

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

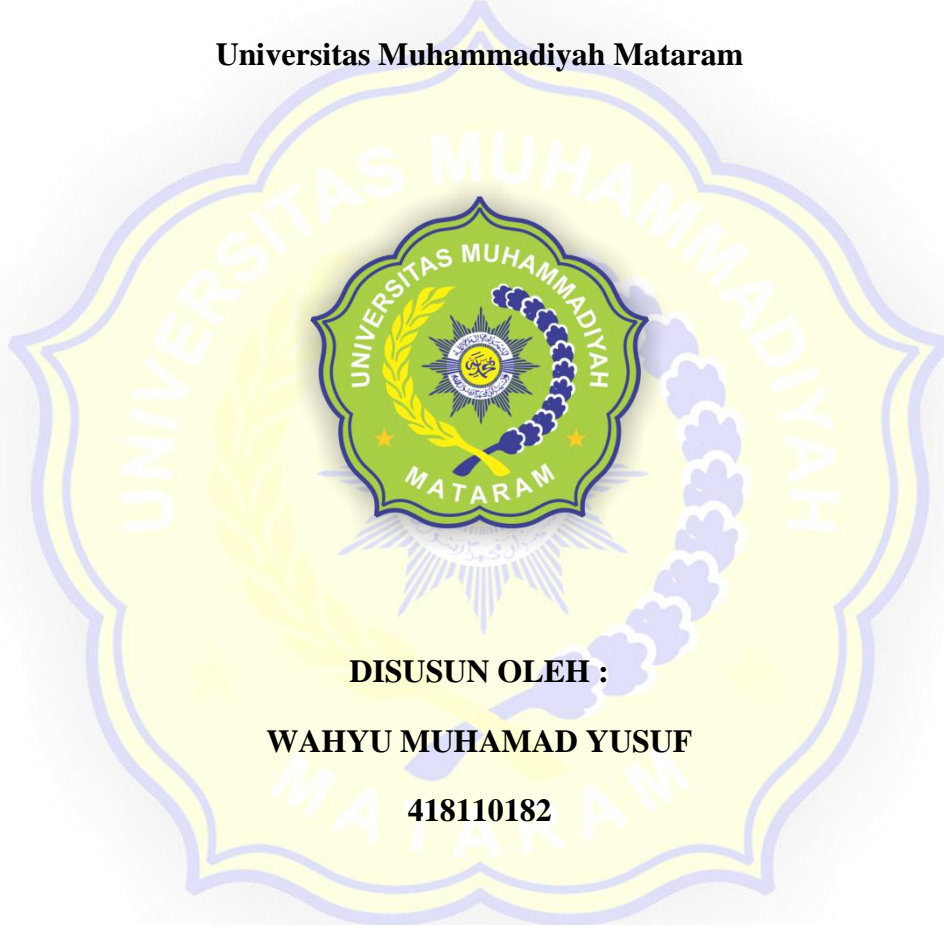
**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK
CAMPURAN ASPHALT AC-WC**

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi

Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH :

WAHYU MUHAMAD YUSUF

418110182

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

TAHUN 2022

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt AC-WC

Disusun Oleh :

WAHYU MUHAMAD YUSUF

418110182

Mataram, 13 Juli 2022

Pembimbing I



Titik Wahyuningsih, ST., MT.
NIDN : 0819097401

Pembimbing II



Anwar Efendy, ST., MT.
NIDN : 0811079502

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK


**Dekan,
Mewakili. Wakil Dekan t**



Fatiz Primadi Hirsan, ST, M1
NIDN 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT

NIDN: 0824017501



HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

TUGAS AKHIR/SKRIPSI

**PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI
SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK
CAMPURAN ASPHALT AC-WC**

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

NAMA : WAHYU MUHAMAD YUSUF

NIM : 418110182

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Jum'at 05 Agustus 2022

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Titik Wahyuningsih, ST., MT
2. Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT.
3. Penguji III : Ari Ramadhan Hidayat, ST., M. Eng.



Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

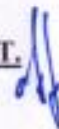
Mewakili Wakil Dekan

Fariz Primadi Hirsan, ST, MT

NIDN. 0804118001

Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT.

NIDN : 0824017501



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir/Skripsi dengan judul:

“PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN *ASPHALT AC-WC*”

Benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide dan hasil penelitian maupun kutipan baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir/Skripsi ini disebut dalam daftar pustaka. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir/Skripsi ini merupakan hasil plagiasi, saya bersedia menanggung akibat dari sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat tanpa tekanan dari pihak manapun dan dengan kesadaran penuh terhadap tanggung jawab dan konsekuensi.

Mataram, 29 Agustus 2022

Yang Membuat Pernyataan



Wahyu Muhamad Yusuf
418110182



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WAHYU MUHAMMAD YUSUF
NIM : 410110102
Tempat/Tgl Lahir : Sebany 06.09.1988
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp : 082 144 623 740
Email : Yusufkhalifa593@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPHALT AC-W/C

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 45

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya **bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 24 Agustus 2022

Penulis



WAHYU MUHAMMAD YUSUF
NIM. 410110102

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : WAHYU MUHAMMAD YUSUF
NIM : 416110182
Tempat/Tgl Lahir : GEBANG 06-09-1998
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 082 144 623 740
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPHALT AC-W/C

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 29 Agustus 2022
Penulis



WAHYU MUHAMMAD YUSUF
NIM. 416110182

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos., M.A.
NIDN. 0802048904

MOTO

**KITA BOLEH SAJA KECEWA DENGAN APA YANG TELAH TERJADI,
TETAPI JANGAN PERNAH KEHILANGAN HARAPAN UNTUK MASA
DEPAN YANG LEBUH BAIK.”**

-BAMBANG PAMUNGKAS-



UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas akhir ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dorongan baik moril maupun materil dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulus-tulusnya terutama kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Islamy Rusyda, ST., M. Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Ibu Agustini Ernawati, ST., M.Tech., selaku Ketua Program studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Ibu Titik Wahyuningsih, ST., MT., selaku dosen pembimbing utama.
4. Bapak Anwar Efendi, ST., MT., selaku dosen pembimbing pendamping.
5. Ibu, Bapak, kakakku Zul Karnaen, Rossa Mailani, dan Adikku Ahmad Zailani, Yunita Ningsih dan Pian Eka Saputra, serta Nenek dan Kakekku yang selalu memberikan doa, dukungan dan motivasi dan kesempatan sampai akhirnya skripsiku selesai.
6. Petugas Laboratorium Sanur Jaya Utama
7. Zainal Ikhsan, ST., Cindra ST., Faty Al Musadaf ST., Arifin ST., Lalu Gumilang ST., yang selalu memeberikan banyak plajaran pengalaman lapangan dan selalu memberikan motivasi, terima kasih.
8. M Nova Aryanto, Ade Irma Febrianti dan St. Hur'ein Asifa yang telah memberikan semangat dan kasih sayang selama perkuliahan.
9. Teman-teman Jurusan Teknik Sipil yang tidak biasa saya sebutkan namanya satu per satu, terima kasih semoga kita semua sukses dikemudian hari, amin.
10. saya ucapkan terimakasih bagi teman-teman penerus bangsa yang selalu mendukung dan memotivasiku dalam keadaan apapun.
11. Semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan sampai dengan selesai Tugas Akhir ini, terima kasih.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan imbalan yang setimpal atas bantuan yang diberikan kepada penulis.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa dan atas rahmat serta hidayahnya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi (Tugas Akhir) dengan judul “**Pengaruh Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Subtitusi Sebagian Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt AC-WC**”. Tugas akhir ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan guna mencapai gelar sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mengingat keterbatasan penulis, penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penulisan skripsi ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Mataram, Juli 2022

Wahyu Muhamad Yusuf

418110182

ABSTRAK

Semakin meningkatnya suatu proses produksi dapat berpengaruh juga akan meningkatnya jumlah limbah yang dihasilkan, salah satunya yaitu limbah kaca. Penggunaan limbah industri seperti kaca merupakan alternatif yang baik, karena akan terjadi proses pemanfaatan sehingga limbah dapat dikurangi. Beberapa limbah kaca dari sisa produksi diolah kembali menjadi kaca yang baru, dan sisa lainnya hanya dibuang begitu saja tanpa dimanfaatkan dengan baik. Banyak penelitian yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah kaca tersebut menjadi suatu yang lebih berguna yaitu. sebagai substitusi sebagian agregat halus terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC.

Percobaan menggunakan nilai kadar aspal optimum (KAO) 6,4%. Pengujian dilakukan dengan membuat benda uji dengan variasi agregat kaca 0%,5%,15%,25% dan 35%. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah kaca sebagai pengganti sebagian agregat tertahan saringan no 8. Pengujian dilakukan menggunakan metode marshall sesuai dengan spesifikasi jendral binamarga 2018.

Nilai stabilitas optimum pada variasi 15% kaca 85% alam sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi 0% kaca 100%. Seiring bertambahnya penggunaan limbah kaca semakin tinggi nilai *flow*, hal ini dipengaruhi oleh penggunaan limbah kaca yang semakin banyak sehingga menyebabkan nilai kelelahan plastis semakin meningkat. Nilai Marshall Quotient optimum pada variasi 25% limbah kaca sebesar 494 terjadi penurunan nilai Marshall Quotient, pada variasi 25% limbah kaca sampai 35%. Nilai VMA optimum terdapat pada variasi 35% limbah kaca sebesar 15,4% sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi 15% limbah kaca sebesar 15,0. Nilai VIM tertinggi terdapat pada variasi 15% limbah kaca sebesar 5,00 %, sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi 25% limbah kaca sebesar 4,75%. Nilai VFB tertinggi terdapat pada variasi 25% limbah kaca sebesar 67,78%, sedangkan nilai minimum terdapat pada variasi 35% limbah kaca sebesar 65,26%.

Kata Kunci : Perkerasan jalan, kaca, Agregat, AC-WC, Marshall

ABSTRACT

The increase in a production process can also affect the amount of waste produced, one of which is glass waste. Glass is a fantastic example of an industrial waste that may be used because it will go through the utilization process, which will help minimize waste. The remainder is simply discarded without being appropriately used, while some of the glass waste from the remaining production is recycled into new Glass. Numerous experiments have been done to turn glass waste into something more useful, such as a partial replacement of fine aggregate for the properties of the AC-WC asphalt mixture. The experiment's optimal asphalt content value (KAO) was 6.4%. Glass aggregate variations of 0%, 5%, 15%, 25%, and 35% were used to create specimens for the test. This study aimed to determine the effect of using glass waste as a substitute for partially retained aggregate by sieve No. 8. The test was carried out using the Marshall method following the 2018 General Binamarga. The flow value rises as the amount of glass waste used rises, which influences the flow value and raises the melting value of the plastic. The 15% variation of 85% natural glass has the highest stability rating, while the 0% variation of 100% glass has the lowest value. In a variation of 25% glass waste, the Marshall Quotient's ideal value is 494. The Marshall Quotient value decreases, ranging from 35% glass waste to 25% glass waste. The 15% variety of glass waste has a VMA value of 15.0, whereas the 35% variation of glass waste has an optimal VMA value of 15.4%. The 15% variation of glass waste has the highest VIM value, 5.00%, while the 25% variation of glass waste has the lowest value, 4.75%. The variation of 25% glass waste has the greatest VFB value of 67.78%, and the variation of 35% glass waste has the lowest value of 65.26%.

Keywords: Pavement, Glass, aggregate, AC-WC, Marshall



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAN ORISINALITAS	iv
SURAT PERNYATAN BEBAS PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.vi	
MOTO	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	ix
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkerasan Jalan.....	4
2.2 Susunan Perkerasan Lentur.....	6
2.3 Agregat.....	6
2.3.1 Sifat Agregat.....	6

2.3.2 Campuran Geradasi Agregat AC-WC.....	14
2.4 Kaca.....	17
2.5 Aspal.....	18
2.5.1 Pengertian Aspal.....	18
2.5.2 Fungsi Aspal.....	19
2.5.3 sifat-sifat Aspal.....	20
2.5.4 Kandungan Aspal.....	23
2.5.5 Volumetrik Campuran Aspal.....	23
2.5.6 Metode Pengujian Aspal.....	27
2.5.7 Pengujian Perendaman <i>Marshall (Marshall Immersion)</i>	28
2.6 Analisa Data.....	29
2.7 Analisis Regresi.....	29
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian.....	32
3.2 Bahan Penelitian	32
3.3 Alat Penelitian	32
3.4 Persiapan Penelitian.....	36
3.5 Tahapan Penelitian.....	37
3.6 Rancangan Aspal untuk Memperoleh KAO	37
3.7 Bagan Alur Penelitian	40
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Bahan Campuran Aspal	42
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Aspal.....	42
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Agregat.....	42
4.2 Hasil Pemeriksaan Campuran Beraspal.....	44
4.3 Penentuan Geradasi Campuran dan Kadar Aspal Rencana.....	44
4.4 Perhitungan Campuran dan Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	46
4.4.1 Hasil Pemeriksaan Volumetrik Campuran Beraspal.....	50
4.5 Sifat Volumetrik Campuran Beraspal.....	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....63

5.2 Saran64

DAFTAR PUSTAKA.....65

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Gradasi agregat campuran untuk (AC-WC)

Tabel 2.2 Ketentuan agregat halus

Tabel 2.3 Ketentuan *Filler*

Tabel 2.4 Ketentuan agregat kasar

Tabel 2.5 Gradasi agregat untuk campuran aspal modif

Tabel 2.6 Persyaratan aspal minyak pen 60/70

Tabel 2.7 Tebal nominal minimum campuran beraspal

Tabel 2.8 Ketentuan sifat laston

Tabel 3.1 Jumlah sampel pengujian

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan aspal

Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan agregat

Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan agregat

Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan agregat

Tabel 4.5 Sifat campuran laston

Tabel 4.6 Gradasi rencana untuk menentukan (KAO)

Tabel 4.7 Perhitungan kadar aspal rencana

Tabel 4.8 Proporsi campuran benda uji kadar kaca 0%

Tabel 4.9 Proporsi campuran benda uji kadar kaca 5%

Tabel 4.10 Proporsi campuran benda uji kadar kaca 15%

Tabel 4.11 Proporsi campuran benda uji kadar kaca 25%

Tabel **4.12** Proporsi campuran benda uji kadar kaca 35%

Tabel **4.13** Hasil pengujian VMA (*void in mineral agregat*)

Tabel **4.14** Hasil pengujian VIM (*void in the mix*)

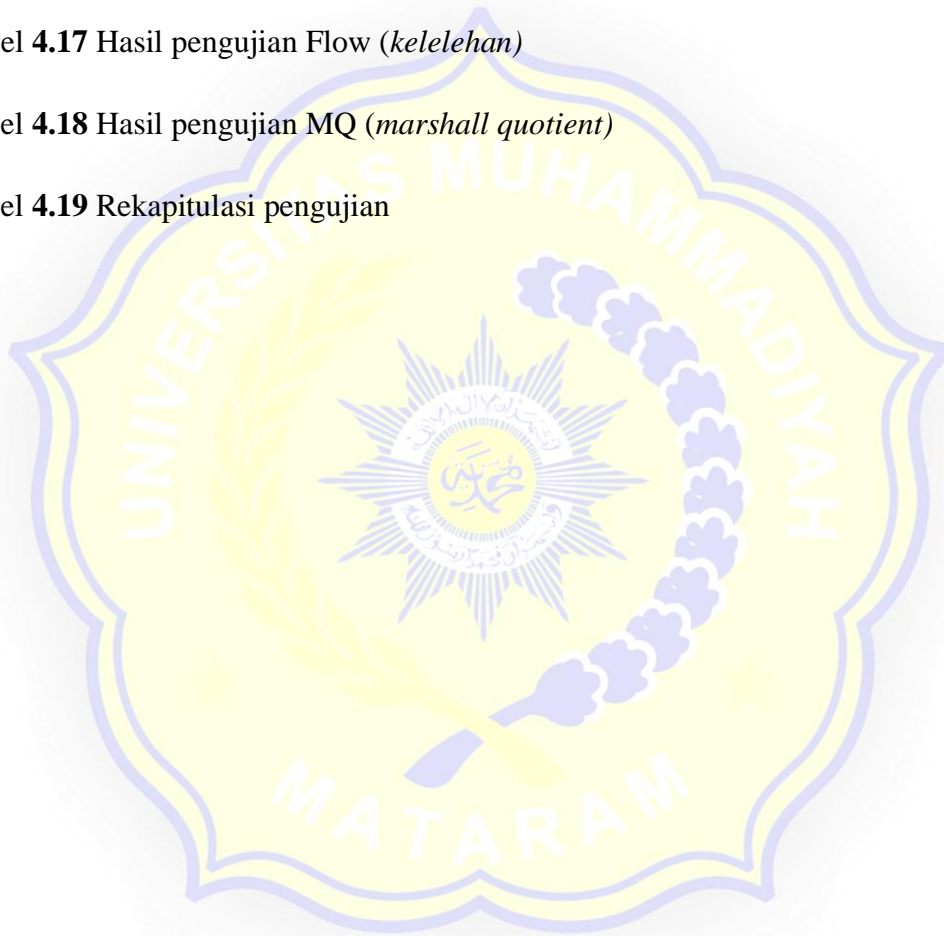
Tabel **4.15** Hasil pengujian VFB (*void filled by asphalt*)

Tabel **4.16** Hasil pengujian Stabilitas (*stability*)

Tabel **4.17** Hasil pengujian Flow (*kelelehan*)

Tabel **4.18** Hasil pengujian MQ (*marshall quotient*)

Tabel **4.19** Rekapitulasi pengujian



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk partikel agregat

Gambar 2.2 Limbah botol kaca yang telah dileburkan

Gambar 2.3 asphalt

Gambar 3.1 Piknometer

Gambar 3.2 A.Saringan, B.Timbangan, C.Pemanas, D. piknometer, E.
Piknometer

Gambar 3.3 Cetakan Benda Uji Silinder

Gambar 3.4 Ejector

Gambar 3.5 Penumbuk Silinder

Gambar 3.6 Ladasan Pematat Kayu

Gambar 3.7 Breaking Head

Gambar 3.8 Arloji Kelelehan

Gambar 3.9 Water Bath

Gambar 3.10 A.Kompor, B.Thermometer, C.Sarung Tangan Anti, D.Kain Lap
E.Oven, F.Timbangan Digital, G.Stop Watch, H.Hand Mixer, dan
I.Jangka Sorong.

Gambar 4.1 Grafik gradasi agregat

Gambar 4.2 grafik hubungn antara antara kadar aspal dengan VMA

Gambar 4.3 grafik hubungn antara antara kadar aspal dengan VIM

Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VFB

Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan Stabilitas

Gambar 4.6 Grafik rekapitulasi rencana aspal optimum rencana

Gambar 4.7 Grafik pemeriksaan VMA

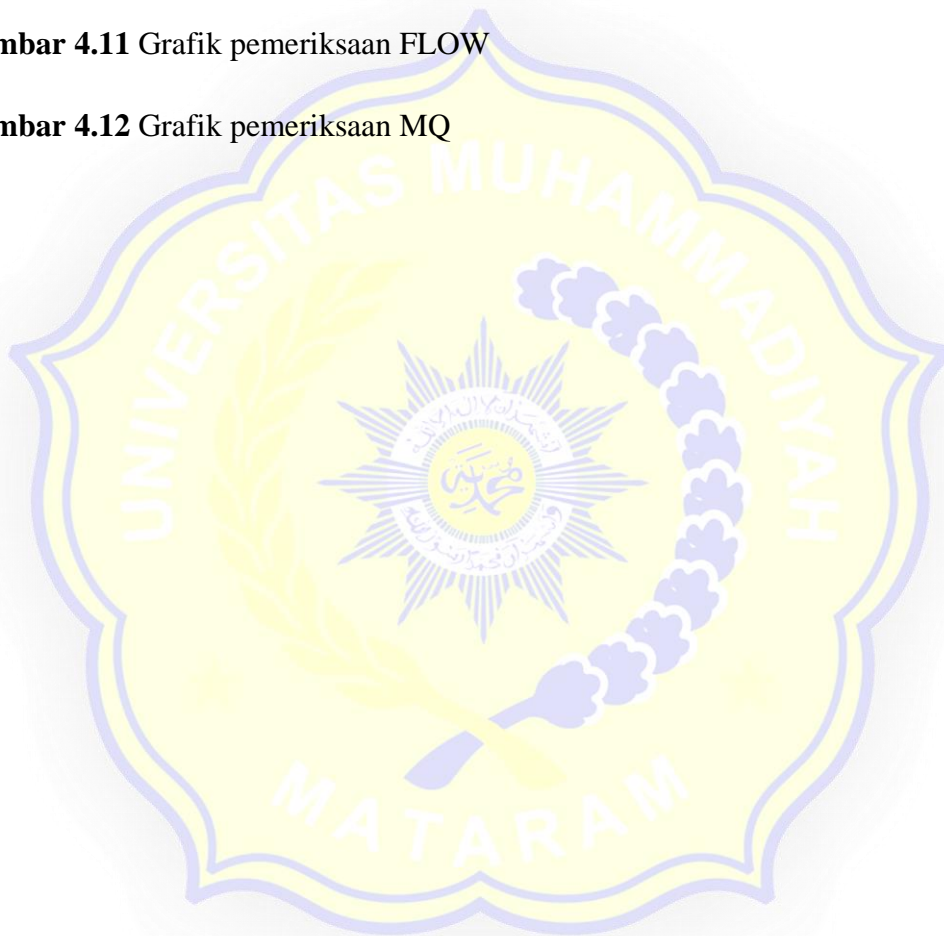
Gambar 4.8 Grafik pemeriksaan VIM

Gambar 4.9 Grafik pemeriksaan VFB

Gambar 4.10 Grafik pemeriksaan STABILITAS

Gambar 4.11 Grafik pemeriksaan FLOW

Gambar 4.12 Grafik pemeriksaan MQ



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 :

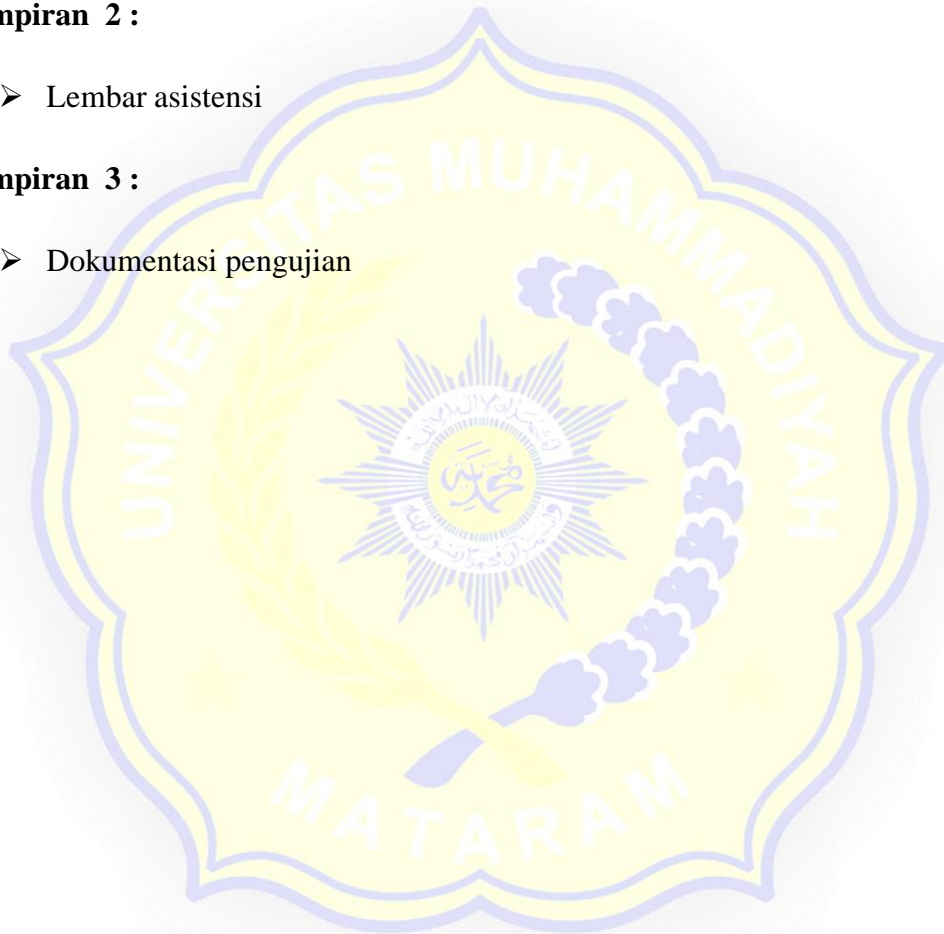
- Hasil pengujian material
- Hasil pengujian marshall

Lampiran 2 :

- Lembar asistensi

Lampiran 3 :

- Dokumentasi pengujian



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi dijadikan sebagai barometer kemajuan suatu daerah. Prasarana transportasi harus menunjang kegiatan transportasi, sehingga perlu jalan yang menunjang untuk memperkuat infrastruktur dalam mendukung pengembangan ekonomi dan pelayanan mobilitas masyarakat (Direktorat Jenderal Bina Marga PUPR, 2018). Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting atau sebagai akses yang dibutuhkan oleh masyarakat sehingga membutuhkan banyak bahan atau material untuk membangun perkerasan jalan,. Material yang digunakan untuk membangun konstruksi perkerasan jalan harus tersedia dan mencukupi semua kebutuhan dalam pembangunan konstruksi perkerasan jalan,.

Asphalt Concrete Base Course (AC-WC) adalah lapisan di atas, tergantung pada komposisi perkerasan aspal, lapisan keausan ini menyerap semua jenis beban operasional dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya dalam bentuk yang saya butuhkan untuk dapat. Transportasi kendaraan, daya pengereman dan rolling roda kendaraan Hal ini membutuhkan campuran aspal dengan stabilitas yang sangat tinggi namun tetap mempertahankan nilai fleksibilitasnya dipengaruhi oleh sifat-sifat campuran yang terdiri dari kayu, agregat halus dan filler.lapisan ini harus dibuat kedap air dan memiliki kekesatan yang tinggi untuk ketebalan minimum asphalt AC-WC 4 cm, sedangkan asphalt AC-BC dan asphalt AC-Base memiliki ketebalan minimum masing-masing 5 cm dan 6 cm.

Sifat campuran yang harus dimiliki aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau kelenturan, ketahanan lelah, kekasaran permukaan atau kuat geser kedap air, dan kemudahan pengerjaan. Daya tahan perkerasan jalan adalah kemampuannya untuk menahan perubahan aspal, penghancuran agregat dan pengelupasan lapisan aspal pada agregat.

Substitusi membutuhkan agregat sebagai bahan penyusunnya. Agregat biasanya diperoleh dari alam dengan ketersediaan yang terbatas, sehingga diperlukan tindakan efisiensi atau alternatif bahan lain. Limbah kaca merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti agregat. Penggunaan sebagai pengganti agregat halus pada perkerasan aspal bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada agregat halus dan mengurangi jumlah limbah kaca.

Peningkatan proses produksi juga dapat mempengaruhi jumlah limbah yang dihasilkan, salah satunya limbah kaca. Menggunakan limbah industri seperti kaca merupakan alternatif yang baik karena memiliki proses daur ulang dan dapat mengurangi limbah. Sebagian limbah kaca dari sisa produksi didaur ulang menjadi kaca baru yang diproses dan sisanya dibuang begitu saja tanpa penggunaan yang tepat banyak penelitian yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah kaca untuk hal-hal yang lebih bermanfaat. Itu digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan sifat unik. Campuran aspal AC-WC.

Oleh karena itu, kami menyelidiki kaca sebagai bahan pengganti parsial. Agregat halus pada campuran aspal AC-WC. Jika penelitian ini menunjukkan hasil yang baik sesuai Standar Perkerasan yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga 2018, diharapkan limbah kaca ini dapat digunakan sebagai alternatif campuran aspal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pembahasan di atas, maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus, pada campuran *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC), terhadap nilai VIM, VMA, VFB, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient*.?
2. Mencari Kadar Campuran yang paling Optimum.?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut.:

1. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah kaca sebagai substitusi sebagian agregat halus pada campuran aspal beton. *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC), terhadap nilai VIM, VMA dan VFB, stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*.
2. Untuk mengetahui kadar campuran yang paling optimum.?

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui dari penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh manfaat sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apakah limbah kaca layak atau tidak, digunakan sebagai alternatif bahan pengganti sebagian. Agregat halus dalam perkerasan jalan raya. Meningkatkan pemanfaatan penggunaan limbah kaca sekaligus menambah alternatif penggunaan bahan perkerasan.
2. Peningkatan ilmu pengetahuan terutama dari bidang transportasi. Jalan raya yang sampai saat ini kita gunakan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mempersempit fokus pembahasan, maka isu tersebut harus dibingkai sedemikian rupa sehingga tidak memperluas ruang lingkup pembahasan. Dari segi keterbatasan, masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Spesifikasi campuran *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC) mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018.,
2. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70
3. Limbah kaca yang digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus ini adalah limbah kaca yang berukuran 2,36 mm (tertahan saringan) nomer.,8 sebesar 0%, 5%, 15% 25% dan 35% dari berat total agregat halus tertahan saringan no.8.
4. Pada penelitian ini tidak membahas masalah ikatan kimia, maupun reaksi kimia., pada limbah kaca tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan aspal dan perkerasan beton aspal (*asphalt concrete pavement*). Juga disebut tambalan fleksibel. Ini adalah campuran kerikil, pasir dan pengisi dan aspal peregangan dan kompres. *Paving fleksibel* dirancang untuk melentur dengan undercarriage dan kembali ke posisi semula. Konsep dasar dari desain ini adalah untuk mendistribusikan lapisan permukaan dan pondasi di sepanjang lapisan di antaranya untuk mengontrol beban tanah dasar dan mencegah defleksi permanen. Jenis dan ketebalan komponen jalan yang ditempatkan di lapisan tanah harus dipilih dan kekuatan lapisan tanah harus dipertimbangkan.

Pavers aspal dan beton aspal (juga dikenal sebagai *pavers fleksibel*) adalah campuran yang tersebar dan dipadatkan dari batu pecah, pir, pengisi, dan aspal. *Paving fleksibel* dirancang untuk melentur dengan undercarriage dan kembali ke posisi semula. Konsep dasar dari desain ini adalah untuk mendistribusikan lapisan permukaan dan pondasi di sepanjang lapisan di antaranya untuk mengontrol beban tanah dasar dan mencegah defleksi permanen. Jenis dan ketebalan komponen jalan yang ditempatkan di lapisan tanah harus dipilih dan kekuatan lapisan tanah harus dipertimbangkan.

Raed. A (2017) juga melakukan penelitian tentang penggunaan limbah serbuk kaca sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus pada perkerasan jalan (*glassphalt*). Kadar kaca yang digunakan yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat total agregat yang digunakan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian *Marshall*. Hasil optimum yang diperoleh dari penelitian tersebut berupa tingkat stabilitas dan ketahanan (*durability*) yang cukup tinggi yaitu sebesar 1196 kg pada kadar kaca 10% ,

Penelitian tentang limbah kaca juga pernah dilakukan oleh Abbas. A (2014) mengenai penggunaan limbah kaca sebagai agregat kedua untuk campuran aspal. Kadar kaca yang digunakan sebesar 1%, 2%, 3% dan 4% dari berat total keseluruhan campuran perkerasan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian *Marshall*. Hasil yang diperoleh dari percobaan tersebut berupa peningkatan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran perkerasan normal yaitu sebesar 1362 kg pada kadar kaca 2% dari berat total keseluruhan campuran perkerasan.

Syarifin(2021) Kaca bekas menggantikan agregat halus dalam campuran aspal Ruston AC-BC (Asphalt Concrete – Bonded Course) Campuran Hot Mix Asphalt (HMA) membutuhkan agregat sebagai bahan penyusunnya. Agregat biasanya diperoleh dari alam dengan ketersediaan yang terbatas, sehingga diperlukan langkah-langkah efisiensi atau alternatif bahan lain. Scrap glass (SC) merupakan material yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti agregat. Penggunaan LK sebagai pengganti agregat halus (AH) yang dibutuhkan dalam konstruksi perkerasan aspal bertujuan untuk mengurangi ketergantungan terhadap AH dan mengurangi jumlah LK. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan formula mix design dengan mencari kadar aspal optimum (KAO) pada saat pencampuran Ruston AC-BC dan LK sebagai pengganti AH. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh LK sebagai pengganti AH terhadap durabilitas dan kuat tarik tidak langsung (ITS) campuran aspal. Ukuran LK yang digunakan lolos saringan #50 dan tetap #100. Pergantian terjadi pada persentase AH 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pada penelitian ini campuran dirancang menggunakan metode Marshall mix design dan uji ITS. Hasil penelitian ini adalah KAO 5,9% (LK 0%), 5,4% (LK 25%), 5,2% (LK 50%), 5,1% (LK 75%), dan 4,9% (LK 100%). Setelah perendaman pada suhu 60 derajat Celcius selama 24 jam, campuran dalam kondisi KAO menunjukkan nilai stabilitas tinggi (lebih dari 1000 kg) dan nilai stabilitas sisa Marshall (RMS) lebih dari 90%, dan diuji dalam pengujian ITS (d disesuaikan dan unadjusted).adjusted) dan kondisi KAO memiliki nilai tensile strength ratio (TSR) 75% dan 100% tidak memenuhi syarat (<80%). Hasil ini menunjukkan

bahwa LK dapat digunakan sebagai bahan alternatif dalam hal stabilitas dan nilai RMS. 75% dalam campuran Ruston AC-BC.

2.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan jalan modern yang terdiri dari beberapa lapis bahan perkerasan yaitu lapis permukaan (*surface layer*), lapis pondasi atas (*top base layer*), lapis pondasi bawah (*lower base layer*), dan lapis pondasi bawah (*sub base layer*). Struktur permukaan jalan terdiri dari campuran agregat dan aspal, dan secara fleksibel (*fleksibel*) mengikuti beban lalu lintas yang bekerja di atasnya. Agregat atau partikulat adalah kumpulan partikel (*disebut fraksi*) dari batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain yang merupakan produk alami atau buatan manusia.

2.3 Agregat

Umumnya didefinisikan sebagai kerak bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu material yang tersusun dari mineral-mineral padat dalam bentuk rumpun atau fragmen-fragmen besar. Agregat merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan yang mengandung agregat 90-95% menurut beratnya atau agregat 75-85% menurut volumenya. Oleh karena itu, kualitas perkerasan ditentukan oleh jenis agregat dan hasil pencampuran agregat dengan bahan lain (Sukirman, 2016).

2.3.1 Sifat Agregat

Jenis dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Lapisan permukaan yang secara langsung memikul beban lalu lintas dan menyalurkannya ke lapisan bawah membutuhkan agregat yang berkualitas baik dan berkarakteristik baik. Sifat agregat yang menentukan kualitas perkerasan dapat dibagi menjadi beberapa kelompok (Sukirman, 1999).

Sifat agregat yang mempengaruhi kinerja campuran aspal adalah:

- a. Ukuran butir.
- b. Gradasi.

- c. Kebersihan.
- d. Kekerasan.
- e. Bentuk partikel.
- f. Tekstur permukaan.
- g. Penyerapan.
- h. Kelekatan terhadap aspal.
- i. Bahan pengisi (*filler*)

a. Ukuran Butir

Ukuran agregat dalam campuran aspal terdistribusi dari besar ke kecil. Semakin besar ukuran agregat maksimum yang digunakan, semakin besar variasi ukuran dalam campuran. Ada dua istilah yang umum digunakan untuk ukuran partikel agregat.

ini :

- Ukuran maksimum. Ini didefinisikan sebagai ukuran layar terkecil yang melewati 100% dari agregasi.

- Ukuran nominal maksimum. Didefinisikan sebagai ukuran maksimal ayakan yang masih mengandung oversize hingga 10%. - Di bawah ini adalah perbedaan antara keduanya. Analisis saringan menunjukkan bahwa 100% lolos saringan 25 mm. Agregat kasar tertahan oleh saringan 19 mm. Dalam hal ini ukuran butir maksimum adalah 25 mm dan ukuran nominal maksimum adalah 19 mm. Istilah lain yang umum digunakan untuk ukuran agregat adalah:

- Agregat kasar: agregat tertahan saringan #8 (2,36 mm) dalam campuran aspal atau agregat tertahan saringan #8. 4 (4,76 mm) pada lapisan dasar. -

- Agregat halus: Agregat yang lolos saringan #8 (2.36mm) dalam campuran aspal atau agregat yang melewati saringan #8. 4 (4,76 mm) pada lapisan dasar. Modul: agregat *paving fleksibel*

- Mineral Pengisi : Persentase agregat halus yang lolos saringan. 200 (0,075 mm) Sedikitnya 75% dari total berat agregat.

Abu Mineral: Persentase agregat halus yang lolos 100% melalui saringan No. 200 (0.075mm).

- Mineral pengisi dan mineral abu dapat terjadi secara alami atau dari proses penghancuran batu atau buatan manusia. Mineral ini penting untuk mendapatkan campuran yang padat, tahan lama, dan tahan air. Namun, bahkan sedikit kelebihan atau kekurangan mineral ini akan menyebabkan campuran menjadi terlalu kering atau terlalu basah. Perubahan sifat campuran ini dapat dicapai dengan sedikit mengubah jumlah atau jenis pengisi atau debu mineral yang digunakan hanya terjadi. Oleh karena itu, jenis dan jumlah pengisi mineral atau debu yang digunakan dalam campuran harus dikontrol dengan cermat.

b. Gradasi.

Gradasi agregat adalah pembagian (distribusi) variasi ukuran butiran agregat yang dinyatakan sebagai persentase dari berat total. Semua spesifikasi perkerasan mensyaratkan partikel agregat berada dalam kisaran ukuran tertentu dan memiliki rasio tertentu untuk setiap ukuran partikel. Batas gradasi diperlukan sebagai batas toleransi untuk menunjukkan bahwa agregat yang terdiri dari butiran kasar, sedang dan halus dapat digunakan secara teknis dalam perbandingan tertentu. Jika kurva berada di ujung atas batas toleransi gradasi, ini disebut grit yang lebih halus, dan sebaliknya, kurva berada di bagian bawah grit yang lebih kasar dari yang seharusnya.

Gradasi agregat mempengaruhi ukuran rongga dalam campuran dan menentukan kemampuan kerja (*workability*) dan stabilitas campuran. Grading agregat ditentukan dengan analisis saringan. Di sini, sampel agregat melewati serangkaian saringan yang diatur sedemikian rupa, dari besar ke kecil. dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 gradasi agregat campuran untuk AC-WC

Ukuran Ayakan		Kumulatif Berat Lolos Terhadap Total Agregat (%)	
ASTM	(mm)	Batas Bawah	Batas Atas
3/4''	19	100	100
1/2''	12,5	90	100
3/8''	9,5	77	90
No.4	4,75	53	69
No.8	2,36	33	53
No.16	1,18	21	40
No.30	0,6	14	30
No.50	0,3	9	22
No.100	0,15	6	15
No.200	0.075	8	9

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 Revisi III Divisi6)

- Pengurutan seragam atau pengurutan terbuka. Ini adalah gradasi agregat dengan ukuran yang kira-kira sama. Gradasi homogen disebut juga grading terbuka karena hanya mengandung sedikit agregat halus dan memiliki banyak rongga/rongga antar agregat.
- Bergradasi padat. Gradasi batuan di mana butiran berkisar dari batuan kasar hingga halus, juga disebut miring secara konsisten atau miring dengan baik.
- Kelas kesenjangan.

Jika ukuran agregat tidak sempurna, beberapa fraksi agregat hilang, atau gradasi agregat terdapat dalam jumlah yang sangat sedikit, gradasi tersebut disebut juga dengan gap sorting. Agregat butir split memiliki kualitas antara kedua ukuran butir di atas.

- peringkat rendah

Grade buruk adalah campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Grading ini sering disebut gap grading dan menghasilkan lapisan perkerasan dengan kualitas sedang antara kedua tipe diatas.

c. Kebersihan agregat.

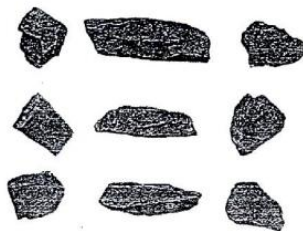
Spesifikasi biasanya mencakup persyaratan kebersihan bahan agregat. Ini berarti membatasi jenis dan jumlah material yang tidak diinginkan (vegetasi, partikel lunak, kotoran, dll.) di dalam atau di atas material agregat. Agregat kotor mempengaruhi kinerja perkerasan, termasuk: B. Berkurangnya ikatan antara aspal dan agregat yang disebabkan oleh kandungan liat yang tinggi dalam agregat.

d. Kekerasan (toughness).

Agregat yang digunakan harus kuat dan mampu menahan keausan dan kerusakan selama proses produksi dan operasi lapangan. Agregat yang digunakan untuk lapisan atas perkerasan harus lebih keras (lebih ulet) daripada agregat yang digunakan untuk lapisan dasar. Hal ini karena lapisan atas perkerasan menyerap dan menahan tekanan dan benturan dari beban lalu lintas terberat. Untuk itu kekuatan agregat terhadap beban merupakan syarat mutlak bagi agregat yang digunakan sebagai bahan jalan.

e. Bentuk Partikel agregat.

Bentuk partikel agregat dapat dikelompokkan sebagai berikut: melingkar (bulat), elips (persegi panjang), kuboid (kubik), datar (bersisik), dan tidak beraturan (irregular). Agregat memiliki berbagai bentuk partikel, dari bulat ke sudut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Partikel agregat

f. Tekstur permukaan agregat.

Struktur permukaan yang diaglomerasi dapat dibedakan menjadi halus/halus, kasar, atau berpori. Selain memberikan sifat anti slip pada permukaan perkerasan, tekstur permukaan agregat (baik makro maupun mikro) merupakan faktor lain yang menentukan kekuatan, kemampuan kerja, dan daya tahan campuran aspal.

g. Daya serap agregat.

Untuk agregat berpori, porositas agregat menentukan seberapa banyak cairan yang dapat ditahan agregat. Kemampuan agregat dalam menyerap air dan aspal merupakan informasi penting yang perlu diketahui dalam pembuatan campuran aspal. Jika agregat memiliki daya serap yang sangat tinggi, maka agregat akan terus menyerap aspal selama dan setelah dicampur dengan aspal di dalam Asphalt Mixing Plant (AMP).

h. Kelekatan terhadap aspal.

Daya lekat agregat pada aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan lapisan aspal. Daya rekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat air agregat tersebut. Agregat hidrofobik (yang membenci air) adalah agregat yang melekat dengan baik pada aspal. Contoh agregat tersebut adalah batugamping dan dolomit. Di sisi lain, agregat hidrofilik (suka air) memiliki daya rekat yang buruk terhadap aspal. Dengan demikian, agregat jenis ini cenderung mengalami delaminasi dari lapisan aspal saat terkena air. Kuarsit dan beberapa jenis granit adalah contoh agregat hidrofilik.

i. Bahan pengisi (*filler*)

Filler Ini adalah campuran rongga butiran halus yang berukuran untuk melewati Saringan No. 1. 200. Kelebihan atau kekurangan mineral ini akan membuat campuran terlalu kering atau terlalu basah. Perubahan sifat campuran ini hanya akan terjadi jika jumlah atau jenis filler atau debu mineral yang digunakan sedikit diubah. Tabel 2.2:

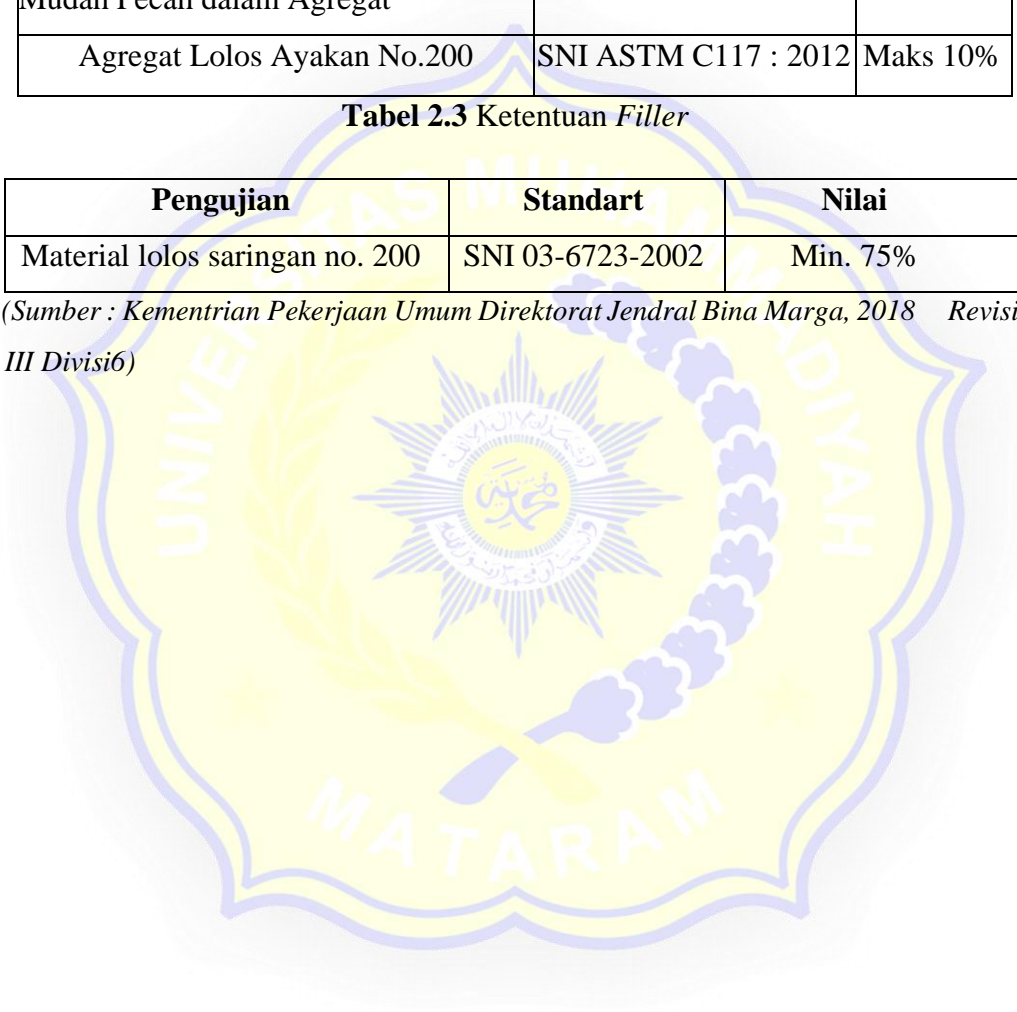
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

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

Tabel 2.3 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standart	Nilai
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 Revisi III Divisi6)



Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai	
Kekekalan untuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%	
	Magnesium Sulfat		Maks 18%	
Abrasi dengan mesin LosAngeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6%	
		500 putaran	Maks 30%	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi Lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks 8%
		500 putaran		Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min 95%	
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI	100/90*)	
	Lainnya	7619:2012	95/90**)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-	Maks 5%	
	Lainnya	10 Perbandingan 1:5	Maks 10%	
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks 1%	

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 Revisi III Divisi6)

2.3.2 Campuran Gradasi Agregat AC – WC

Gradasi atau distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat penting dalam menentukan karakteristik plak. Gradasi agregat menentukan ukuran rongga atau pori-pori yang muncul dalam campuran. Agregat yang dicampur dengan agregat dengan ukuran yang sama akan berlubang atau sangat berpori karena agregat yang lebih kecil tidak dapat mengisi rongga tersebut. Sebaliknya, jika campuran terdistribusi secara merata dari ukuran terkecil hingga terbesar, rongga dan pori-pori akan lebih sedikit. Hal ini dikarenakan rongga-rongga yang terbentuk dari susunan agregat besar diisi oleh agregat yang lebih kecil (Sukirman, 1999). Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5:

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Untuk Campuran

Ukuran Saringan	WC atau WC Modifikasi	BC atau BC Modifikasi	Base atau Base Modifikasi
1 1/2 "			100
1"		100	90 – 100
3/4 "	100	90 – 100	76 – 90
1/2 "	90 – 100	75 – 90	60 – 78
3/8 "	77 – 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No.8	33 – 53	30 – 39	23 – 41
No.16	21 – 40	18 – 38	14 – 30
No.30	14 – 30	13 – 28	10 – 22
No.50	19 – 22	7 – 20	6 – 15
No.100	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No.200	4 – 10	3 – 8	3 – 7

(Sumber : SNI - 8198 - 2015)

Secara umum berdasarkan Spesifikasi Umum Departemen Pekerjaan Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Tahun 2018, campuran beton aspal terdiri dari 3 lapisan, yaitu:

1. Aspal beton - aus kursus (AC - WC) dengan ukuran butir maksimum inci atau 19 mm.
2. Asphalt Concrete - Binder Course (AC - BC) dengan ukuran butir maksimum 1 inch atau 25,4 mm.
3. Aspal beton - base course (AC - base), ukuran butir maksimum 3/2 atau 37,5 mm.

Grading batuan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap beton aspal yang dihasilkan. Sifat-sifat tersebut membuat beton aspal lebih sensitif terhadap perubahan kadar aspal dalam perbandingan campuran.

Prosedur penentuan working mix (formula job mix) dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: Pengujian stabilitas marshall benda uji terhadap gradasi yang ditentukan, stabilitas residu Marshall hingga penentuan kadar aspal optimum. Selanjutnya persiapan spesimen untuk pengujian stabilitas Marshall di laboratorium.

Sifat-sifat yang diperlukan dari beton aspal membuatnya sangat cocok untuk digunakan sebagai pelapis permukaan dalam konstruksi jalan. Itu harus memenuhi karakteristik teknis dan non-teknis. Artinya beton aspal harus dibuat dari bahan yang murah. memenuhi karakteristik tersebut. Karakteristik teknis yang memenuhi persyaratan (spesifikasi). Secara umum, karakteristik teknis beton aspal dalam desain adalah:

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu lapisan perkerasan untuk menyerap beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk (deformasi) seperti gelombang, alur, atau bleeds. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan volume lalu lintas dan beban kendaraan yang menggunakan jalan tersebut. Perkerasan dengan stabilitas tinggi diperlukan pada jalan dengan lalu lintas padat yang dilalui kendaraan besar. Stabilitas dihasilkan dari gesekan intergranular, meshing intergranular, dan kekuatan ikatan yang baik antara aspal dan agregat.

Jika stabilitasnya terlalu tinggi, lapisan akan menjadi kaku dan rentan retak. Juga, kadar aspal yang lebih sedikit diperlukan karena volume antar agregat yang lebih sedikit. Akibatnya, lapisan aspal menjadi lebih tipis dan ikatan aspal menjadi lebih mudah terkelupas, sehingga menurunkan durabilitas.

2. Keawetan/daya tahan (*durability*)

Daya tahan adalah kemampuan aspal untuk menangani lalu lintas dan menahan beban untuk waktu yang lama (mewakili umur rencana) tanpa kerusakan. Oleh karena itu, campuran harus cukup kedap udara sehingga udara dan air tidak mudah masuk. Jika ruang pori besar, udara yang mengandung oksigen memasuki campuran, sehingga mengoksidasi campuran. Untuk alasan ini, lapisan film aspal yang menutupi partikel agregat harus relatif tebal. Daya tahan lapisan atas harus tahan terhadap keausan akibat cuaca, air dan perubahan suhu, atau dari gesekan kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi keawetan/kekekalan lapisan aspal adalah:

- a. Asphalt foil atau perkerasan aspal, aspal foil yang lebih tebal menciptakan lapisan beton aspal yang lebih tahan lama, tetapi lebih cenderung berdarah.
- b. Karena VIM kecil, lapisan kedap air dan udara tidak dapat masuk ke dalam campuran, terjadi oksidasi dan aspal menjadi getas.
- c. Karena VMA besar, lapisan aspal dapat ditebalkan. Jika VMA dan VIM kecil dan kadar aspal tinggi, maka potensi terjadinya bleeding juga tinggi.

3. Kelenturan (*flexibility*)

Fleksibilitas adalah kemampuan perkerasan untuk mengikuti (beradaptasi) deformasi yang disebabkan oleh beban lalu lintas berulang tanpa retak atau berubah volume. Sifat fleksibilitas yang sangat tinggi dapat dicapai dengan cara berikut:

- a. Penggunaan aditif rekreasional untuk mencapai skor VMA yang tinggi
- b. Gunakan aspal lunak (high penetration asphalt).
- c. Nilai VIM rendah karena penggunaan aspal yang cukup banyak.

4. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Ketahanan slip adalah sifat kekasaran yang ditawarkan oleh bahan permukaan perkerasan yang membantu arus lalu lintas yang lewat tanpa tergelincir baik dalam kondisi hujan (basah) atau kering. Kekasaran digambarkan oleh koefisien gerak

antara permukaan jalan dan roda kendaraan. Besarnya koefisien gerak dipengaruhi oleh:

- a. Penggunaan agregat kasar.
- b. Kandungan aspal yang tidak tepat menyebabkan pendarahan.
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus.

Dengan kata lain, gunakan banyak agregat kasar.

5. Kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan lelah adalah kemampuan lapisan aspal beton (AC) untuk menahan beban berat atau ringan yang berulang tanpa mengubah bentuk alur atau retakan. Faktor yang mempengaruhi antara lain:

- a. VIM tinggi dan kadar aspal rendah dapat menyebabkan kelelahan yang cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi membuat permukaan aspal menjadi lebih lembut dan alur lebih cepat terbentuk.

6. Kemudahan pengerjaan (*workability*)

Workability adalah sifat ringan dari bahan paving yang harus disebar dan dipadatkan untuk menghasilkan hasil yang sesuai dengan kepadatan yang diharapkan. *Machinability* dikompromikan ketika:

- a. Agregat bergradasi baik lebih mudah dikerjakan daripada agregat bergradasi lainnya.
- b. Suhu campuran. Ini dapat dipengaruhi oleh kekerasan pengikat termoplastik.
- c. Konten pengisi yang tinggi mungkin sulit untuk diterapkan.

7. Kedap air (*impermeability*)

Impermeabilitas adalah kemampuan bahan paving untuk mencegah air menembus dengan mudah. Air dan udara dapat mempercepat proses penuaan campuran aspal-beton dan terlepasnya lapisan penutup aspal (film) dari permukaan agregat. Perkerasan dapat kedap air dengan mengurangi VIM, meningkatkan kadar aspal, dan menggunakan agregat bergradasi padat.

2.4 Kaca

Menurut Doremus (1994), gelas adalah padatan amorf dengan dua sifat umum. Pertama, kaca tidak memiliki rentang struktur atom biasa yang luas. Kedua, dan yang paling penting, setiap gelas memiliki fenomena sementara. Kaca

terbuat dari bahan cair namun padat. Kaca jendela, lampu dan botol diklasifikasikan sebagai kaca silika (SiO_2), stabilizer lendir, magnesia (MgO), dll. Kaca paling umum terbuat dari silika (SiO_2). Ini adalah campuran batu pasir dan fluks yang menghasilkan viskositas dan titik leleh $1,580^\circ\text{C}$, lelehannya sangat kental dan karenanya sangat sulit untuk ditangani. Sifat kaca umumnya amorf dan padat, tetapi susunan atomnya seperti cairan, titik lelehnya tidak pasti, viskositasnya cukup tinggi, kuat terhadap reaksi kimia, memiliki insulasi yang baik, dan kuat terhadap vakum. Rapuh saat tertiuap angin. Gambar 2.2



Gambar 2.2 Limbah botol kaca yang telah di leburkan

2.5 Asphalt

2.5.1 Pengertian Asphalt

Aspal merupakan bahan termoplastik yang berbentuk padat sampai agak padat pada suhu kamar. Aspal meleleh ketika dipanaskan sampai suhu tertentu dan membeku lagi ketika didinginkan. Bersama dengan agregat, aspal merupakan bahan pembentuk campuran permukaan jalan (Sukirman, S, 2003).

Aspal adalah bahan termoplastik yang menjadi lebih keras dan lebih kental ketika suhu turun dan melunak dan menjadi lebih cair ketika suhu naik. Sifat ini disebut sensitivitas suhu dan dapat memiliki nilai viskositas dan penetrasi yang sama pada suhu yang sama, tetapi dipengaruhi oleh komposisi kimia aspal. Bersama dengan agregat aspal merupakan bahan pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2016).

Aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan memiliki sifat fisik yang penting seperti konsistensi, daya tahan atau tahan cuaca, tingkat pengerasan, dan

ketahanan terhadap pengaruh lingkungan air. Bersama agregat aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan, banyaknya aspal dalam campuran berkisar antara sekitar 4% – 10% berdasarkan berat campuran atau sekitar 10% – 15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2016). Gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar 2.3 Asphalt

2.5.2 Fungsi asphalt

Aspal berfungsi sebagai pengikat material permukaan jalan dan agregat. Aspal bekerja seperti ini:

- a. dari mengikat batu agar tidak meninggalkan jalan raya untuk lalu lintas (penyegelan, perlindungan terhadap erosi)
- b. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
- c. Primer adalah lapisan tipis aspal cair yang diaplikasikan pada lapisan dasar sebelum lapisan berikutnya.
- d. Lapisan primer adalah lapisan aspal cair yang diaplikasikan pada perkerasan sebelum lapisan berikutnya diaplikasikan, bertindak sebagai pengikat antara kedua lapisan tersebut.
- e. Sebagai pengisi butiran kasar, butiran halus, dan celah antar pengisi.

Sifat-sifat Aspal Aspal dalam pekerjaan konstruksi jalan sebagai berikut:

1. Pengikat memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, yaitu mengisi rongga-rongga antara pori-pori partikel agregat yang ada dengan agregat itu sendiri, artinya harus mempunyai sifat-sifat.

2.5.3 Sifat-sifat aspal

a. Daya Tahan (*Durability*)

Ketahanan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat aslinya melalui paparan cuaca selama masa layan jalan. Karena sifat ini adalah jenis campuran aspal, maka sifat ini tergantung pada jenis campuran agregat dengan aspal, faktor konversi, dll. Namun, properti ini dapat diekstrapolasi dari investigasi film tipis yang dipengaruhi cuaca selama masa pakai jalan. Karena sifat ini adalah jenis campuran aspal, maka sifat ini tergantung pada jenis campuran agregat dengan aspal, faktor konversi, dll. Namun, properti ini dapat diperkirakan dengan menggunakan studi Thim Film Oven Test (TFOT).

b. Adhesi dan Kohesi

Daya lekat adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga membentuk ikatan yang baik antara aspal dan agregat. kohesi adalah Kemampuan aspal untuk menahan agregat pada tempatnya setelah mengeras.

c. Kepekaan Terhadap Temperatur.

Aspal adalah bahan termoplastik. Artinya, mengeras atau mengental saat suhu turun, dan melunak atau menjadi lebih cair saat suhu naik. Sifat ini disebut kepekaan terhadap perubahan suhu. Aspal memiliki jenis aspal yang sama, namun sensitivitas suhu setiap produksi aspal berbeda-beda antara aspal yang satu dengan yang lainnya.

d. Kekerasan Aspal

Pada proses pencampuran, aspal dipanaskan dan dicampur dengan agregat untuk melapisi agregat dengan aspal atau untuk menyemprotkan aspal panas pada permukaan agregat yang dihasilkan dalam proses peleburan. Selama reaksi, terjadi oksidasi dan aspal menjadi getas (viskositas meningkat). Peristiwa pelapukan akan terus berlanjut bahkan setelah periode pelaksanaan berakhir. Oleh karena itu, selama masa pakainya, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi, yang besarnya juga dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menutupi agregat. Semakin tipis lapisan aspal maka semakin besar kegetasan yang terjadi. (Quelle: Silvia Sukirman Highway Flexible Pflaster 1999).

Salah satu jenis aspal minyak adalah aspal keras/semèn (AC). Semen aspal mengeras pada suhu kamar (25 ° C hingga 30 ° C). Ada beberapa jenis semen aspal, tergantung dari proses pembuatan dan area produksi minyak. Pengelompokan semen aspal dapat dilakukan dengan nilai penetrasi atau viskositas pada suhu 25°C.

Di Indonesia, semen aspal biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya.

1. AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasin 40-50.
2. AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasin 60-79.
3. AC pen 80/100, yaitu AC dengan penetrasin 80-100.
4. AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasin 200-300.

Semen aspal permeabilitas rendah digunakan di iklim panas dan daerah lalu lintas tinggi, dan semen aspal permeabilitas tinggi digunakan di iklim dingin dan daerah lalu lintas rendah. Ini adalah semen aspal yang umum digunakan di Indonesia dengan permeabilitas 60/70 dan 80/100. Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Persyaratan Aspal Minyak Pen 60/70

No	Jenis pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25° C (o,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek ° C	SNI 2434-2011	≥ 48
3	Titik nyala ° C	SNI 2433-2011	≥ 232
4	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100
5	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0
6	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≥ 0,8
7	Penetrasi pada 25° C setelah kehilangan berat (%)	SNI 06-2440-1991	≥ 54
8	Daktilitas pada 25° C setelah kehilangan berat (cm)	SNI 2434-2011	≥ 100

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018
Revisi III Divisi6)

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 (2018), setiap jenis perkerasan jalan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan, pada Tabel 2.7 :

Tabel 2.7 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Maksimum
Laston	Lapis Aus	AC – WC	4.0
	Lapis Antara	AC – BC	5.0
	Lapis Pondasi	AC – Base	7.5

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 Revisi III Divisi6)

Selain itu Bina Marga 2018 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 2.8 :

Tabel 2.8 Ketentuan Sifat - Sifat Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspak efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%) ²	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽³⁾

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Maks.	2		

(Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018 Revisi III Divisi6)

2.5.4 Kandungan Aspal

Aspal atau bitumen adalah cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon yang mengandung sejumlah kecil belerang, oksigen, dan klorin. Aspal sebagai pengikat jalan fleksibel memiliki sifat viskoelastik. Aspal padat pada suhu kamar dan menjadi cair ketika dipanaskan. Aspal padat pada suhu kamar dan menjadi cair ketika dipanaskan aspal.

Komponen utama aspal adalah senyawa karbon alifatik dan aromatik jenuh dan tak jenuh dengan hingga 150 atom karbon per molekul. Atom selain hidrogen dan karbon yang menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lainnya. Secara kuantitatif, massa aspal biasanya 80% karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, sisa oksigen dan nitrogen, dengan jejak besi, nikel dan vanadium. Senyawa ini sering diklasifikasikan sebagai asphaltenes (berat molekul lebih rendah) dan maltenes (berat molekul lebih tinggi). Aspal biasanya mengandung 5-25% asphaltenes. Sebagian besar senyawa dalam aspal adalah senyawa polar.

2.5.5 Volumetrik Campuran Aspal

Sifat volumetrik campuran aspal adalah sifat fisik campuran yang digunakan untuk evaluasi awal desain aspal campuran (bentuk benda uji) di laboratorium. Rumus yang digunakan untuk menghitung volume campuran aspal panas adalah :

1. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity*)

Agregat terdiri dari fraksi – fraksi : agregat kasar, agregat halus, *filler*, dimana masing – masing mempunyai berat jenis yang berbeda satu sama lainnya, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung berdasarkan Persamaan 2.1

$$Gsb = \frac{P_1+P_2+\dots+P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

Gsb = Berat Jenis Bulk Total Agregat

P1, P2,.... Pn = Persentase masing – masing fraksi agregat

G1, G2, ... Gn = Berat jenis bulk masing - masing agregat

Berat jenis bahan pengisi sulit dihitung dengan teliti, namun demikian jika berat jenisnya nyata (*apparent*) bahan pengisi dimasukan, maka kesalahannya biasanya dapat diabaikan.

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu, dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dengan volume tertentu. Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T – 209 – 90 , maka berat jenis efektif campuran Gse termasuk rongga dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus Persamaan 2.2

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

Gse = Berat Jenis efektif agregat.

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol (0).

Pmm = Persentase berat total campuran (=100%).

Pb = Kadar aspal, dalam persen terhadap berat total campuran.

Gb = Berat jenis aspal

Jumlah aspal yang diserap oleh agregat umumnya lebih besar daripada jumlah air yang diserap. Berat jenis efektif agregat harus berada di antara berat jenis dan berat jenis agregat. Berat jenis agregat dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$Gsa = \frac{P1+P2+\dots+Pn}{\frac{P1}{G1}+\frac{P2}{G2}+\dots+\frac{Pn}{Gn}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan

- Gsa = Berat semu total agregat
- P1,P2....Pn = Persentase dalam berat agregat 1,2,n
- G1,G2....Gn = Berat jenis curah agregat

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Saat merancang campuran aspal dengan berat jenis agregat yang diketahui, berat jenis campuran maksimum (Gmm) dari setiap kadar aspal (Persamaan 2.4) diperlukan untuk menghitung porositas setiap kadar aspal. Keakuratan hasil pengujian terbaik diperoleh ketika kadar campuran aspal mendekati kadar aspal optimum. Demikian pula, direkomendasikan untuk menguji berat jenis maksimum pada 3 sampel. Berat jenis campuran maksimum (Gmm) untuk setiap kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan rata-rata berat jenis efektif (persamaan 2.4).

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

- Gse = Berat jenis efektif agregat
- Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol (0)
- Pmm = Persentase berat total campuran (=100%)
- Pb = Kadar aspal, dalam persen terhadap berat total campuran
- Gb = Berat jenis aspal

4. Berat Jenis Bulk Campuran Aspal Beton Persamaan 2.5

$$Gmb = \frac{Bk}{Bssd - Ba} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

- Gmb = Berat jenis campuran aspal beton

- Bk = Berat kering campuran aspal beton (gram)
- Bssd = Berat kering permukaan campuran aspal (gram)
- Ba = Campuran aspal dalam air (gram)

5. Kepadatan (*Density*)

Densitas adalah tingkat densitas campuran setelah pemadatan. Massa jenis adalah berat campuran per satuan volume. Campuran padat dapat menahan beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran berdensitas rendah (Persamaan 2.6).

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan :

- D = Kepadatan benda uji (gram/cm³)
- Ma = Berat benda uji di udara (gram)
- d = Diameter benda uji (cm)
- h = Tinggi benda uji (cm)

6. Rongga Udara (*Air Void*)

a. Rongga pori di antara agregat (VMA)

Ruang pori intermineral (VMA) adalah ruang antara agregat pada perkerasan aspal, termasuk rongga udara dan volume efektif aspal (tidak termasuk volume aspal yang diserap oleh batuan). kental. Perhitungan VMA dihitung untuk berat total campuran menggunakan Persamaan 2.7.

$$VMA = 100 - \left[\frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

- VMA = Volume pori di antara agregat dalam campuran
- Gsb = Berat jenis bulk agregat
- Gmb = Berat jenis bulk campuran padat
- Ps = Kandungan agregat, persen terhadap total campuran

b. Rongga pori dalam campuran beraspal (VIM)

Rongga pencampur udara dalam campuran aspal terdiri dari lapisan udara di antara partikel agregat yang tertutup oleh aspal. Porositas dalam persen dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.8.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

- VIM = Volume pori dalam campuran aspal padat
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran aspal, rongga udara nol
- G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat.

c. Rongga pori yang terisi aspal (VFB)

Asphalt-Filled Pore Void (VFB) adalah fraksi kosong agregat yang terisi aspal (VMA) tidak termasuk aspal yang terserap ke dalam agregat. Rumus untuk VFB ditunjukkan pada Persamaan 2.9.

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan :

- VFB = Volume pori yang terisi aspal
- VMA = Rongga diantara Mineral Agregat, persen volume bulk
- VIM = Volume pori dalam campuran aspal padat

2.5.6 Metode Pengujian Campuran Aspal

Metode uji Marshall adalah metode yang paling umum digunakan. Dalam metode ini, pengujian memiliki tiga parameter penting. Artinya, tegangan maksimum yang dapat ditahan benda uji sebelum patah, atau set permanen sebelum patah, sering disebut stabilitas Marshall. Ini dikenal sebagai stabilitas Marshall. Aliran yang disebut Marshall quotient (MQ) dan turunan yang merupakan perbandingan keduanya (stabilitas Marshall dan aliran Marshall) menunjukkan ketahanan campuran aspal-beton terhadap deformasi permanen seiring bertambahnya. adalah nilai kekakuan.

1. Nilai stabilitas

Berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum jam. Stabilitas adalah parameter yang menyatakan beban maksimum dalam kilogram yang dapat diserap oleh campuran aspal jika terjadi keruntuhan. Jika nilai Stabilitas terlalu tinggi, karet akan terlalu kaku dan kurang tahan lama. Nilai stabilitas dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.10.

$$S = q \times C \times k \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

q = Pembacaan stabilitas pada dial alat Marshall

C = Angka koreksi ketebalan

k = Faktor kalibrasi alat.

2. Kelelehan (*flow*)

Kesesuaian (*flow*) adalah defleksi total, dinyatakan dalam milimeter (mm), yang terjadi pada sampel kompon perkerasan sampai titik tegangan maksimum tercapai selama pengujian stabilitas Marshall. Seperti halnya penentuan nilai stabil, nilai aliran biasanya diberikan dalam milimeter (mm). Senyawa dengan titik leleh yang lebih rendah lebih sulit dan cenderung terurai sebelum masa manfaatnya.

3. *Marshall Quotient*

Untuk mengetahui ukuran kekakuan beton aspal perlu dianalisis dengan mencari nilai *Marshall Quotient (MQ)*. *Marshall Quotient (MQ)*, merupakan hasil bagi antara stabilitas dibagi kelelehan (*flow*), yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan :

MS = Stabilitas *Marshall*, (kg)

MF = Kelelehan (*flow*) *Marshall* (mm)

2.5.7 Pengujian Perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion*)

Immersion Test atau metode uji perendaman pada dasarnya sama dengan metode uji *Marshall*, yang membedakan adalah pada waktu perendaman benda uji. Menurut AASHTO T. 165 – 74 atau ASTM D. 1075 – 54 (1969) ada dua metode uji perendaman *Marshall* (*Marshall Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu ± 50° dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu ± 60°. Uji perendaman ini ditunjukkan untuk mengetahui durabilitas dari suatu

campuran beraspal yang dinyatakan sebagai nilai indeks kekuatan sisa (IKS), yang dirumuskan pada Persamaan 2.12.

$$IKS = \frac{\text{Stabilitas Rendaman 24 jam}}{\text{Stabilitas Rendaman 30 menit}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

2.6 Analisa Data

Setelah penyiapan benda uji selesai, data yang diperoleh dari benda uji tersebut digunakan berupa data tinggi benda uji, beratnya dalam air, beratnya di udara, berat kering jenuhnya, data-data tersebut adalah digunakan dalam perhitungan Untuk mengetahui nilai volumetrik campuran, nilai parameter Marshall, dan nilai parameter tersebut bila limbah kaca digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada campuran Marshall-meredam AC-WC.

2.7 Analisa Regresi

Analisis regresi adalah studi tentang ketergantungan satu atau lebih variabel independen terhadap variabel dependen untuk memprediksi nilai variabel dependen. Ada dua jenis variabel dalam analisis regresi:

1. Variabel bebas/*variabel independen*
Variabel Variabel bebas adalah variabel yang nilainya tidak bergantung pada variabel lain. Variabel bebas ini adalah kadar aspa
2. Variabel terikat / *variabel dependen*
Variabel terikat adalah variabel yang keadaannya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat ini terdiri dari VIM, VMA, VFB, Stabilitas *Marshall*, *Flow* (kelelehan), *Marshall Quotient*.

Beberapa jenis persamaan regresi yaitu :

1. Persamaan Linier

$$Y = a + bx$$

2. Persamaan Parabola kuadratik (*polynomial* tingkat dua)

$$Y = a + bx + cx^2$$

3. Persamaan Parabola Kubik (*polynomial* tingkat tiga)

$$Y = ax^3 + bx^3 + cx + d$$

Keterangan :

Y = nilai variabel terikat

X = nilai variabel bebas

a,b,c,d = koefisien

Setelah menemukan persamaan garis regresi dari kumpulan data dan menyusunnya pada sebar, Anda dapat menggunakan program komputer untuk membuat garis regresi linier dari plot tersebut. Garis regresi memberikan persamaan regresi dan nilai koefisien korelasi.

Untuk menunjukkan seberapa kuat hubungan antar variabel dalam penelitian ini, digunakan teknik analisis yang disebut koefisien korelasi, dilambangkan rho(r). Nilai koefisien korelasi diberikan oleh Persamaan 2.13.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan :

n = jumlah data

X = variable bebas (absis)

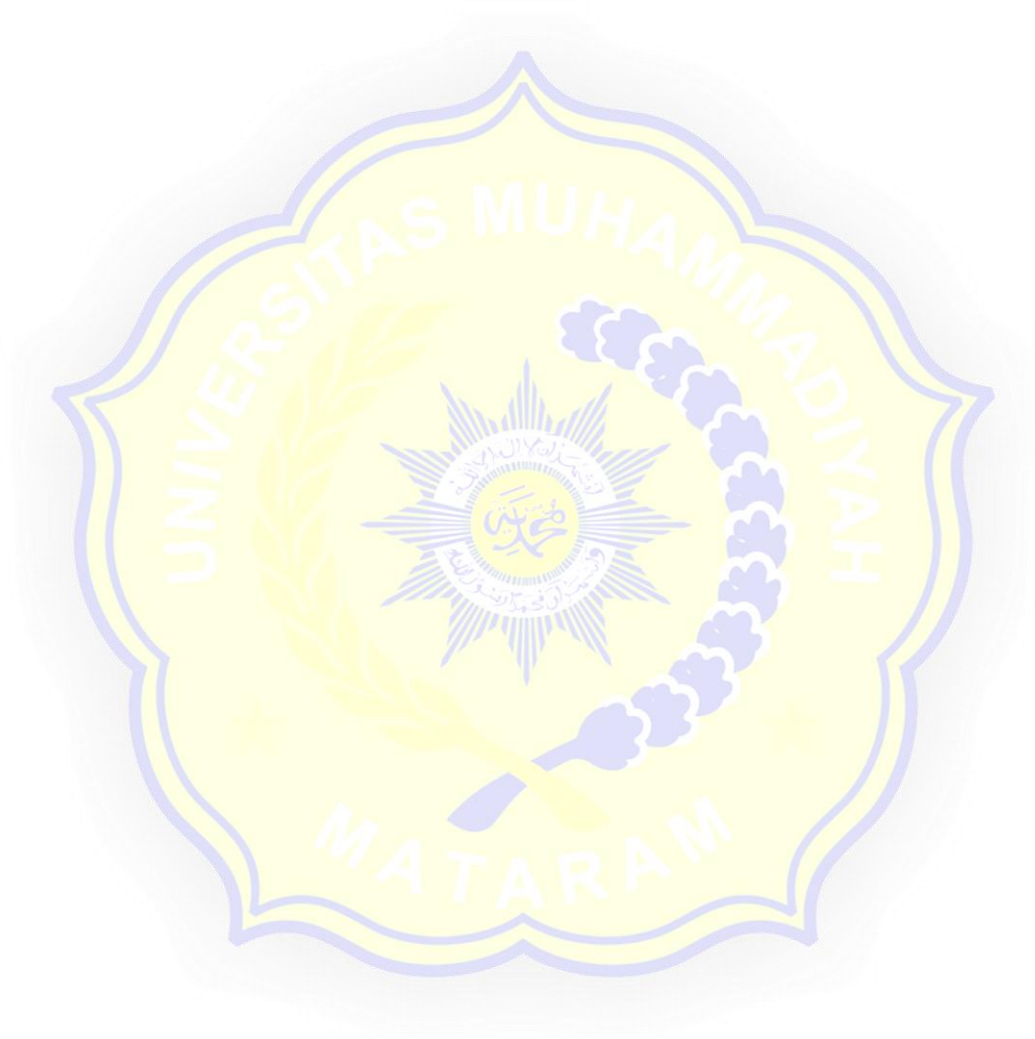
Y = variable terikat (ordinat)

r = koefisien korelasi

Nilai r menunjukkan keeratan hubungan dari variabel bebas secara simulator atau serentak.

- Nilai r = 0 (tidak ada hubungan)
- 0 < r < 0,2 (sangat lemah)
- 0,2 < r < 0,4 (lemah)
- 0,4 < r < 0,7 (sedang)
- 0,7 < r < 0,9 (kuat)
- 0,9 < r < 1 (sangat kuat)

Koefisien determinasi sederhana (r^2) adalah satu ukuran yang digunakan untuk mengukur pengaruh variabel bebas terhadap variansi variabel tidak bebas, dengan $0 < r^2 < 1$ (Suwarno, 2006).



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Pengujian dilakukan di Laboratorium PT. Sanur Jaya Utama AMP Pringgebaya Lombok Timur.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari PT. Sanur Jaya Utama – Lombok Timur.
2. Aspal minyak 60/70 diperoleh dari PT.Sanur Jaya Utama – Lombok Timur.
3. *Filler* berupaserbuk abu batu diperoleh dari PT. Sanur Jaya Utama – Lombok Timur.
4. Limbah serbuk kaca diperoleh dari hasil peleburan limbah botol kaca.

3.3 Alat Penelitian

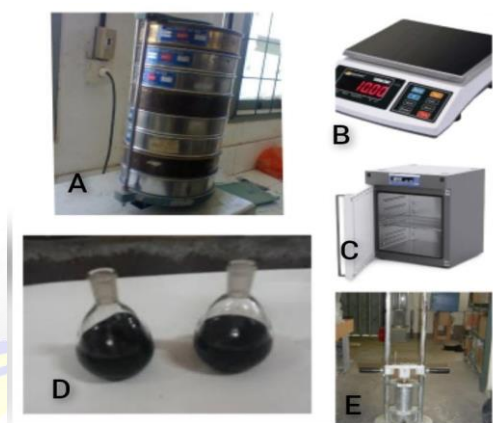
Alat-alat yang dipergunkan dalam penelitian ini adalah alat-alat yang terdapat pada Laboratorium, PT. Sanur Jaya Utama Pringgabaya Lombok Timur, antara lain:

1. Alat uji pemeriksaan aspal yaitu : alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji penetrasi, alat uji daktilitas, alat uji titik lembek, alat uji kehilangan berat minyak dan aspal, dan alat uji berat jenis (piknometer). Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Piknometer

2. Alat uji pemeriksaan agregat, yaitu : satu set saringan, alat uji berat jenis (piknometer,. timbangan, pemanas), alat uji keausan agregat (*impact*). Gambar 3.2



Gambar 3.2 A.Saringan, B.Timbangan, C.Pemanas, D. piknometer,
E. Piknometer

3. Alat pengujian campuran menurut metode Marshall, terdiri dari :
- Spesimen cetakan berdiameter 10 cm (4 inci) dan tinggi 7,5 cm (3 inci), dengan pelat dasar dan leher penghubung. Gambar 3.3



Gambar 3.3 Cetakan Benda Uji Silinder

- Alat pengeluar benda uji. Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji dipakai sebuah alat *ejector*. Gambar 3.4



Gambar 3.4 Ejector

- b. Penumbuk yang memiliki permukaan tumbukrata berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch). Gambar 3.5



Gambar 3.5 Penumbuk Silinder

- c. Landasan pematik terdiri dari balok kayu, ukuran 20 x 20 x 45 cm dan diikatkan pada lantai beton dengan 4 bagian siku. Gambar 3.6



Gambar 3.6 Ladasan Pematik Kayu

- d. Mesin tekan dengan kepala penekan berbentuk kengkung (*breaking head*) cincin benda uji yang berkapasitas 2500 kg dengan ketelitian 12,5 kg dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001 inch). Gambar 3.7



Gambar 3.7 *Breaking Head*

- e. Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,11 inch) dengan perlengkapannya Gambar 3.8



Gambar 3.8 Arloji Kelelahan

4. Bak perendam (*water bath*) dilengkapi dengan pengatur suhu. Gambar 3.9



Gambar 3.9 *Water Bath*

5. Alat bantu seperti kompor, termometer, oven, hand mixer, sarung tangan tahan panas, lap, stopwatch, timbangan digital, jangka sorong. Gambar 3.10



Gambar 3.10 A.Kompor, B.Thermometer, C.Sarung Tangan Anti, D.Kain Lap E.Oven, F.Timbangan Digital, G.*Stop Watch*, H.*Hand Mixer*, dan I.Jangka Sorong.

3.4 Persiapan Penelitian

Persiapan yang dilakukan adalah persiapan, perpustakaan, bahan dan alat yang digunakan. Termasuk persiapan materi agregat kasar, agregat halus, *filler*, limbah kaca dan aspal minyak peneterasi 60/70. Bahan-bahan tersebut langsung dari sumbernya ke Laboratorium AMP Peringgebaya Lombok Timur. Untuk agregat halus kaca, bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah botol kaca (bening) yang telah ditumbuk/dihaluskan secara manual hingga memenuhi

ukuran agregat halus tertahan saringan no.8. Persiapan alat meliputi pemeriksaan dan pembersihan untuk memastikan alat bekerja dengan baik.

3.5 Tahap Penelitian

Persiapan penelitian yaitu ada 4 tahap

1. Tahap persiapan bahan
2. Tahap pengujian
3. Tahap pembuatan benda uji
4. Tahap analisa data

3.6 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO.

Mix design dilakukan setelah hasil pengujian agregat dan aspal yang akan digunakan memenuhi spesifikasi bahan campuran. Saat merencanakan komposisi campuran aspal, kadar aspal optimum ditentukan dengan rumus berikut berdasarkan spesifikasi Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional 2002:

Persamaan 3.1

$$P = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (FF) + \text{Konstanta (K)} \dots\dots (3.1)$$

Dengan :

- Pb = kadar aspal rencana perkiraan
- CA = agregat kasar (tertahan saringan No. 4)
- FA = agregat halus (lolos No. 4 tertahan saringan No. 200)
- FF = bahan pengisi (lolos saringan No. 200)
- K = 0,5-1 untuk laston.

➤ Langkah – langkah pembuatan benda uji (briket) sebagai berikut :

1. Agregat yang telah sesuai dengan spesifikasi dikeringkan sampai memiliki berat tetap.
2. Agregat dan aspal ditimbang sesuai dengan berat yang dihitung terhadap berat total campuran.
3. Tambahkan agregat dan aspal ke dalam penggorengan dan aduk hingga merata. Suhu pencampuran optimum 155 ° C tercapai.

Tuang adonan ke dalam cetakan yang sudah diolesi minyak, letakkan selebar kertas berdiameter 10,2 cm dari cetakan di bagian bawah cetakan dan tusuk bagian tepinya 15 kali dan bagian tengahnya 10 kali dengan spatula.

4. Benda uji siap dipadatkan.

Kompresi spesimen adalah penumbuk yang merupakan teknik pemadatan jatuh bebas. Alat – alat yang digunakan dalam proses pemadatan yaitu penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk yang yaitu 45,7 cm, landasan pematat dan alat untuk mengeluarkan benda uji (*ejektor*).

Langkah – langkah dalam proses pemadatan,yaitu :

- a. Alat pematat disiapkan
- b. Benda uji ditumbuk masing – masing sebanyak 75 kali tumbukan pada kedua sisi benda uji.
- c. Benda uji dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan ejektor kemudian diberi tanda menurut kadar aspal benda uji dan diamkan benda uji selama 24 jam.

5. Pengujian Benda Uji

- a) Perhitungan nilai volumetrik campuran
- b) Pengujian marshall
- c) Penentuan kadar aspal optimum
- d) Rencana percobaan setelah mendapat kadar aspal, dibuat. Variasi menggunakan serbuk kaca sebagai substitusi agregat halus. Dengan Variasi 0%, 5%, 15%, 25%, dan 35%

Total berat agregat tertahan nomer .8. untuk memudahkan penulisan persentase agregat halus dengan symbol

A0 = 0% Serbuk kaca : 100% agregat halus alam.

A1 = 5% Serbuk kaca : 95% agregat halus alam.

A2 = 15% Serbuk kaca : 85% agregat halus alam.

A3 = 25% Serbuk kaca : 75% agregat halus alam.

A4 = 35% Serbuk kaca : 65% agregat halus alam.

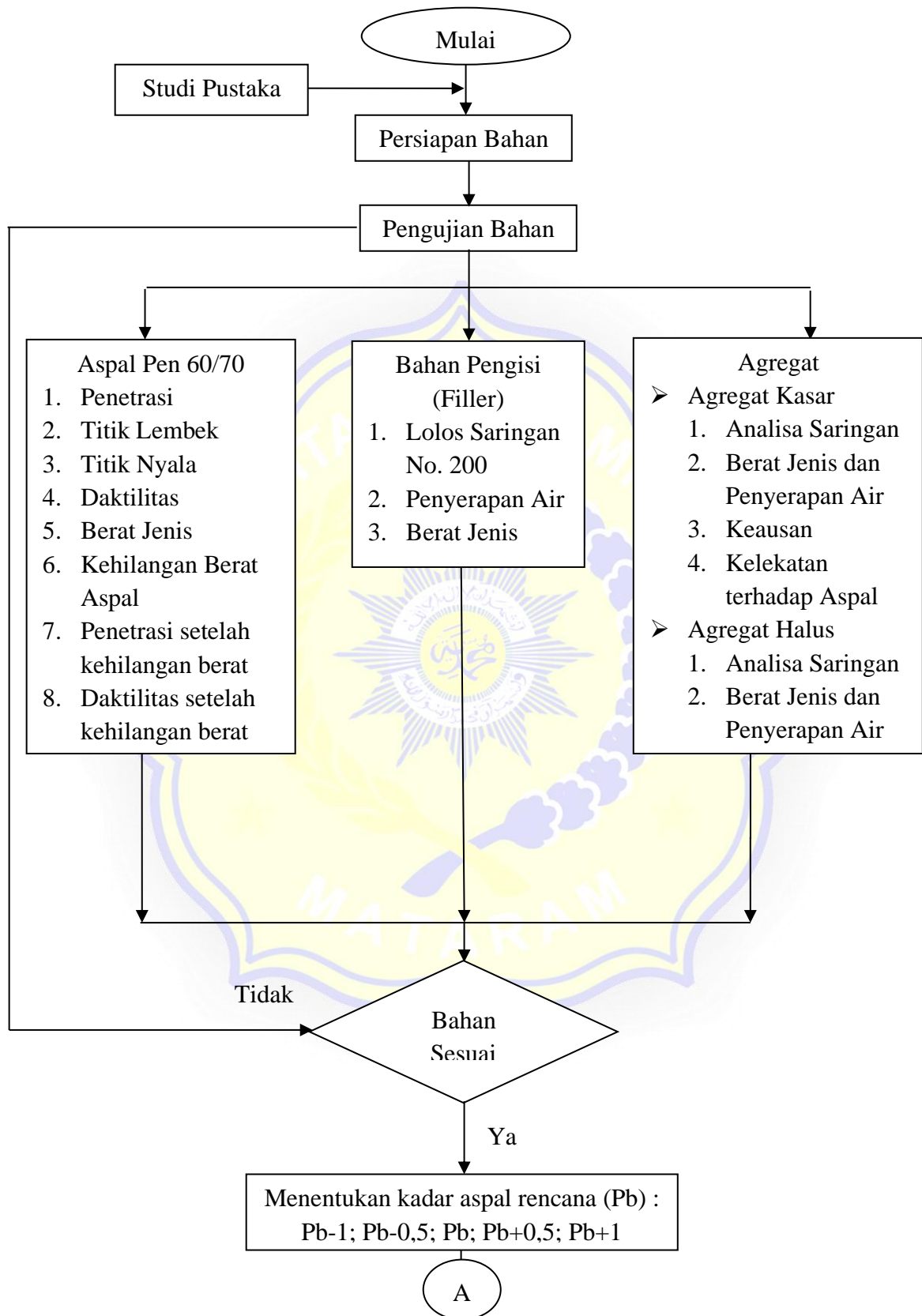
- e) Variable bebas agregat harus dari serbuk kaca dan agregat halus alam
- f) Variable tidak bebas berat jenis VIM,VMA,VFB,stabilitas,*flow* dan *marshall immersion*.

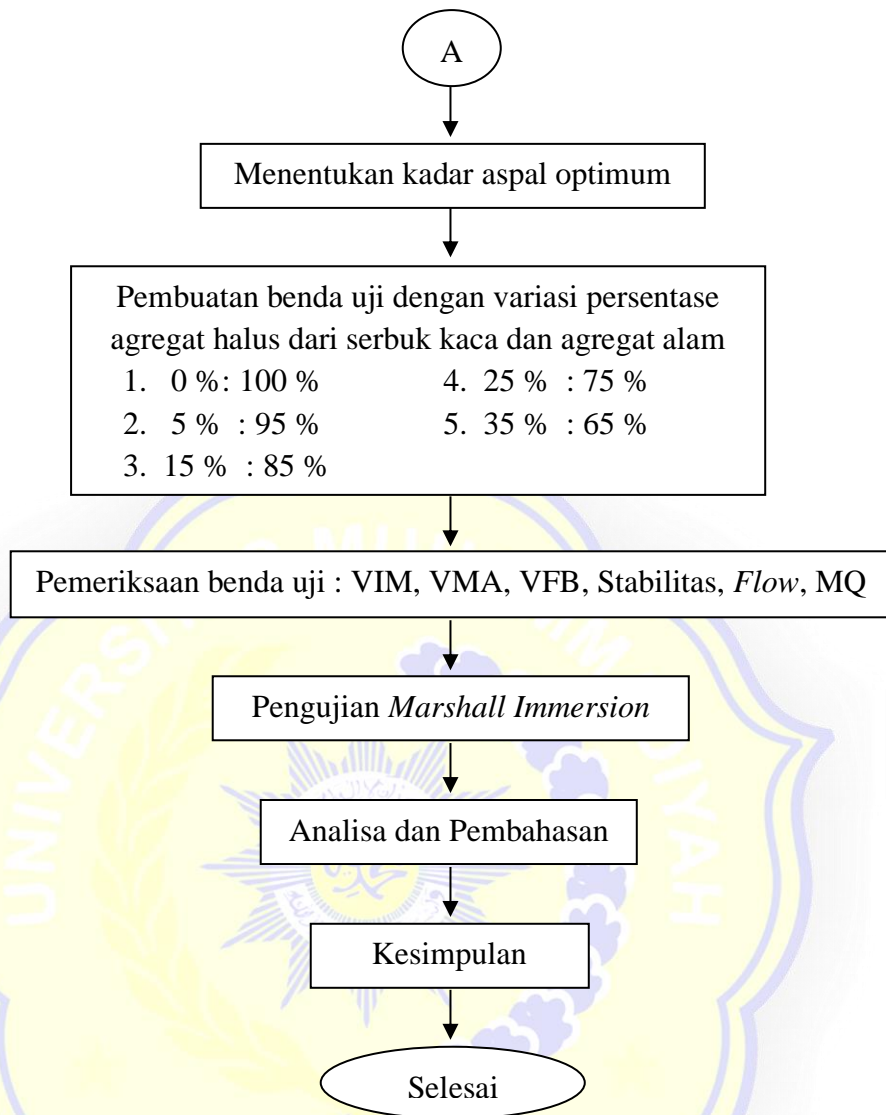
Pada Tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Pengujian

Variasi Agregat	Pengujian Benda Uji	
	Volumetriks dan Marshall	Marshall Immersion
A 0	2	1
A 1	2	1
A 2	2	1
A 3	2	1
A 4	2	1
Jumlah	10	5
Total	15	

3.7 Bagan Alur Penelitian





Gambar 3.11 Bagan Alir Penelitian