

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN FILLER PADA
PERKERASAN JALAN (AC-WC) TERHADAP NILAI
MARSHALL**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

MASAHIRO MESIAS
148110093



**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 22/5/23

Access From (repository.uma.ac.id)22/5/23

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN FILLER PADA
PERKERASAN JALAN (AC-WC) TERHADAP NILAI
MARSHALL**

SKRIPSI

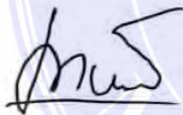
Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh

MASAHIRO MESIAS
148110093

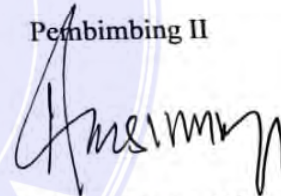
Disetujui,

Pembimbing I



Ir. Nuril Mahda Rangkuti, MT
NIDN : 0030116401

Pembimbing II



Ir. Amsuardiman, MT
NIDN : 0031126097

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Cahyadi Syah, S.Kom, M.Kom
NIDN : 01050588004

Ketua Prodi



Hermansyah, ST, MT
NIDN : 0106088004

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa penelitian yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan penelitian ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 08 Februari 2022

Peneliti,



MASAHIRO MESIAS

148110093

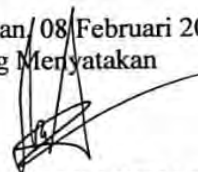
**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : MASAHIRO MESIAS
NPM : 148110093
Prodi Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisa Pengaruh Penggunaan Filler Pada Perkerasan Jalan (AC-WC) Terhadap Nilai Marshall. Dengan hak bebas royalti noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, memformat-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*data base*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai peneliti/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan/08/Februari 2022
Yang Menyatakan



MASAHIRO MESIAS
148110093

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur bagi Allah Yang Maha Esa dengan segala nikmat yang diturunkan seperti hujan kepada kita semua, sehingga kita selalu berbahagia, tercukupi segala kebutuhan hidup. Oleh karena ribuan nikmat yang tak bisa disebutkan itu akhirnya penulis mampu menyelesaikan Skripsi dengan judul “Analisa Pengaruh Penggunaan Filler Pada Perkerasan Jalan (AC-WC) Terhadap Nilai Marshall”.

Ucapan terimakasih patutlah penulis sampaikan kepada seluruh insan yang telah membantu, memberi saran, semangat dan masukan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi ini. Pertama kepada junjungan alam, Nabi besar Muhammad Shallallahu ‘alaihi wassalam dan para keluarganya serta para penerusnya yang telah memberikan penulis inspirasi agar kuat dalam menjalani hidup, dan berbagai petuah hidup yang sangat membantu penulis menyelesaikan tahap-tahap dalam hidup. Selanjutnya penulis ucapkan terimakasih kepada:

- Terimakasih penulis ucapkan pada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
- Terimakasih penulis ucapkan pada Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom yang telah memimpin Fakultas Teknik dengan baik sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
- Terimakasih juga penulis sampaikan pada para pembimbing antara lain, Ibu Ir.Nuril Mahda Rangkuti, MT dan Bapak Ir. Amsuardiman, MT yang telah banyak memberikan saran dan masukan yang bermanfaat bagi penulis.

- Terimakasih penulis ucapkan pada Kepala Prodi Teknik Sipil Bapak Hermansyah ST, MT yang telah membimbing hingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
- Ucapan terimakasih paling spesial kepada ayahanda M.Ibrahim Alwi dan Ibu tersayang Nur Betty De Fretes dan Istri tercinta Nurjannah Erwanto, serta abang kakak dan adik tercinta yang memberi dorongan moril dan materil kepada penulis.
- Terimakasih kepada para para Dosen tanpa terkecuali, para Staff Fakultas dan petugas kebersihan yang telah memberikan kami kenyamanan dalam belajar.
- Terimakasih kepada petugas dan karyawan Lab Universitas Medan Area yang telah memberi banyak ilmu kepada penulis selama menjalankan penelitian.
- Terimakasih penulis ucapkan kepada rekan – rekan mahasiswa dan Alumni Teknik Sipil Universitas Medan Area dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Kiranya skripsi ini dapat menambah pembendaharaan serta litelatur ada Jurusan Teknik Sipil dan menambah referensi dalam mata kuliah Teknik Pondasi, pada jurusan Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi kita semua.

Medan, 08 Februari 2022

MASAHIRO MESIAS
148110093

ABSTRAK

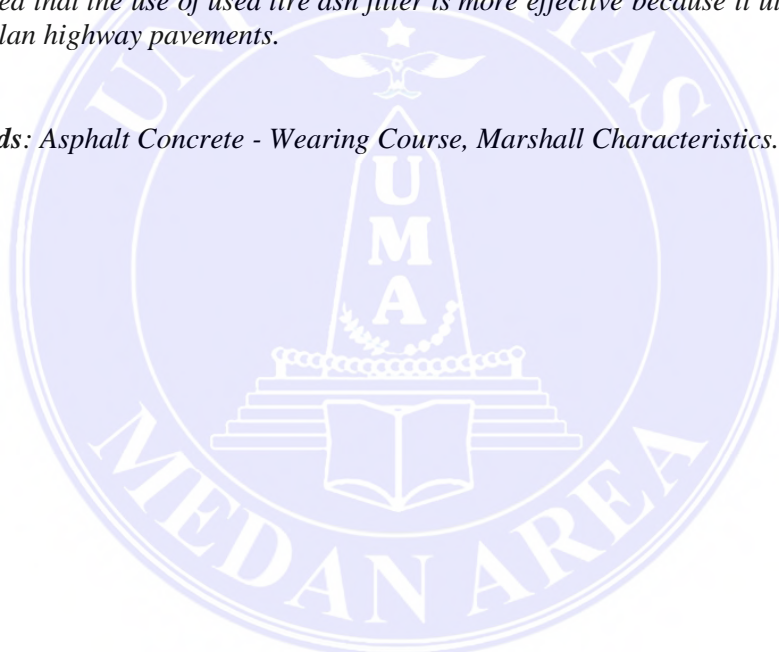
Di Indonesia sering terjadi beban lalu lintas yang berlebihan (*over loading*) serta temperatur udara yang tinggi, sehingga perlu pertimbangan dalam melakukan perencanaan campuran aspal. Lapisan permukaan konstruksi pada perkerasan jalan adalah lapisan yang berperan penting dalam menerima beban kendaraan. Oleh sebab itu material yang digunakan dalam pembuatan lapisan ini haruslah material yang berkualitas. Pemakaian agregat yang tidak sesuai dengan per-syaratan inilah yang paling sering menjadi penyebab kerusakan pada perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai stabilitas campuran aspal dengan menggunakan filler *fly ash* dan filler abu ban bekas sebagai bahan tambahan AC-WC. Dalam penelitian ini metode yang digunakan ialah *Marshall Test* dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan kadar filler 4% dan 6%. Dari hasil penelitian untuk campuran *fly ash* nilai stabilitas terbesar terjadi pada variasi kadar aspal 6,10%, *bulk density* 2,296 gr/cc, *stability* 1022 kg, *flow* 3,33 mm, *air voids* 4,67 %, P.R.D 2,61 %, *void filleds* 72,43 %, VMA 16,94 %, M,Q 316 kg/mm. Sedangkan dari hasil penelitian untuk campuran abu ban bekas nilai stabilitas terbesar terjadi pada variasi kadar aspal 6,20%, *bulk density* 2,298 gr/cc, *stability* 1051 kg, *flow* 3,35 mm, *air voids* 4,67 %, P.R.D 2,61%, *void filleds* 72,45 %, VMA 16,94%, M,Q 320 kg/mm. Berdasarkan data hasil pengujian di atas maka disimpulkan bahwa penggunaan filler abu ban bekas lebih efektif digunakan karena memanfaatkan limbah abu ban bekas untuk merencanakan perkerasan jalan raya.

Kata Kunci : Asphalt Concrete – Wearing Course, Karakteristik Marshall.

ABSTRACT

In Indonesia, there are often excessive traffic loads (over loading) and high air temperatures, so it is necessary to consider in planning asphalt mixtures. The construction surface layer on the road pavement is a layer that plays an important role in receiving vehicle loads. Therefore, the material used in the manufacture of this layer must be of high quality. The use of aggregates that do not comply with these requirements is the most common cause of damage to road pavements. This study aims to determine the stability value of asphalt mixture using fly ash filler and used tire ash filler as an additional material for AC-WC. In this study, the method used was Marshall Test with variations in asphalt content of 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7% and filler content of 4% and 6%. From the results of the study for fly ash mixtures, the greatest stability values occurred in variations in asphalt content of 6.10%, bulk density of 2.296 gr/cc, stability of 1022 kg, flow 3.33 mm, air voids 4.67%, P.R.D 2.61%, void filleds 72.43%, VMA 16.94%, M,Q 316 kg/mm. Meanwhile, from the research results for the mixture of used tire ash, the greatest stability value occurs in variations in asphalt content of 6.20%, bulk density of 2.298 gr/cc, stability of 1051 kg, flow 3.35 mm, air voids 4.67%, P.R.D 2.61 %, void filleds 72.45%, VMA 16.94%, M,Q 320 kg/mm. Based on the test results above, it is concluded that the use of used tire ash filler is more effective because it utilizes waste tire ash to plan highway pavements.

Keywords: Asphalt Concrete - Wearing Course, Marshall Characteristics.



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR GRAFIK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Maksud dan tujuan penelitian	2
1.3. Perumusan masalah	2
1.4. Batasan masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Aspal	4
2.2. Jenis – jenis aspal.....	5
2.3 Karakteristik aspal	9
2.4. Sifat fisika aspal.....	11
2.5. Abu terbang (<i>fly ash</i>).....	12
2.6. Pemanfaatan karet ban	14
2.7. Modifikasi aspal.....	16
2.8. Agregat	17

2.9. Pengujian karakteristik aspal	20
2.9.1. Uji penetrasi	20
2.9.2. Uji berat jenis	20
2.10. Pengujian Marshall Test.....	21
2.10.1. Berat jenis.....	22
2.10.2. Densitas (Berat isi/Kepadatan)	24
2.10.3. Stabilitas	24
2.10.4. Flow	25
2.10.5. VIM (void in the mix).....	25
2.10.6. VFA (Void Filled with Asphalt).....	26
2.10.7. VMA (Void in the Mineral Agregat)	26
2.10.8. Marshall Quotient (MQ)	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1. Tempat dan waktu penelitian	29
3.2. Penyiapan bahan penelitian.....	29
3.3. Pengujian dan persyaratan bahan	30
3.3.1. Perencanaan gradasi.....	30
3.3.2. Berat jenis dan penyerapan	30
3.3.3. Peralatan untuk pembuatan sampel	31
3.3.4. Tahap pembuatan benda uji	32
3.3.5. Kadar aspal rencana	34
3.4. Pengujian campuran beraspal.....	35
3.4.1. Uji rendaman marshall.....	35
3.4.2. Pengujian marshall	36

3.4.3. Pengujian sampel	36
3.4.3.1. Alat yang digunakan untuk pengujian	36
3.4.3.2. Metode pengujian sampel	36
3.5. Penentuan kadar aspal optimum (KAO)	38
3.6. Flow chart penelitian.....	39
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	40
4.1. Hasil pengujian material.....	40
4.1.1. Hasil pemeriksaan agregat kasar dan halus	40
4.1.2. Berat jenis dan penyerapan.....	45
4.1.3. Komposisi agregat	49
4.1.4. Perencanaan campuran benda uji.....	49
4.1.4.1. Perencanaan campuran (JMF)	49
4.1.5. Hasil pengujian data.....	50
4.1.5.1. Perhitungan parameter pengujian	50
4.2. Analisa hasil pengujian	51
4.2.1. Stabilitas menggunakan filler fly ash.....	51
4.2.2. Stabilitas menggunakan filler abu ban bekas	52
4.2.3. Kelelahan plastis (Flow).....	53
4.2.3.1. Kelelahan menggunakan filler fly ash	53
4.2.3.2. Kelelahan menggunakan filler ban bekas	54
4.2.4. Rongga udara dalam campuran (VIM)	55
4.2.4.1. VIM aspal menggunakan filler fly ash	55
4.2.4.2. VIM aspal menggunakan filler ban bekas.....	56
4.2.5. Rongga terisi aspal (VFA)	57

4.2.5.1. VFA menggunakan filler fly ash	57
4.2.5.2. VFA menggunakan filler ban bekas	58
4.2.6. Marshall Quotient (Hasil Bagi Marshall).....	59
4.2.6.1. Marshall Quotient aspal menggunakan filler fly ash .	59
4.2.6.2. Marshall Quotient aspal menggunakan filler ban bekas	60
4.2.7. Rongga antara partikel agregat (VMA).....	61
4.2.7.1. VMA menggunakan filler fly ash.....	61
4.2.7.2. VMA menggunakan filler ban bekas.....	62
4.2.8. Kepadatan (Density).....	63
4.2.8.1. Kepadatan (Density) aspal filler fly ash.....	63
4.2.8.2. Kepadatan (Density) aspal filler ban bekas.....	64
4.2.9. Kadar aspal optimum (KAO).....	65
4.2.9.1. KAO aspal filler fly ash.....	65
4.2.9.2. KAO aspal filler ban bekas.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Hasil pemeriksaan analisa saringan kerikil 3/4" (CA)	39
Tabel 4.2 Hasil analisa saringan kerikil 1/2" (M. AGG)	40
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan analisa saringan Cr.Dust.....	41
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan analisa saringan Natural Sand	42
Tabel 4.5 Gradasi Agregat.....	43
Tabel 4.6 Berat Jenis Dan Penyerapan Batu 3/4" (CA).....	44
Tabel 4.7 Berat Jenis Dan Penyerapan Medium Agregat (MA).....	45
Tabel 4.8 Berat Jenis Dan Penyerapan Abu Batu / Cr.Dust (FA).....	46
Tabel 4.9 Berat Jenis Dan Penyerapan Pasir (Sand).....	46
Tabel 4.10 Komposisi dari agregat.....	47
Tabel 4.11 Perencanaan komposisi campuran aspal.....	47
Tabel 4.12 Tabel 4.12. Kepadatan Mutlak (PRD).....	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	27
Gambar 3.2 Flow Chart	37



DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 4.1 Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas aspal	49
Grafik 4.2 Hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas aspal	50
Grafik 4.3 Hubungan antara kadar aspal dengan Flow aspal.....	51
Grafik 4.4 Hubungan antara kadar aspal dengan Flow aspal.....	52
Grafik 4.5 kadar aspal dengan rongga udara dalam campuran aspal(VIM)	53
Grafik 4.6 kadar aspal dengan rongga udara dalam campuran aspal(VIM)	54
Grafik 4.7 Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal(VFA)	55
Grafik 4.8 Hubungan antara kadar aspal dengan rongga terisi aspal(VFA)	56
Grafik 4.9 Hubungan antara kadar aspal dengan (MQ) aspal	57
Grafik 4.10 Hubungan antara kadar aspal dengan (MQ) aspal	58
Grafik 4.11 Hubungan antara kadar aspal dengan rongga partikel(VMA).....	59
Grafik 4.12 Hubungan antara kadar aspal dengan rongga partikel(VMA).....	60
Grafik 4.13 Hubungan antara kadar aspal dengan kepadatan aspal	61
Grafik 4.14 Hubungan antara kadar aspal dengan kepadatan aspal	62
Grafik 4.15 Kadar aspal optimum (KAO)	63
Grafik 4.16 Kadar aspal optimum (KAO).....	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat memberikan dampak terhadap permintaan akan pembangunan struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Di Indonesia sering terjadi beban lalu lintas yang berlebihan (over loading) dan temperatur udara yang tinggi, sehingga perlu pertimbangan dalam melakukan perencanaan campuran aspal.

Aspal memiliki karakteristik yang berpengaruh terhadap kinerja campuran beraspal. Oleh karena itu diperlukan aspal dengan kualitas yang bagus sehingga nantinya akan dihasilkan campuran beraspal dengan kinerja yang baik. Karena aspal merupakan lapis perkerasan yang paling atas yang menerima dampak langsung dari lalu lintas, maka aspal harus cukup kuat, stabil, dan tetap di tempat meskipun ada pembebanan dari lalu lintas.

Jenis lapis perkerasan jalan yang digunakan sangat banyak jenisnya sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi antara lain dengan memakai berbagai kombinasi agregat kasar, sedang, halus dan filler.

Untuk memperbaiki kinerja campuran agregat aspal dapat pula dengan memodifikasi sifat-sifat fisik aspal khususnya pada penetrasi dan titik lembeknya dengan menggunakan bahan tambahan sehingga diharapkan bisa mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur dan keelastisannya.

Pada penelitian ini dicoba menggunakan abu ban bekas dan fly ash sebagai filler AC-WC dengan metode marshall test yang akan dilakukan dilaboratorium dan membandingkan mana lebih layak antara aspal yang menggunakan filler abu

ban bekas dengan aspal yang menggunakan filler fly ash dan bagaimana karakteristik yang didapat dari campuran tersebut apakah sudah sesuai atau tidak dengan spesifikasi.

1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud penelitian ini adalah untuk menganalisa kadar aspal yang menggunakan filler abu ban bekas dan fly ash apakah sesuai dengan spesifikasi metode Marshall Test.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana stabilitas aspal menggunakan filler abu ban bekas dan fly ash sebagai bahan tambahan AC-WC dengan metode Marshall Test.

1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian proyek ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah aspal dapat dimodifikasi dengan menggunakan filler abu ban bekas dan fly ash?
2. Berapakah besar kadar aspal optimal AC-WC 60/70 dengan menggunakan filler abu ban bekas dan fly ash pada perkerasan jalan?
3. Bagaimana sifat aspal yang sudah dicampur dengan filler abu ban bekas dan fly ash pengujian fisik aspal?

1.4. Batasan Masalah

Dengan keterbatasan waktu dan biaya serta mendapatkan sasaran mendapatkan sasaran yang jelas, penulisan skripsi ini ingin membatasi permasalahan yang hanya berfokus pada :

1. Aspal yang digunakan adalah aspal AC-WC 60/70
2. Filler aspal yang digunakan adalah abu ban bekas dan fly ash
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian Marshall
4. Variasi kadar filler yang di uji adalah (4%, 6%)
5. Variasi kadar aspal yang di uji adalah (4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%)
6. Setiap variasi aspal memiliki 3 sampel (AASHTO)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Istilah aspal berasal dari bahasa Yunani kuno asphaltos, kemudian bangsa Romawi mengubahnya menjadi asphaltus, lalu diadaptasi ke dalam bahasa Inggris menjadi asphalt, dan kita menerjemahkan ke dalam bahasa Indonesia menjadi aspal. Sejarah penggunaan aspal untuk pembuatan jalan di abad modern dapat ditelusur kembali pada masa abad ke 18. Jalan dibuat dengan batuan berukuran besar diletakkan di bawah sebagai pondasi yang kuat, kemudian di atasnya diberi batu galian, lalu kerikil sebagai lapis penutup.

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperature tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton. Jika temperature mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya atau bersifat termoplastis (*Leo Sentosa*). Aspal juga merupakan bahan yang Sebagian besar terdiri dari *hydrocarbon* ; dan Sebagian kecil *sulfur, nitrogen* dan *oxygen* ; dan sejumlah kecil metal seperti *vanadium, nickel, besi, magnesium* dan *calcium*.

Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperature turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 10% berdasarkan berat campuran atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis.

Aspal akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatic yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul.

Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

Menurut Sukirman (2016), aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Bahan Pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dalam pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

2.2 Jenis-Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang disuatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau buton, dan ada pula yang

diperoleh di danau seperti di trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di trinidad, berupa aspal danau (Trinidad Lake Asphalt).

Sedangkan aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak. Setiap minyak di bumi dapat menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang banyak mengandung aspal, parafin base crude oil yang banyak menghasilkan parafin, atau mix base crude oil yang mengandung campuran antara parafin dengan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis asphaltic base crude oil.

Pada proses destilasi minyak bumi, bensin, minyak tanah dan solar merupakan hasil destilasi pada temperatur yang berbeda-beda, sedangkan aspal merupakan residunya. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada tempertaur ruang. Jadi jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas aspal padat, aspal cair dan aspal emulsi. (Sukirman, 2016) Aspal cair adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin dan solar. Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang dilakukan di pabrik pencampur.

Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair ketika dipanaskan. Aspal padat dikenal juga dengan semen aspal (asphalt cemen). Oleh karena itu, semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

Terdapat lima klasifikasi nilai penetrasi pada semen aspal yang bervariasi secara konsistensi pada suhu kamar dari padat ke semi-cair yaitu 40-50, 60-70, 80-100, 120-150, dan 200-300. Nilai ini menunjukkan tingkat kekerasan material dimana pen 40-50 merupakan yang paling keras dan pen 200-300 merupakan yang paling lembut.

Di Indonesia, salah satu bahan aspal yang digunakan dalam pembuatan jalan raya adalah semen aspal yang bernilai penetrasi 60-70. Spesifikasi persyaratan semen aspal pen 60-70 adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Spesifikasi persyaratan aspal pen 60 -70

No	Jenis Pengujian	metode	persyaratan	satuan
1	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 79	mm
2	Titik Lemtek, °C	SNI 06-2434-1991	50 – 58	°C
3	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200	°C
4	Daktilitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100	cm
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0	gr/ml
6	Kelarutan dalam Tricloro Etylen, %berat	RSNI M -04-2004	Min. 99	%
7	Penurunan Berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8	%
8	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54	mm
9	Daktilitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50	cm
10	Uji noda aspal	SNI 03-6885-2002	negatif	
	- Standar Naptha			
	- Naptha Xylene			
	- Hephtane Xylene			

Sumber : <https://imsippoliban.files.wordpress.com/2016/03/rsni-s-01-2003-spesifikasi-aspal-keras-berdasarkan-penetrasi.pdf>

2.3 Karakteristik Aspal

Aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal secara homogen, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material material pembentuk aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan Sukirman (2016) menyatakan bahwa terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki aspal yaitu stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah untuk dilaksanakan.

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 diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan, tentu tidak memerlukan nilai stabilitas yang tinggi. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya rongga dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara homogen, sehingga beton aspal akan lebih kedap air. Dengan demikian aspal memiliki kemampuan

menahan keausan. Sebaliknya, semakin tebal selimut aspal mengakibatkan aspal semakin mudah *bleeding* (naiknya aspal kepermukaan jalan), yang mengakibatkan jalan semakin licin. Banyaknya rongga yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun.

Semakin besar rongga yang tersisa, beton aspal semakin tidak kedap air. Semakin banyak udara di dalam aspal, menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara, menjadi getas, dan durabilitasnya menurun. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar (*konsolidasi* atau *settlement*), tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat bergradasi terbuka dan kadar aspal yang tinggi.

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan atau retak. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi. Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip terutama pada kondisi basah. Faktor - faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan butir agregat, luas bidang kontak antar butir, bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal.

Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Untuk itu agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan sehingga permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan. Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film atau selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap campuran.

Tingkat impermeabilitas aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya. 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 temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan. Ketujuh sifat campuran aspal ini tak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat aspal mana yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis aspal mana yang akan dipilih.

2.4 Sifat Fisika Aspal

Sukirman (2016) menyatakan bahwa sifat fisik aspal secara umum adalah sebagai berikut:

- a. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca atau perubahan temperature selama masa pelayanan jalan.

b. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan agregat untuk mengikat aspal sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi padat atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap jenis aspal berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu.

d. Kekerasan aspal

Pengerasan aspal dapat terjadi karena oksidasi, penguapan dan perubahan kimiawi lainnya. Reaksi kimiawi dapat mengubah *resins* menjadi *asphaltenes*, dan oils menjadi *resins*, yang secara keseluruhan akan meningkatkan viskositas aspal.

2.5 Abu terbang (*fly ash*)

Abu terbang (*fly ash*) merupakan sisa dari hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik. Abu terbang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan

mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2.0 – 2.5 g/cm³. Abu terbang adalah salah satu residu yang dihasilkan dalam pembakaran dan terdiri dari partikel-partikel halus. Abu yang tidak naik disebut *bottom ash*.

Dalam dunia industri, abu terbang biasanya mengacu pada abu yang dihasilkan selama pembakaran batu bara. Abu terbang umumnya ditangkap oleh pengendap elektrostatis atau peralatan filtrasi partikel lain sebelum gas buang mencapai cerobong asap batu bara pembangkit listrik, dan bersama-sama dengan *bottom ash* dikeluarkan dari bagian bawah tungku dalam hal ini bersama-sama dikenal sebagai abu batu bara. Tergantung pada sumber dan tampilan batu bara yang dibakar, komponen abu terbang bervariasi, tetapi semua abu terbang termasuk sejumlah besar silikon dioksida (SiO₂) (baik amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO), kedua bahan endemik yang di banyak terdapat dalam lapisan batuan batu bara.

Di masa lalu, abu terbang pada umumnya dilepaskan ke atmosfer, tetapi sekarang disyaratkan harus ditangkap sebelum dirilis. Di Amerika Serikat, abu terbang umumnya disimpan di pembangkit listrik batu bara atau ditempatkan di tempat pembuangan sampah. Sekitar 43% didaur ulang, sering digunakan untuk melengkapi semen dalam produksi beton.

Dalam beberapa kasus, seperti pembakaran limbah padat untuk menciptakan listrik (fasilitas "*resource recovery*" atau konversi limbah-ke-energi), abu terbang dapat mengandung kontaminan dari *bottom ash* berkadar tinggi serta pencampuran abu terbang dan *bottom ash* bersama-sama membawa tingkat proporsional kontaminan dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah tidak berbahaya dalam keadaan tertentu, sedangkan bila tidak dicampur, abu

terbang akan berada dalam jangkauan untuk memenuhi syarat sebagai limbah berbahaya.

2.6 Pemanfaatan Karet Ban

Ban merupakan produk karet yang diproduksi dalam jumlah volume yang cukup banyak, dan juga merupakan elemen terpenting dalam bagian suatu kendaraan. Penggunaan karet alam maupun karet sintetis cukup banyak dipakai di dalam industri ban. Ban saat ini secara essensial merupakan suatu komposit karet. Ban diproduksi dari beberapa komponen yang terpisah seperti tread, ineliner, beads, beltds, dan lainlain serta komponen-komponen yang berbeda yang memiliki kandungan karet yang berbeda pula.

Ban bekas tidaklah murni tetapi ini dibentuk dari kandungan bahan pengisi yang tinggi, seperti campuran elastomer dan bermacam-macam aditif. Beberapa jenis ban seperti ban radial walaupun dalam pembuatannya dicampur dengan karet sintetis, tetapi jumlah karet alam yang digunakan tetap lebih besar, yaitu dua kali lipat komponen karet alam untuk pembuatan ban non-radial.

Ban bukanlah hanya campuran antara karet alam dengan karet sintetik, tetapi dalam wujud campuran-campuran, yang terdiri dari elastomer-elastomer dan berbagai bahan tambahan. Bahan tambahan tersebut dapat digolongkan sebagai bahan vulkanisasi, akselerator, penguat, antidegradants, dan pelunak. Umumnya ban ini dapat dipergunakan kembali setelah diperbaiki, dimana hasil pengembangannya biasa disebut dengan vulkanisir.

Ban-ban bekas tersebut dapat dikelola berupa ban bekas utuh, dibelah, dipotong-potong, dan diserut. Setiap ban mobil umumnya mempunyai berat 9,1 kg dengan berat dari karet sebesar 5,4 - 5,9 kg yang terdiri dari 35% karet alam

dan 65% karet sintetis. Sedangkan ban truk biasanya mempunyai berat 18,2 kg yang mengandung 60 – 70% karet yang terdiri dari 65% karet alam dan 35% karet sintetis. Dan dari berbagai macam ban, ban jenis radial dengan serat baja merupakan ban yang paling banyak dipakai.

Di Indonesia, ban bekas ini setelah divulkanisir, pada umumnya digunakan lagi sebagai peralatan rumah tangga, seperti ember, meja-kursi, sandal, dan tali. Sementara di Amerika ban bekas sudah didaur ulang untuk keperluan bahan campur pada pengerjaan lapis keras. Tentunya karet ban bekas ini pun dapat pula dimanfaatkan di Indonesia sebagai bahan aditif untuk campuran aspal. Ban bekas bersifat sangat stabil dan merupakan suatu polimer berantai panjang. Beberapa karakteristik dari ban bekas yaitu stabilitasnya dan sifatnya yang tahan lama, menarik, dan kelayakannya selama pemakaiannya.

Dalam daur ulang ban bekas, banyak sekali penelitian-penelitian yang telah dilakukan, terutama terhadap alternatif temuan teknologi yang bersifat lebih ekonomis dan banyak sumber daya konservatif agar memperoleh kembali bahan-bahan yang berharga dari bermacam-macam bahan yang berbasis polimer. Metoda pendaur-ulangan ini dapat diterapkan tetapi tidak terbatas pada ban roda sisa saja, bisa juga plastik, dan sejumlah bahan-bahan polimer yang berbeda atau campuran campuran kompleks pemanfaatan karet ban sebagai aditif juga dinilai efektif untuk meningkatkan sifat mekanik dari campuran aspal sehingga menjadi lebih elastis dan tidak mudah mengalami deformasi ketika diberi beban yang berat.

2.7 Modifikasi Aspal

Kemajuan teknologi banyak menghasilkan bahan tambah atau modifier, sering juga disebut aditif, yaitu suatu bahan yang dapat dicampurkan atau ditambahkan pada aspal. Pada hakekatnya, modifikasi aspal bertujuan untuk meningkatkan kualitas aspal yang akan digunakan dalam pembuatan atau perbaikan jalan. Masih terdapat sifat-sifat yang kurang menguntungkan dalam aspal yang menyebabkan para ahli berusaha menemukan bahan yang dapat memperbaiki sifat fisika dan kimiawi dari aspal. Akhirnya ditemukan berbagai macam bahan tambah yang berfungsi sebagai katalisator pada reaksi kimia pada aspalnya.

Lewat reaksi kimia katalisator ini mengubah ikatan rangkap pada aspal menjadi ikatan-ikatan tunggal pada rantai panjang, yang lazim disebut polimer, yang bertindak sebagai katalisator untuk memperbaiki struktur molekul pada aspal. Salah satu bentuk modifikasi yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan material lain sebagai bahan aditif.

Modifikasi bahan aspal didapat dengan mencampur aspal keras dengan bahan tambahan. Bahan campuran tambahan yang populer yang digunakan adalah polymer hadala, sehingga bahan aspal modifikasi ini sering disebut dengan aspal polimer. Aspal polimer ini dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

a. Aspal polymer plastomer

Penambahan bahan polymer pada aspal berfungsi untuk meningkatkan sifat fisik campuran aspal dan sifat rheologinya. Jenis polymer plastomer yang banyak digunakan adalah EVA (*Ethylene Vinyle Acetate*), *Polyethilene* dan *Polypropilene*.

b. Aspal polymer elastomer

Aspal jenis ini sering digunakan sebagai campuran aspal keras karena dapat memperbaiki sifat rheologi aspal yang meliputi penetrasi, kekentalan, titik lembek dan elastisitas aspal keras. Aspal polymer elastomer jenis SBS (*Styrene Butadiene Sterene*), SBR (*Styrene Butadine Rubber*), SIS (*Styrene Isoprene Styrene*) dan karet hadala adalah yang umum digunakan sebagai pencampur aspal keras. Penambahan tersebut harus melewati uji laboratorium karena jika berlebihan akan menimbulkan efek negative pada aspal.

Pemanfaatan bahan polimer sebagai campuran dalam memodifikasi aspal merupakan sebuah terobosan baru. Penelitian tentang Pemanfaatan polimer sebagai bahan campuran aspal terus berkembang. Hasil penelitian menunjukkan modifikasi aspal dengan polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut. Hal ini dimungkinkan terjadi karena interaksi antara aspal dengan polimer dalam campuran sangat padu yang sehingga ikatan keduanya dapat meningkatkan kualitas aspal dan tahan lama.

2.8 Agregat

Agregat merupakan campuran dari pasir, kerikil, batu pecah atau material lain yang berasal dari bahan material alami atau buatan. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat. Dengan demikian kualitas struktur perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2016).

Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan dan ukuran butirnya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*) dan batuan metamorfik (*metamorphic rock*).

Batuan beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, andesit, basalt, obsidian, pumice. Batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Batuan beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti gabboro, diorite, syenit.

Batuan sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dsb. Batuan metamorfik (*metamorphic rock*) adalah batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas batuan metamorf yang massif seperti marmer, kwarsit dan batuan metamorf yang berfoliasi, berlapur seperti batu sabat, filit, sekis.

Berdasarkan pengolahannya agregat dapat dibedakan atas agregat siap pakai dan agregat yang perlu diolah terlebih dahulu sebelum dipakai. Berdasarkan

ukuran butiran agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

Sifat dan bentuk agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga (Silvia Sukirman, 2016).

- a. Menambah Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*).
- b. Kemampuan dilapisi aspal yang baik,
- c. Kemampuan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

Agregat sebagai bahan pencampuran dalam konstruksi pembuatan jalan berfungsi untuk:

- a. Mempengaruhi nilai stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat dan untuk mengurangi rongga udara.
- b. Bentuk dari agregat dapat berpengaruh terhadap kemampuan kerja (*workability*) dari pada pemadatan juga campuran lapis perkerasan dan jenis perkerasan. Bentuk partikel juga mempengaruhi kekuatan dari suatu lapis perkerasan selama masa layanan.
- c. Mempengaruhi nilai kelenturan atau fleksibilitas yaitu kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar (konsolidasi atau *settlement*), tanpa terjadi retak

- d. Mempengaruhi nilai kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*) yaitu kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir terutama pada kondisi basah.

2.9 Pengujian Karakteristik Aspal

Pengujian Karakteristik dari modifikasi aspal polimer meliputi pengujian terhadap karakterisasi aspal, yang meliputi uji penetrasi, uji titik lembek, uji berat jenis, uji penurunan berat, dan uji penetrasi setelah penurunan berat dari aspal yang telah termodifikasi menurut SNI. Selain itu juga dilakukan pengujian sifat termal menggunakan Metode DTA dan Pengujian untuk mengetahui kinerja aspal dilakukan dengan metode pengujian Marshall.

2.9.1 Uji Penetrasi

Pengujian kekerasan aspal dilakukan dengan pengujian penetrasi. Yang dimaksud dengan penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu beban tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Jarum penetrasi yang digunakan berdiamater 1 mm dan beban 50 gr. Berat jarum dengan beban menjadi 100 gram. Pengujian dilakukan pada suhu 25OC.

Hasil Pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pekerjaan pengendalian mutu aspal keras atau ter dan untuk keperluan pembangunan atau pemeliharaan jalan. Pengujian penetrasi ini mengacu kepada SNI 06-2456-1991.

2.9.2 Uji Berat Jenis

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal padat dan berat air suling dengan ini yang sama pada suhu 25 oC atau 25,6 oC. Metode pengujian berat jenis aspal mengacu kepada SNI 06-2441-1991. Ruang lingkup metode

pengujian ini dilakukan terhadap semua aspal padat dan hasilnya dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran serta pengendalian mutu pengerasan jalan. Selain itu metode ini sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan berat jenis aspal dengan tujuan untuk menentukan berat jenis aspal padat.

2.10 Pengujian Marshall Test

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall yang dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi:

- a. Pengujian berat volume benda uji;
- b. Pengujian nilai stabilitas;
- c. Pengujian kelelahan (*flow*);
- d. Perhitungan Kuosien marshall;
- e. Perhitungan berbagai jenis volume rongga dalam beton aspal padat (VIM, VMA dan VFA)
- f. Perhitungan tebal selimut atau film aspal.

Dari keenam butir pengujian yang umum dilakukan untuk menentukan kinerja beton aspal, hanya nilai stabilitas dan flow yang ditentukan dengan menggunakan alat marshall, sedangkan parameter lainnya ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) dan *flowmeter*.

Uji Marshall dilakukan untuk berbagai tujuan antara lain:

- a. Sebagai bagian dalam proses perancangan campuran beton aspal;
- b. Sebagai bahan dalam sistem bagian penjaminan mutu;

c. Sebagai bagian dari penelitian karakterisasi beton aspal.

Proses pembuatan benda uji marshall dapat berbeda sesuai dengan tujuan mengapa uji marshall dilakukan. Oleh karena itu sebelum benda uji disiapkan perlu dipastikan tujuan pengujian dilakukan. Secara garis besar pengujian Marshall meliputi:

- a. Pembuatan benda uji;
- b. Pengujian berat jenis bulk;
- c. Pengujian nilai stabilitas dan flow; dan
- d. Perhitungan sifat volumetrik benda uji.

Tata cara dan Proses pelaksanaan pengujian marshall mengacu kepada SNI Nomor RSNI M-01-2003.

2.10.1 Berat Jenis

Beberapa perhitungan berat jenis aspal dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

1. Perhitungan *Bulk Specific Gravity Agregat*

Berat jenis bulk (*Bulk Specific Gravity*) adalah berat jenis agregat dengan menghitung berat agregat dalam *keadaan* kering dan seluruh volume agregat. Rianung (2007) merumuskan perhitungan *Bulk Specific Gravity Agregat* sebagai berikut:

$$Gsb = \frac{(P1+P2+P3+\dots+Pn)}{\frac{P1}{Bj\ agg\ P1} + \frac{P2}{Bj\ agg\ P2} + \frac{P3}{Bj\ agg\ P3} + \dots + \frac{Pn}{Bj\ agg\ Pn}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

Gsb = Berat jenis kering (*Bulk Specific Gravity*) Agregat

(P1+P2+P3) = Persentase Berat Agregat Campuran

Bj agregat P1 = Berat jenis agregat 1

Bj agregat P2 = Berat jenis agregat 2

Bj agregat P3 = Berat jenis agregat 3

2. Perhitungan *Effective Specific Gravity Agregat*

Berat jenis efektif (*Effective Specific Gravity*) adalah berat jenis agregat dengan menghitung berat agregat dalam keadaan kering. Perhitungan *Effective Specific Gravity Agregat* sebagai berikut (RSNI-M-01-2003)

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

Dimana:

Gse = berat jenis efektif agregat

Gmm = berat jenis maksimum campuran

Pmm = persen berat total campuran (=100)

Pb = kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum campuran

Gb = berat jenis aspal

3. Berat Jenis Maksimum Campuran Teoritis (*Max. Theoretical Specific Gravity*). Perhitungan berat jenis maksimum Agregat sebagai berikut (RSNI-M-01 2003):

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

Gmm = berat jenis maksimum

Pmm = persen berat terhadap total campuran (=100)

Ps = persen agregat terhadap total campuran

Gse = berat jenis efektif agregat

Gb = berat jenis aspal

P_b = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

2.10.2 Density (Berat Isi/Kepadatan)

Nilai density/kepadatan menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran density/kepadatan yang tinggi akan lebih mampu menahan beban yang lebih berat dibandingkan pada campuran yang mempunyai density/kepadatan rendah (Darunifah, 2007). Perhitungan Densitas (Berat Isi/Kepadatan) dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$Density = \frac{\text{berat sampel kering}}{\text{volume sampel}} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.10.3 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 lalulintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalulintas kendaraan ringan, tentu tidak memerlukan nilai stabilitas yang tinggi. Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban, untuk mendapatkan temperatur terpanas dilapangan, maka sebelum pemeriksaan benda uji dipanaskan terlebih dahulu selama 30 atau 40 menit dengan temperatur 60 oC didalam water bath.

2.10.4 Flow

Nilai flow dapat dibaca pada flowmeter dibaca pada nilai arloji pengukur proving ring dibaca pada saat keruntuhan, nilai flow digunakan untuk mengukur

deformasi yang terjadi akibat beban. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat Marshall, dan beban diberikan kepada benda uji dengan kecepatan 2 inci/menit atau 51 mm/menit. Beban pada saat keruntuhan dibaca pada arloji pengukuran pada proving ring. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukur dikalikan dengan kalibrasi proving ring dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian atau volume benda uji.

2.10.5 VIM (Void In the mix)

VIM (Void In the mix) adalah volume pori yang tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat aspal menjadi lunak/ mengembang akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal kurang kedap air, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas. Perhitungan Total Rongga dalam Campuran (VIM) adalah sebagai berikut (Sukirman, 2016):

$$VIM = \left(100x \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}\right) \% \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

VIM = volume rongga dalam beton aspal padat

G_{mm} = Berat jenis Maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G_{mb} = Berat jenis bulk dari beton aspal padat.

2.10.6 VFA (Void Filled with Asphalt)

VFA (Void Filled with Asphalt) adalah volume rongga yang dapat terisi oleh aspal. Volume rongga antar butir agregat beton aspal padat dikenal dengan VMA,

ada yang terisi aspal dan sisanya sebagai VIM. Volume terisi aspal dari VMA ini diberi nama VFA. Jadi VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk didalamnya aspal yang menyerap ke dalam pori masing masing butir agregat. Dengan demikian aspal yang mengisi VFA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal padat menjadi film atau selimut aspal. Rongga terisi Aspal, VFA (void filled with asphalt) dirumuskan sebagai berikut (Sukirman, 2016)

$$VFA = \frac{100x(VMA-VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

VFA = Volume rongga antara butir-butir agregat yang terisi aspal

VMA = Volume rongga antara butir agregat dalam beton aspal padat,

VIM = volume rongga dalam beton aspal padat.

2.10.7. VMA (Void in the Mineral Agregat)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total.

Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

- a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 - \frac{GmbxPs}{Gsb} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

VMA:Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total,
(%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pepadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat, (gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran, (%)

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \left(\frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100+Ps} \times 100 \right) \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

Gmb : Berat jenis campuran setelah pepadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis bulk agregat, (gr/cc)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran, (%)

2.10.8 . Marshall Quotient (MQ)

Hasil bagi Marshall/ Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{Ms}{Mf} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

MQ : Marshall Quotient, (kg/mm)

MS : Marshall Stability (kg)

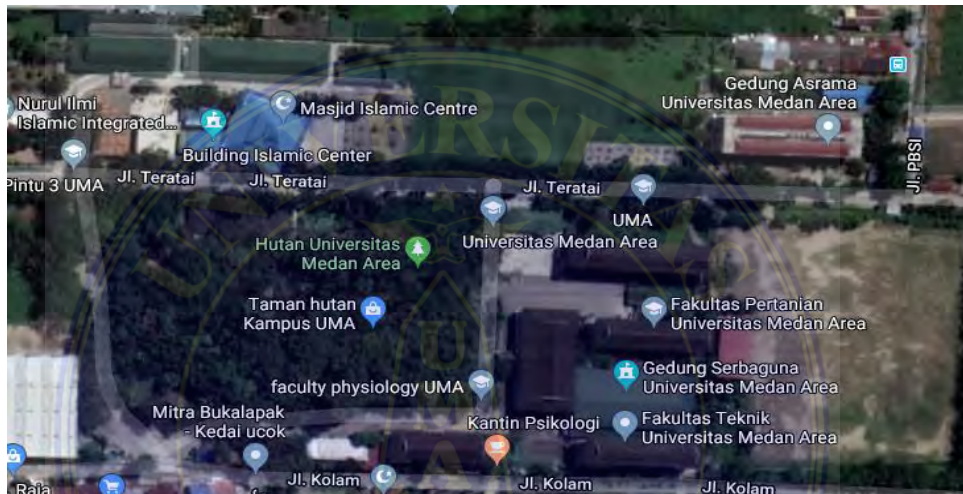
MF : Flow Marshall, (mm)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area untuk pengujian sifat fisik aspal persyaratan aspal dan pengujian Marshall.



Gambar 3.1 : Google Maps Jl. Kolam No.1 Medan

Sumber : Google Maps

3.2 Penyiapan Bahan Penelitian

Bahan untuk campuran beraspal panas yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

1. Aspal pen 60/70
2. Agregat : Batu pecah ukuran $\frac{3}{4}$ " (CA), $\frac{1}{2}$ " (MA) dan pasir.
3. Bahan pengisi (filler) yang digunakan adalah Abu ban bekas dan Fly Ash

3.3. Pengujian dan Persyaratan Bahan

Pengujian dan persyaratan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan SNI Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2010, Departemen Pekerjaan Umum.

3.3.1. Perencanaan Gradasi

Jenis campuran aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Dan spesifikasi gradasi agregat dengan besar butir maksimum 19 mm ($\frac{3}{4}$ ").

Jumlah campuran rencana yang digunakan dalam penelitian ini direncanakan campuran dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5% 6%, 6,5% dan 7% serta kadar filler 4% dan 6%.

3.3.2. Berat Jenis dan Penyerapan

Setelah semua penyaringan dilakukan maka langkah selanjutnya adalah mencari berat jenis dan penyerapan dari semua material yang telah dipersiapkan. Dengan cara mencuci terlebih dahulu masing-masing material, kemudian agregat direndam didalam air selama 24 jam. Setelah perendaman selesai masing-masing agregat batu ditimbang dalam air dengan menggunakan pan saringan yang digantung pada timbangan (neraca).

Setelah penimbangan batu selesai, material-material tersebut kemudian dilap, kemudian ditimbang lagi untuk menentukan berat basah jenuhnya. Sementara abu batu dan pasir di timbang dengan menggunakan labu ukur dengan cara :

1. Timbang labu berisi air hingga batas kalibrasi.

2. Tuang air yang ada di dalam labu dan keringkan hingga kering total.
3. Masukkan material sebanyak 500 gr ke dalam labu dan isi kembali labu dengan air.
4. Panaskan labu yang berisi air dan material diatas alat pendidih hingga mendidih.
5. Setelah mendidih kurang lebih sepuluh detik kemudian matikan alat.
6. Dinginkan hingga dingin total.
7. Isi air dengan batas kalibrasi kemudian ditimbang.
8. Tuang dan keringkan material hingga basah jenuh.
9. Timbang material untuk mendapat berat basah jenuh.
10. Setelah berat basah jenuh dari masing-masing material didapat, keringkan kembali material dengan menggunakan oven selama kurang lebih 24 jam supaya material tersebut kering total.

3.3.3. Peralatan Untuk Pembuatan Sampel

Peralatan yang diperlukan untuk pembuatan sampel benda uji adalah sebagai berikut :

1. Thermometer berlapis baja 10°C - 205°C, untuk menentukan temperatur agregat, asphalt dan campuran asphalt.
2. Neraca kapasitas 7 Kg dengan nilai akurasi sampai 1 Gr untuk menimbang agregat dan asphalt. Neraca kapasitas 1,6 Kg dengan nilai akurasi sampai 0,1 Gr untuk menimbang campuratan padat.
3. Neraca elektrik dengan akurasi 0,0001Gr untuk menimbang zat additive.
4. Pan dengan permukaan rata yang dipergunakan untuk menimbang agregat sebelum dilakukan pencampuran.

5. Wajan yang digunakan untuk tempat pencampuran agregat dengan asphalt cair.
6. Cetakan (mold) Dengan kapasitas 1200 Gr yang digunakan untuk cetakan dari campuran asphalt waktu penumbukan.
7. Kompor yang digunakan untuk memanaskan agregat dan asphalt sebelum dilakukan pencampuran dan untuk memanaskan campuran supaya suhu tetap terjaga sebelum dilakukan penumbukan.
8. Tandem elektrik yang digunakan untuk menumbuk campuran yang dilengkapi dengan beban seberat 4,5 kg dan dirancang sedemikian rupa supaya dapat memberikan beban tumbukan setinggi 457 mm.
9. Extruder yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan (mold).
10. Kain lap yang digunakan untuk membersihkan wajan yang telah dipakai untuk pencampuran.
11. Sendok pencampur yang digunakan untuk mencampur agregat dan asphalt panas sebelum dilakukan pencampuran.
12. Spatula terbuat dari stainless yang digunakan untuk membersihkan sendok dan mold dari sisa-sisa campuran asphalt yang tertinggal.
13. Cat dan kuas yang digunakan untuk menandai sampel percobaan

3.3.4. Tahap Pembuatan benda uji

Berikut langkah-langkah untuk proses pembuatan/penyiapan benda uji:

1. Agregat dikeringkan pada suhu 105 - 110°C sekurang kurangnya selama 4 jam di dalam oven. keluarkan dari alat pengering (oven) dan tunggu sampai beratnya tetap.

2. Agregat dipisahkan kedalam fraksi-fraksi yang dikehendaki (sesuai spek) dengan cara penyaringan.
3. Bahan disiapkan untuk benda uji yang diperlukan yaitu agregat sebanyak \pm 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-kira 6,25 cm.
4. Pencampuran agregat agar sesuai dengan gradasi yang diinginkan dilakukan dengan cara mengambil nilai tengah dari batas spek. Untuk memperoleh berat agregat yang diperlukan dari masing-masing fraksi untuk membuat satu benda uji adalah dengan mengalikan nilai tengah tersebut terhadap total berat agregat.
5. Panci pencampur beserta agregat dipanaskan kira-kira 28°C diatas suhu pencampuran untuk aspal padat, bila menggunakan aspal cair pemanasan sampai 14°C diatas suhu pencampuran.
6. Aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan dituangkan sebanyak yang dibutuhkan kedalam agregat yang sudah dipanaskan tersebut, kemudian aduklah dengan cepat, dengan tetap mempertahankan masih didalam rentang suhu pemadatan, sampai agregat terselimuti aspal secara merata.
7. Persiapkan alat untuk memadatkan dengan cara membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan cetakan sampai suhu antara $140\text{-}150^{\circ}\text{C}$.
8. Cetakan diletakkan diatas landasan pematat dan tahan dengan pemegang cetakan.
9. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan kedalam dasar dan atas cetakan.

10. Seluruh campuran dimasukkan kedalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran 15 kali di sekeliling pinggiran cetakan (mold) dan 10 kali dibagian tengah.
11. Alat pemadat disiapkan dan dilakukan pemadatan dengan menumbuk spesimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali untuk satu sisi cetakan (mold). untuk kepadatan mutlak dilakukan 400 tumbukan untuk satu sisi cetakan (mold).
12. Tumbukan dilakukan dengan tinggi jatuh 457,2 mm dan selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
13. Keping alas dilepaskan dan dinginkan sampai diperkirakan tidak akan terjadi perubahan bentuk jika benda uji dikeluarkan dari cetakan (mold). Proses pendinginan biasanya dilakukan sekitar 2-3 jam.
14. Keluarkan benda uji dengan menggunakan alat pengeluar (extruder).
15. Kemudian letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan di beri tanda pengenal serta biarkan selama kira-kira 24 jam pada temperatur ruang dan seterusnya dibuat sebanyak 72 benda uji dengan variasi kadar aspal : 4,5%, 5%,5,5%,6%,6,5%,7% yang masing-masing variasi kadar aspal dibuat 3 buah.

3.3.5 Kadar Aspal Rencana (Pb)

- a. Perkiraan pertama kadar aspal rencana (Pb) dari rumus :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K$$

Dimana :

$$Pb = \text{Kadar aspal rencana awal.}$$

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.8.

FA = Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No.200.

FF = Bahan pengisi (filler).

K = Nilai konstanta sekitar 0,50-1,0.

- b. Bulatkan nilai Pb ke 0,5 % terdekat.
- c. Buat benda uji dengan 3 kadar aspal diatas Pb dan 2 kadar aspal di bawah Pb dan dibuat contoh benda uji dengan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%.

3.4 Pengujian Campuran Beraspal

3.4.1. Uji Rendaman Marshall

Pengujian ini dilakukan untuk melihat ketahanan campuran terhadap pengaruh kerusakan air. Air pada campuran beraspal dapat mengakibatkan berkurangnya daya lekat aspal terhadap agregat sehingga dapat melemahkan ikatan antar agregat.

Pengujian dilakukan dengan membuat 20 sampel benda uji untuk campuran aspal berongga dan aspal normal, dengan kadar aspal 4%, 5%, 6% dan 7%. Perendaman sampel dilakukan selama 30 menit dengan suhu 60°C didalam penangas air (Waterbath). Selanjutnya membuat 6 sampel benda uji PRD untuk campuran aspal, dengan kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%. Perendaman sampel dilakukan selama 24 jam dengan suhu 60°C didalam penangas air (Waterbath) dan lakukan pengujian Marshall.

3.4.2. Pengujian Marshall

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran beraspal.

3.4.3. Pengujian sampel

3.4.3.1. Alat-alat yang digunakan untuk pengujian

1. Neraca dengan kapasitas 1600 gr yang digunakan untuk menimbang sampel kering, dalam air, dan dalam basah jenuh.
2. Bak berisi air untuk merendam sampel selama 24 jam sebelum dilakukan perendaman di dalam waterbath.
3. Waterbath yang digunakan untuk merendam sampel selama 30 menit setelah dilakukan perendaman selama 24 jam.
4. Alat uji Marshall yang digunakan untuk menentukan stabilitas (stability) terhadap kelelahan plastis (flow) dari masing-masing sampel.

3.4.3.2. Metode Pengujian Sampel

1. Setelah sampel dikeluarkan dari mold, sampel ditimbang dalam keadaan kering udara.
2. Rendam sampel di dalam bak berisi air selama 24 jam.
3. Timbang sampel di dalam air untuk mendapat kan isi.
4. Keringkan sampel dengan menggunakan kain lap hingga mencapai kering jenuh.
5. Timbang kembali sampel.
6. Setelah semua penimbangan selesai, sampel direndam di dalam alat penangas air (waterbath) dengan suhu 60°C selama 30 menit. Sebelum

melakukan pengujian bersihkan batang penuntun (guide rod) dan permukaan dalam dari batang penekan (test heads). Keluarkan benda uji dari penangas air (waterbath) dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan, pasang segmen atas diatas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.

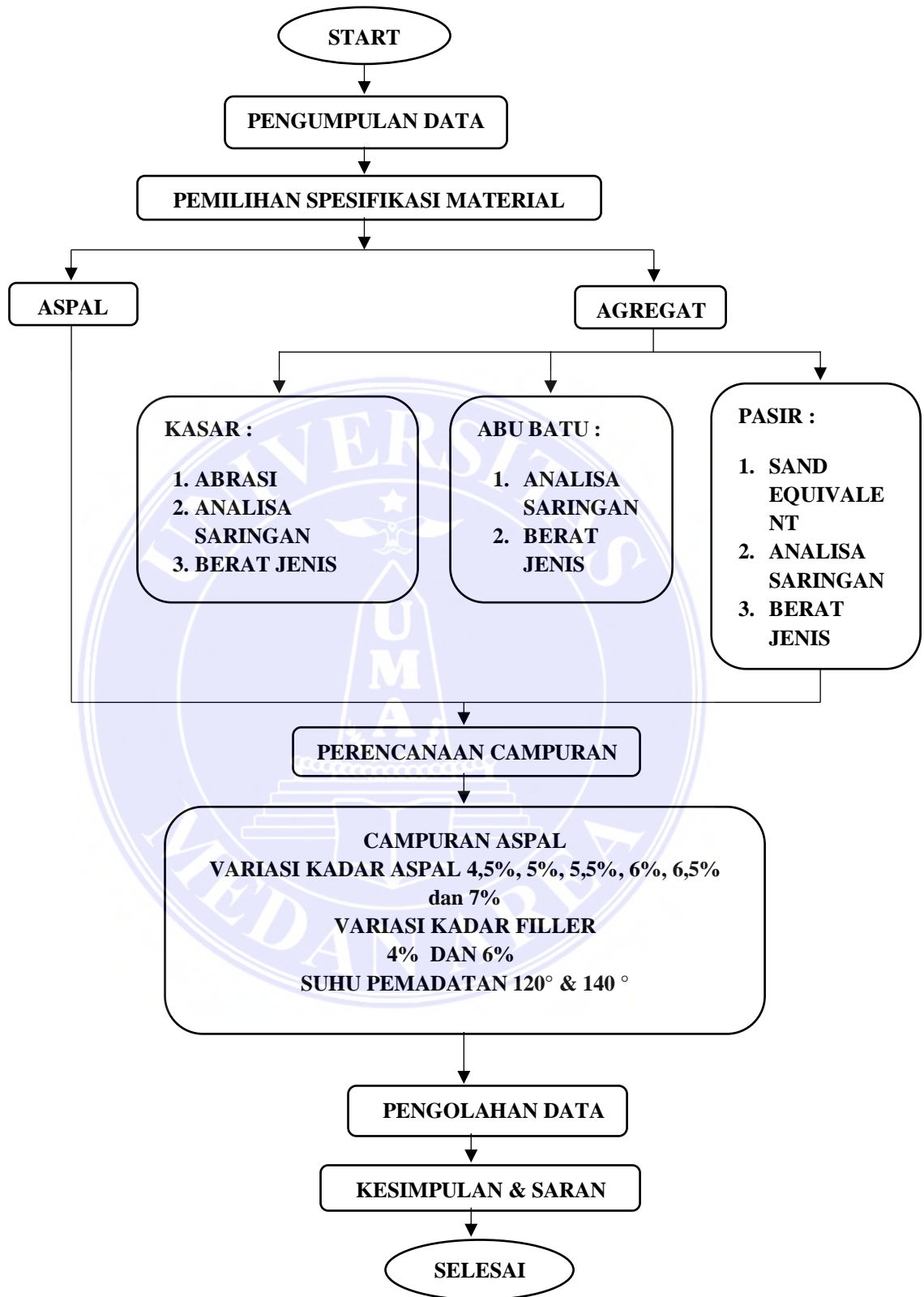
7. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji agar berada pada angka nol. Berikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm permenit sampai pembebanan maksimum tercapai dan catat pembebanan maksimum yang dicapai. Lepaskan selubung tangkai arloji kelelehan (sleeve) pada saat pembebanan maksimum tercapai dan catat nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji.
8. Setelah nilai stabilitas dan flow didapat, kemudian dihitung besarnya Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient), rongga diantara mineral agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), dan rongga terisi aspal (VFB). Selanjutnya digambarkan grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan masing-masing parameter Marshall yang telah dihitung sebelumnya. Selanjutnya adalah persiapan sampel untuk kondisi kepadatan mutlak, dengan membuat 3 benda uji tambahan untuk mendapat nilai VIM refusal.

3.5. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Nilai kadar aspal optimum yang akan digunakan diperoleh dari hasil grafik hubungan antara bulk density, stability, air void, void filleds, void mix in aggregate, flow, marshall quotient, dan kepadatan mutlak sehingga diketahui koridor grafik. Koridor tersebut dibagi menjadi dua sehingga diperoleh kadar aspal optimumnya.



3.6. Flow Chart Penelitian



Gambar 3.2. Flow Chart Penelitian

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, dengan menggunakan filler *fly ash* dan aspal menggunakan filler abu ban karet, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada campuran aspal AC-WC dengan variasi aspal yang berbeda, didapat kadar aspal optimum campuran aspal dengan filler *fly ash* sebesar 6,10% dan campuran aspal dengan filler abu ban karet sebesar 6,20%.
2. Pada variasi agregat yang berbeda dengan menggunakan kadar aspal optimum, Stability yang memenuhi karakteristik Marshall campuran perkerasan aspal menggunakan filler *fly ash* dengan nilai stabilitas mampu menahan beban roda lalu lintas sebesar 1022 kg pada kadar aspal 6,0% dan perkerasan aspal menggunakan filler abu ban bekas 1051 kg pada kadar aspal 6,0%.

Berdasarkan data hasil pengujian diatas maka disimpulkan bahwa campuran aspal menggunakan filler abu ban karet memiliki stabilitas yang lebih besar serta tergolong campuran aspal alami.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dalam skripsi ini, maka disarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Diperlukan ketelitian dalam melakukan perhitungan agar tidak mendapatkan hasil yang keliru.
2. Ikuti semua tahapan dalam membuat sampel aspal agar mendapatkan data yang akurat
3. Masih perlu dilakukan penelitian dengan memanfaatkan agregat-agregat yang berbeda, seperti besi-besi sisa, dengan memvariasikan agregat tersebut dengan campuran aspal.
4. Selalu mengutamakan keselamatan kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- Fadhilah, M. R.** (2018, 12 21). Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Kinerja Pengerjaan Jalan Raya (The Effect Of Using Crumb Rubber As A Fine Aggregate Replacement In Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Mix to . Dipetik 9 7, 2019, dari dspace.uui: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/12997>
- Hartanto, A., Sugiharto, I., Wulandari, P. S., Patmadjaja, H.** 2016. Analisa Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin dan Perbandingan Stabilitas Aspal Emulsi Dingin Dengan Laston. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Hary Christady Hardiyatmo.** 2019. Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah (Edisi 3). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ir. Djoko Untung Soedarsono.** 2019. *Konstruksi Jalan Raya*. Jakarta Selatan: Pekerjaan Umum.
- Ir. Soehartono.** 2020. Teknologi Aspal dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Yogyakarta: Andi.
- Ir. Sutoyo, M.Eng., SC.** 2020. Perancangan Campuran Beraspal. Jakarta: CV. Budi Utama.
- Materi Pekerjaan Umum.** 2017. Manual Perkerasan Jalan (Revisi 2017) Nomor 04/SE/Db/2017. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Mohammad, Dwi.** 2018. Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Dengan *Fly Ash* dan Serbuk batu bata. Lamongan : Universitas Islam Lamongan. Jurnal Civilla Vol 3 No 1 Maret 2018.
- Nyoman Arya Thanaya, G. R.** (2016, 12 2). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). Dipetik 10 15, 2019, dari Users: <file:///C:/Users/UTC/Downloads/12875-31735-1-PB.pdf>
- Oktaviastuti, Blima.** 2018. Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahan Tambah Campuran ATB (*Asphalt Treated Base*). Malang: Universitas Negeri Malang. Jurnal Reka Buana Volume 3 No 1.
- Permana Adi Irfansyah1), A. S.** (2017, 9 2). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton. Dipetik 8 23, 2019, dari Users: <file:///C:/Users/UTC/Downloads/36724-91670-1-PB.pdf>

Silvia Sukirman. 2016. Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Institut Teknologi Nasional.

Tim Pelaksana Pusat Kegiatan PISEW. 2020. Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jalan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Cipta Karya.

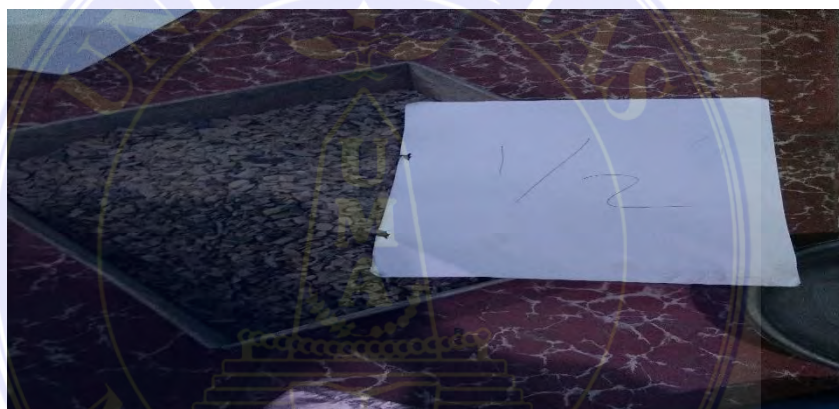


LAMPIRAN DOKUMENTASI

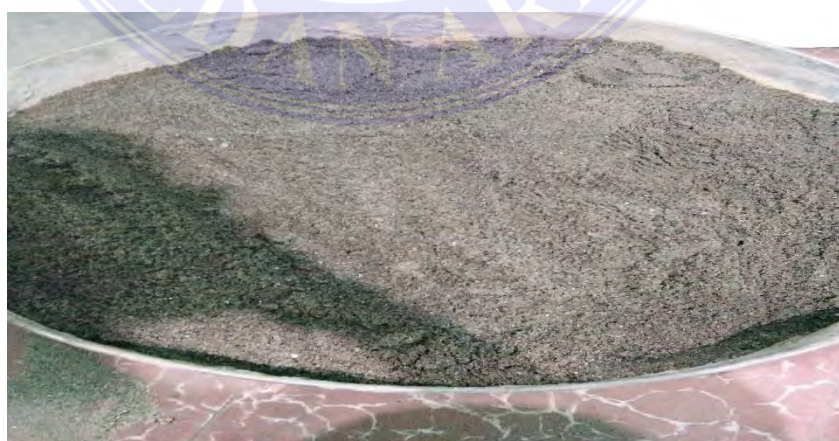
1. Penyiapan Bahan Penelitian



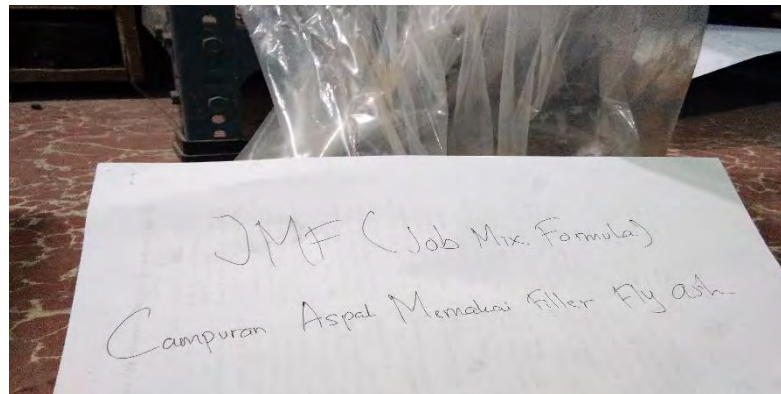
Batu Pecah $\frac{3}{4}$ (CA)



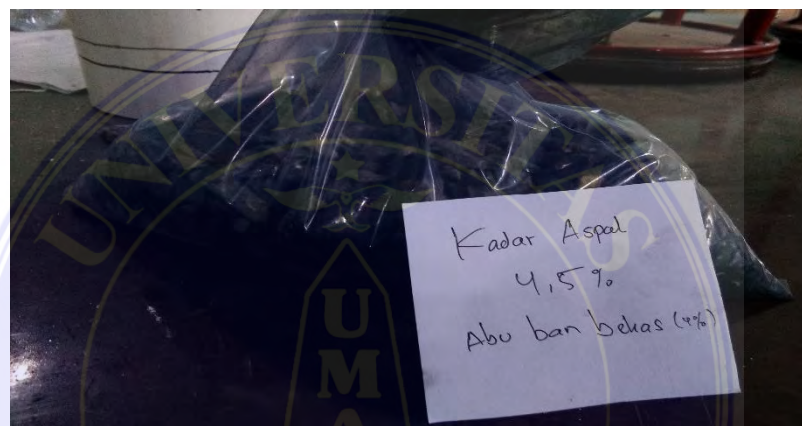
Batu Pecah $\frac{1}{2}$ (MA)



Pasir



Filler Fly Ash



Filler Abu Ban Bekas



Aspal

2. Penyaringan Agregat (*Los Angeles*)



3. Pengeringan



4. Penimbangan JMF



5. Pencampuran Benda Uji



6. Pemadatan Benda Uji

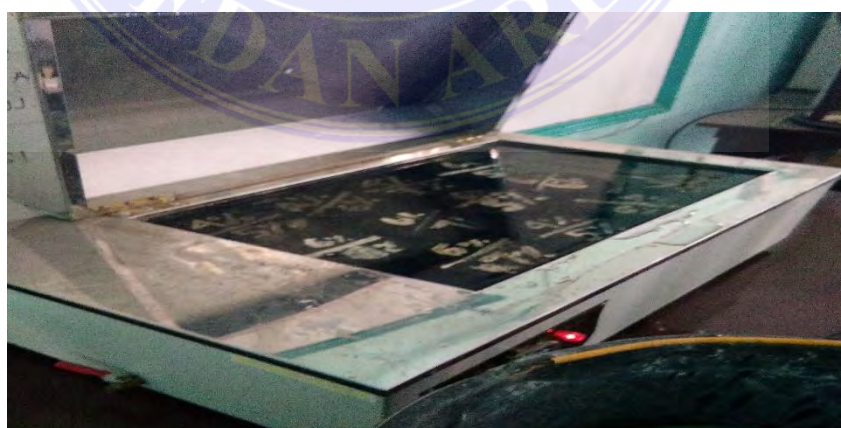


7. Penimbangan Sampel dan Pengukuran Sampel





8. Rendam Benda Uji



9. Uji Tes Marshall



10. Pengambilan Bahan

