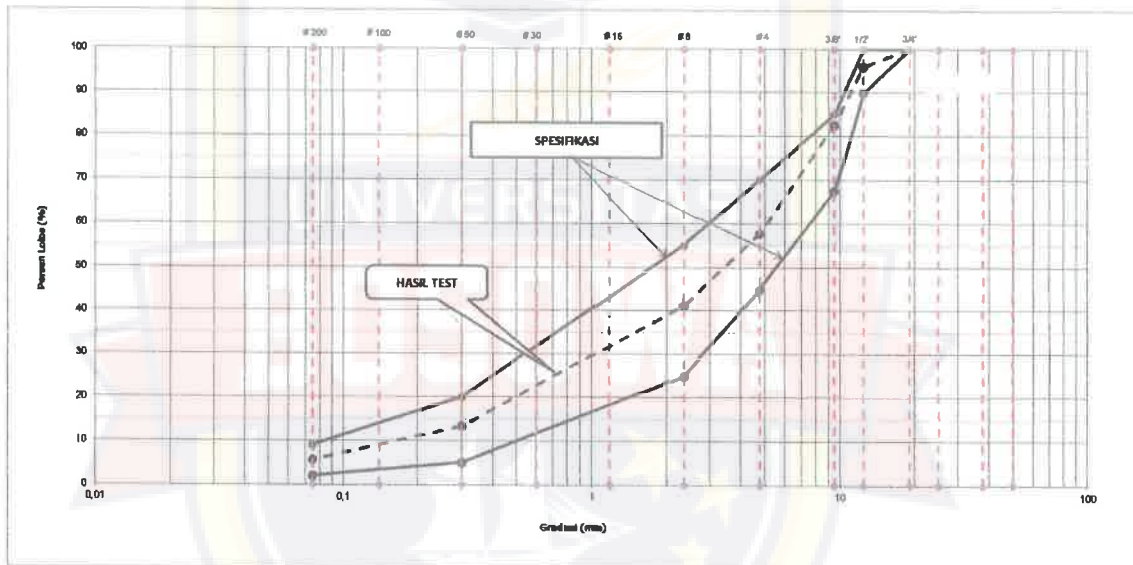
NIDN : 0021125802



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA

ANALISA SARINGAN

No. Saringan	Total : 480,10			Total : 482,80			Total : 481,30			Rata-Rata % Lolos	Spesifikasi CPHMA Binamarga 2018
	Contoh : 1			Contoh : 2			Contoh : 3				
	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos	Kumulatif Tertahan	% Tertahan	% Lolos		
3/4"	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00
1/2"	20,89	4,54	95,46	16,98	3,67	96,33	17,39	3,77	96,23	96,01	90 - 100
3/8"	82,87	18,01	81,99	80,10	17,31	82,69	78,55	17,03	82,97	82,66	-
No.4	201,90	43,88	56,12	196,97	42,56	57,44	186,96	40,53	59,47	57,68	45 - 70
No.8	280,00	60,86	39,14	268,98	58,12	41,88	265,93	57,65	42,35	41,13	25 - 55
No.16	302,91	65,84	34,16	399,30	86,28	13,72	306,10	66,36	33,64	27,18	-
No.30	340,00	73,90	26,10	329,95	71,29	28,71	337,00	73,05	26,95	27,26	-
No.50	401,90	87,35	12,65	395,70	85,50	14,50	402,00	87,15	12,85	13,33	5 - 20
No.100	417,97	90,84	9,16	418,87	90,51	9,49	419,10	90,85	9,15	9,27	-
No.200	440,00	95,63	4,37	432,39	93,43	6,57	433,20	93,91	6,09	5,68	2 - 9



Makassar, 2023

Diperiksa oleh
Kepala Laboratorium

Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT
NIDN : 0021125802

Makassar, 2023

Diperiksa oleh
Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, S.T



BJ KASAR

URAIAN		A	B	C	Rata-Rata
Berat Benda Uji Kering Oven	B_k	199,00	189,12	182,59	190,24
Berat Benda Uji Kering - Permukaan Jenuh	B_j	201,90	196,97	186,96	195,28
Berat Benda Uji dalam Air	B_a	123,40	121,40	122,00	122,27

URAIAN		A	B	C	Rata-Rata
Berat Jenis (Bulk)	$\frac{B_k}{B_j - B_a}$	2,54	2,50	2,81	2,62
Berat Jenis Kering - Permukaan Jenuh	$\frac{B_j}{B_k - B_a}$	2,57	2,61	2,88	2,69
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{B_k}{B_k - B_a}$	2,63	2,79	3,01	2,81
Penyerapan (Absorption)	$\frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100 \%$	1,46	4,15	2,39	2,67

Makassar,

2023

Makassar,

2023

Diperiksa oleh

Kepala Laboratorium

Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT

NIDN : 0021125802

Diperiksa oleh

Asisten Laboratorium

Marlina Alwi, S.T



LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA

BJ HALUS

URAIAN	A	B	C	Rata - rata
Berat benda uji kering - permukaan jenuh B_f	235,85	235,60	259,68	243,71
Berat benda uji kering oven B_k	230,73	229,82	254,80	238,45
Berat Piknometer diisi air (25°C) B	301,89	301,89	301,89	301,89
Berat piknometer + benda uji (SSD) B_t	456,20	452,00	450,30	452,83

	A	B	C	Rata - rata
Berat jenis (Bulk) $\frac{B_k}{(B + B_j - B_t)}$	2,83	2,69	2,29	2,60
Berat jenis kering - permukaan jenuh $\frac{B_j}{(B + B_j - B_t)}$	2,89	2,76	2,33	2,66
Berat jenis semu (Apparent) $\frac{B_k}{(B + B_k - B_t)}$	3,02	2,88	2,39	2,77
Penyerapan (Absorption) $\frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \%$	2,22	2,52	1,92	2,22

Makassar,

2023

Diperiksa oleh

Kepala Laboratorium


Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT
NIDN : 0021125802

Makassar,

2023

Diperiksa oleh

Asisten Laboratorium


Marlina Alwi, S.T



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

KOMPOSISI CAMPURAN

Kadar Aspal	6,66%	6,66%	×	1200	=	79,92	gram
Hasil Combine							
Asbuton Lawele	5%	×	78,48	=	3,92	+	1200 gram
				=	1203,92		gram

Kadar Aspal	6,66%	6,66%	×	1200	=	79,92	gram
Hasil Combine							
Asbuton Lawele	10%	×	78,48	=	7,85	+	1200 gram
				=	1207,85		gram

Kadar Aspal	6,66%	6,66%	×	1200	=	79,92	gram
Hasil Combine							
Asbuton Lawele	15%	×	78,48	=	11,77	+	1200 gram
				=	1211,77		gram

Makassar,

2023

**Diperiksa oleh
Kepala Laboratorium**

Ir. H. Abdul Rahim Nurdin, MT

NIDN : 0021125802

LABORATORIUM TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS BOSOWA

Hasil Pengujian Marshall

No.	VARIASI	PENGUJIAN	ASBUTON (%)	Kadar Aspal Efektif (%)	Kadar Aspal (Aspal%)	BJ Briket Gabungan	BJ Briket Gabungan	BJ Maksimum Campuran (GMM)	BJ Maksimum Campuran (GMM)	Udara	Ar	SSD	Volume Bahan	Campuran BJ	% VIM	Stabilitas Rumus	Flow	Marshall Quotient	Angka Korelasi	Penyerapan Aspal	VMA	VFB
IA	Normal	PERENDAMAN Normal 30 Menit	0	4.42	6.66	2.61	1177.3	683.2	1207.2	524	2.26	10.49	73	805.31	3.85	236.15	0.85	2.39	18.26	81.25		
IB		Suhu 60°	0	4.42	6.66	2.61	1157.7	707.1	1204	483.8	2.40	4.11	74	828.51	4.2	271.07	0.89	2.39	14.04	70.72		
IC		Suhu 60°	0	4.42	6.66	2.61	1155.7	710.5	1204	483.5	2.36	5.81	87	1003.54	3.22	327.19	0.83	2.39	15.56	82.07		
IA	Asbuton Lawele 5%	PERENDAMAN Normal 30 Menit	5	4.42	6.66	2.61	1178.4	711.2	1213.3	521.3	2.36	6.50	83	1041.43	4	360.36	0.88	2.39	16.01	86.01		
IB		Suhu 60°	5	4.42	6.66	2.61	1150.5	713.4	1214.7	501.3	2.36	6.10	85	1103.73	4.32	356.46	0.85	2.39	15.82	81.45		
IC		Suhu 60°	5	4.42	6.66	2.61	1159.4	700.7	1211.3	516.6	2.34	6.29	84	1000.95	4.2	300.95	0.86	2.39	16.24	86.57		
IA	Asbuton Lawele 10%	PERENDAMAN Normal 30 Menit	10	4.42	6.66	2.61	1197.5	713.4	1218.1	505.7	2.37	5.96	87	1021.62	4.1	350.26	0.86	2.39	15.31	83.03		
IB		Suhu 60°	10	4.42	6.66	2.61	1191.7	708.3	1218.7	509.4	2.34	6.71	85	1041.43	4.2	247.96	0.86	2.39	16.37	86.99		
IC		Suhu 60°	10	4.42	6.66	2.61	1210.4	710.8	1221.8	511.2	2.37	5.58	90	1129.37	4.5	250.95	0.85	2.39	15.38	83.84		
IA	Asbuton Lawele 15%	PERENDAMAN Normal 30 Menit	15	4.42	6.66	2.61	1198.1	732.3	1225.8	493.3	2.43	5.99	86.67	1067.44	4.27	235.05	0.88	2.39	15.88	81.00		
IB		Suhu 60°	15	4.42	6.66	2.61	1195.3	740.2	1232.2	492	2.43	3.12	82	1154.36	3.22	297.21	0.86	2.39	13.14	75.37		
IC		Suhu 60°	15	4.42	6.66	2.61	1195.3	715.1	1250.8	533.5	2.23	10.09	86	1088.83	4.63	230.35	0.86	2.39	13.15	76.26		
							1190.23	720.20	1236.13	506.03	2.36	5.78	88.00	1104.17	4.47	247.82	0.86	2.39	15.90	85.74		

Marshall Sisa

No.	Kadar Aspal Efektif (%)	BJ Briket Gabungan	BJ Maksimum Campuran (GMM)	Udara	Ar	SSD	Volume Bahan	Campuran BJ	% VIM	Stabilitas Rumus	Flow	Marshall Quotient	Angka Korelasi	Penyerapan Aspal	VMA	VFB	
IA	4.42	2.61	2.61	1194.50	703.00	1213.10	510.10	2.34	6.39	95.00	1330.81	3.10	429.23	0.86	2.39	16.28	81.25
IB	4.42	2.61	2.61	1179.50	705.90	1209.00	503.10	2.34	6.22	93.00	1302.80	3.10	420.19	0.88	2.39	16.19	81.57
IC	4.42	2.61	2.61	1191.20	708.20	1214.00	505.80	2.36	5.80	99.00	1398.63	3.30	420.19	0.86	2.39	15.81	83.33
			Rate-ratio	1189.63	706.70	1212.03	506.33	2.35	6.11	96.67	1339.95	3.17	423.20	0.86	2.39	16.09	82.08
IA	4.43	2.61	2.61	1168.50	701.60	1211.10	506.50	2.35	6.31	98.00	1243.80	3.20	389.88	0.87	2.39	16.05	80.87
IB	4.43	2.61	2.61	1186.40	703.50	1212.90	508.40	2.33	7.09	86.00	1215.53	3.40	357.51	0.87	2.39	16.75	87.88
IC	4.43	2.61	2.61	1182.50	705.20	1213.90	508.70	2.34	6.48	90.00	1272.07	3.60	353.35	0.87	2.39	16.20	80.01
			Rate-ratio	1181.80	703.43	1212.63	509.20	2.34	6.63	88.00	1263.80	3.40	385.82	0.87	2.39	16.33	89.46
				STABILITAS MARSHALL SISA			1243.80			100%	X			93%	>	90%	
							1338.95										

NO	PEMERIKSAAN	Penambahan Asbuton Lawele				Spesifikasi 2018
		Normal	5%	10%	15%	
1	Kepadatan	2.25	2.32	2.35	2.36	-
2	Stabilitas (Kg)	1058.16	1068.38	1087.44	1104.17	Min 500
3	FLOW (mm)	4.73	4.47	4.27	3.93	3 - 5
4	VMA (%)	19.60	17.04	16.14	15.64	Min 16
5	VIM (%)	10.32	7.45	6.45	5.90	4 - 10
6	VFB (%)	50.19	56.28	60.04	65.16	Min 60
7	MQ (Kg/mm)	224.00	239.06	255.05	282.03	Min 250

LAMPIRAN DOKUMENTASI



Gambar 1. Pemeriksaan kadar aspal menggunakan mesin ekstraksi



Gambar 2. Analisa saringan agregat kasar dan halus



Gambar 3. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar



Gambar 4. Pemeriksaan berat jenis agregat halus



Gambar 5. Proses pencampuran CPHMA dengan penambahan Asbuton lawele



Gambar 6. Pembuatan benda uji dengan 75 kali tumbukan setiap sisi



Gambar 7. Timbang untuk berat di udara



Gambar 8. Sampel pengujian



Gambar 9. Timbang dalam air



Gambar 10. Timbang kering permukaan (ssd)



Gambar 11. Perendaman di waterbath selama 30 menit dengan suhu 60°C



Gambar 12. Pengujian marshall