

ARTIKEL ILMIAH

**ANALISIS KINERJA CAMPURAN AC – BC MENGGUNAKAN ASPAL
EKSTRAKSI ASBUTON YANG DIMODIFIKASI OLI BEKAS DAN HDPE**

*Performance Analysis of AC – BC Mixtures Using Asbuton Extraction Asphalt
Modified by Wask Engine Oil and HDPE*

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Gelar Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh :

Dita Yuniarti Agustin

F1A 019 045

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MATARAM**

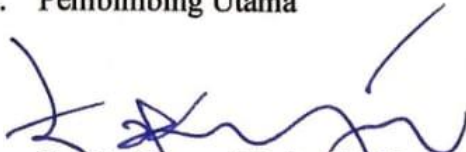
2023

ARTIKEL ILMIAH
ANALISIS KINERJA CAMPURAN AC – BC MENGGUNAKAN ASPAL
EKSTRAKSI ASBUTON YANG DIMODIFIKASI OLI BEKAS DAN HDPE

Oleh:
Dita Yuniarti Agustin
F1A019045

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

1. Pembimbing Utama


Dr. Ir. I Dewa Made Alit Karyawan, MT.
NIP. 19660718 199702 1 001

Tanggal : 10 November 2023

2. Pembimbing Pendamping



Rohani, ST., MT.
NIP. 19671231 199512 2 00 1

Tanggal : 10 November 2023

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Mataram



Hariyadi, ST., M.Sc.(Eng).. Dr.Eng .
NIP. 19731027 199802 1 00 1

ARTIKEL ILMIAH
ANALISIS KINERJA CAMPURAN AC – BC MENGGUNAKAN ASPAL
EKSTRAKSI ASBUTON YANG DIMODIFIKASI OLI BEKAS DAN
HDPE

Oleh:

Dita Yuniarti Agustin

F1A019045

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

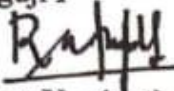
Pada tanggal 08 November 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat sarjana S-1

Jurusan Teknik Sipil

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Ratna Yuniarti, ST., M.Sc.(Eng).

NIP. 19680620 199412 2 00 1

Tanggal : 10 November 2023

2. Penguji II

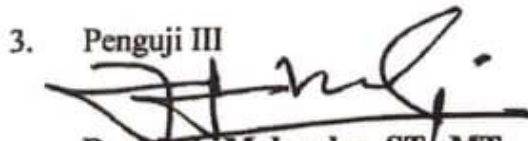


Desi Widianty, ST., MT.

NIP. 19710101 199802 2 00 1

Tanggal : 15 November 2023

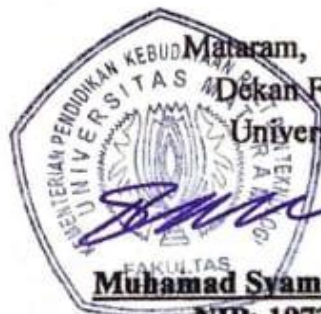
3. Penguji III



Dr. Made Mahendra, ST., MT.

NIP. 19660626 199412 1 00 1

Tanggal : 14 November 2023



Mataram, November 2023

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Mataram

Muhamad Syamsu Iqbal, S.T., M.T., Ph.D.

NIP: 19720222 199903 1 00 2

ANALISIS KINERJA CAMPURAN AC – BC MENGGUNAKAN ASPAL EKSTRAKSI ASBUTON YANG DIMODIFIKASI OLI BEKAS DAN HDPE

“Performance Analysis of AC – BC Mixtures Using Extraction Asphalt Modified by
Wask Engine Oil and HDPE”

Dita Yuniarti Agustin¹, I Dewa Made Alit Karyawan², Rohani²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

²Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62 Mataram

Email : dita.yuniarti.agustin@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan aspal di Indonesia hanya terpenuhi 600 ton dari kebutuhan 1,2 juta ton pertahun, sisanya masih diimpor dari berbagai negara. Sementara ketersediaan aspal minyak semakin terbatas dan harganya cenderung meningkat terus sejalan dengan harga minyak mentah dipasar dunia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut alternatif yang digunakan yaitu dengan menggunakan Asbuton sebagai pengganti aspal minyak.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik mekanis dan volumetrik campuran aspal menggunakan ekstrak Asbuton yang dimodifikasi Oli bekas dan HDPE. Selain itu, untuk mengetahui proporsi penggunaan aspal modifikasi yang menghasilkan kinerja terbaik. Dalam penelitian ini diperoleh KAO sebesar 6%, sedangkan variasi yang digunakan pada campuran antara aspal modifikasi (MO) dengan aspal minyak (MI) yaitu 0% MO : 100% MI, 25% MO : 75% MI, 50% MO : 50% MI, 75% MO : 25% MI, dan 100% MO : 0% MI. Kemudian dilakukan pengujian karakteristik *marshall* dengan perendaman 30 menit dan 24 jam.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu aspal modifikasi dapat meningkatkan nilai stabilitas, MQ, dan VIM. Sedangkan nilai *flow*, VMA dan VFB menurun. Untuk proporsi kinerja terbaik aspal modifikasi terdapat pada campuran aspal 50% MI : 50% MO.

Kata kunci : Aspal Minyak, Asbuton, Oli Bekas, HDPE, *Marshall Test*

1. Pendahuluan

Berdasarkan kebutuhan aspal 1,2 juta ton per tahun dari jumlah itu hanya 600.000 ton yang bisa disuplai Pertamina. Sisanya, masih harus diimpor dari berbagai negara, seperti China, Korea Selatan, Singapura, dan kawasan Timur Tengah (Pratama, 2022). Sementara ketersediaan aspal minyak semakin terbatas dan harganya cenderung meningkat terus sejalan dengan harga minyak mentah di pasar dunia. Untuk mengatasi permasalahan tersebut alternatif yang digunakan yaitu dengan menggunakan asbuton sebagai pengganti aspal minyak. Meskipun Asbuton dapat digunakan pada perkerasan jalan tetapi terdapat kekurangan yaitu tekstur yang keras sehingga harus dilunakkan terlebih dahulu. Proses ekstraksi Asbuton adalah proses yang memisahkan aspal dari mineral Asbuton.

Pemerintah Indonesia melalui PP No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), menyerukan tentang bahaya limbah bahan berbahaya dan beracun bagi lingkungan. Salah satu limbah B3 tersebut adalah oli bekas kendaraan

bermotor yang selama ini masih sedikit dimanfaatkan. Salah satu cara memanfaatkan kembali oli bekas yaitu sebagai bahan konstruksi jalan.

Salah satu cara untuk mengurangi kerusakan jalan adalah dengan meningkatkan kualitas aspal. Peningkatan kualitas aspal dapat dilakukan dengan penambahan bahan aditif seperti polimer, arang atau aspal modifikasi (Afriyanto, 2019). Plastik adalah suatu polimer (material sintetik buatan manusia) yang mudah dibentuk, dicetak, mempunyai sifat unik dan luar biasa.

Plastik yang digunakan sebagai bahan aditif yaitu plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE). HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Penggunaan polimer plastik sebagai bahan aditif juga dilakukan untuk mengurangi limbah plastik.

Berdasarkan permasalahan yang sudah diuraikan, maka perlu dilakukan upaya membuat alternatif aspal yang dapat digunakan untuk mengganti aspal minyak. Penelitian ini

dilakukan karena belum ada yang mengkaji analisis kinerja campuran AC – BC menggunakan aspal ekstraksi Asbuton yang dimodifikasi oli bekas dan HDPE. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu studi tentang analisis kinerja campuran AC – BC menggunakan aspal ekstraksi Asbuton yang dimodifikasi oli bekas dan HDPE.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui karakteristik mekanis campuran aspal menggunakan aspal ekstraksi Asbuton yang dimodifikasi dengan oli bekas dan limbah plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE)
- 2) Mengetahui karakteristik volumetrik campuran aspal menggunakan aspal ekstraksi Asbuton yang dimodifikasi dengan oli bekas dan limbah plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE)
- 3) Mengetahui proporsi penggunaan aspal modifikasi yang menghasilkan kinerja terbaik dari campuran aspal

2. Landasan Teori

Amri (2019), melakukan penelitian tentang studi perbandingan penggunaan aspal minyak dengan aspal Buton Lawele pada campuran *Aspal Concrete Base Course* (AC – BC), diperoleh hasil nilai stabilitas pada uji *marshall* aspal minyak dan Asbuton Lawele memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3). Tetapi pada campuran dengan bahan pengikat Asbuton Lawele memiliki kekurangan pada nilai kelelahan (*flow*) yang lebih tinggi dari aspal minyak, serta rongga dalam campuran melebihi ketentuan spesifikasi yang digunakan. Selain itu, daya lekat yang kurang terhadap agregat.

Eriyono dan Puspito (2019), melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan plastik *high density polyethylene* pada lapisan perkerasan aspal beton AC – BC, diperoleh hasil analisis stabilitas dengan campuran plastik HDPE lebih tinggi dibandingkan stabilitas aspal normal. Pada penelitian aspal pen 60/70 dengan campuran plastik 3% dan 6% terdapat peningkatan nilai stabilitas sebesar 200 sampai 250 kg, namun masih memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3). Untuk hasil parameter uji *marshall* yang lainnya juga masih memenuhi spesifikasi yang digunakan.

Sari dan Lubis (2019), melakukan penelitian tentang penggunaan daur ulang oli bekas sebagai bahan tambah terhadap karakteristik *marshall*, diperoleh hasil dengan bertambahnya variasi penambahan campuran oli bekas maka nilai stabilitas dan *flow* semakin meningkat. Pada variasi penambahan campuran oli bekas 1%, 2%, dan 3%, nilai stabilitas meningkat 2 sampai 3 kg. Untuk nilai *flow*

meningkat sebesar 0.04 mm sampai 0.05 mm. Nilai yang didapatkan dari hasil penelitian masih memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3).

Sumiati, dkk (2019), melakukan penelitian tentang perkerasan aspal beton (AC – BC) limbah plastik HDPE yang tahan terhadap cuaca ekstrem. Variasi plastik dalam penelitian yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Suhu perendaman yang digunakan 60° C, 70° C, 80° C selama 30 menit dan 60° C selama 24 jam. Diperoleh hasil, variasi plastik yang memenuhi karakteristik *marshall* pada spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3) yaitu variasi 2% - 4%, sedangkan untuk variasi 4% - 8% tidak memenuhi semua parameter uji pada spesifikasi yang digunakan.

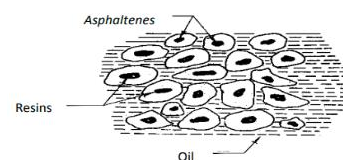
Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal (Laston) adalah lapisan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, yang dicampur dan dihamparkan dalam keadaan masih panas dan dipadatkan pada suhu tertentu. Menurut fungsi Laston (AC) ada tiga jenis campuran yaitu :

- 1) Laston sebagai lapisan aus yang dikenal dengan AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*), dengan ketebalan nominal minimal 4 cm.
- 2) Laston sebagai lapisan perantara, disebut AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan ketebalan nominal minimum sebesar 6cm.
- 3) Laston sebagai lapisan pondasi, disebut AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimal 7,5 cm.

Pengertian Aspal

Menurut Sukirman, S (2016), aspal merupakan zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam pekat atau gelap, berbentuk padat atau semi padat yang dapat diperoleh dari alam ataupun sebagai hasil produksi. Pada umumnya aspal digunakan sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan.



Gambar 1. Komposisi aspal
(Sumber : Sukirman, S., 2016)

Fungsi Aspal

Aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- 1) Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.

- 2) Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Jenis – Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1) Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang diperoleh di suatu tempat di alam yang dapat digunakan apa adanya atau dengan sedikit proses pengolahan. Ada beberapa aspal alam yang diperoleh dari pegunungan seperti aspal Pulau Buton yang dikenal dengan aspal Buton. Aspal Buton merupakan campuran antara bitumen dan bahan mineral lainnya yang berbentuk batuan.

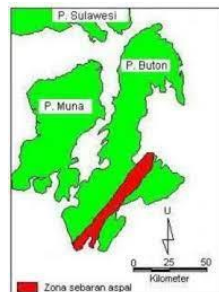
2) Aspal Buatan (Aspal Minyak)

Aspal minyak bumi adalah aspal yang merupakan residu dari penyulingan minyak bumi. Setiap jenis minyak dapat menghasilkan residu minyak mentah berbasis aspal mengandung banyak aspal, minyak mentah berbasah dasar parafin banyak mengandung parafin, atau minyak mentah dasar campuran yang mengandung campuran parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan raya, biasanya digunakan minyak mentah berbasis aspal minyak.

Aspal Asbuton

1) Lokasi Sumber Daya Asbuton

Aspal alam yang tersedia di pulau Buton mempunyai cadangan yang sangat besar, merupakan deposit aspal alam terbesar di dunia. Deposit aspal Buton terbesar dari teluk Sampolawa sampai dengan teluk Lawele, Kabupaten Buton sepanjang 75 km dengan lebar 12 km, ditambah wilayah Ereke yang termasuk wilayah kabupaten Muna, Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia.



Gambar 2. Zona sebaran endapan aspal di pulau Buton

(Sumber : Surianti, dkk., 2021)

2) Karakteristik Asbuton

Aspal buton terdiri dari kandungan aspal dan mineral. Pada prinsipnya, bitumen mengandung tiga komponen penting yang

mempengaruhi karakteristik bitumen tersebut, yaitu asphaltene, resin dan minyak. Jenis – Jenis Asbuton

a) Asbuton Butir

Jenis Asbuton berdasarkan besar butir dan kadar aspal tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Jenis asbuton butir yang sudah di produksi

Uraian	Jenis Asbuton/Merk Produksi					Satuan	
	Konv.*)	Halus.*)	Mikro.*)	BRA	BGA		LGA
Kadar aspal	13 – 20	20	25	20	20 – 25	20 – 40	%
Kadar air	>6	6	2	<2	<2	<2	%
Ukuran butir maks.	12.5	4.75	2.36	1.18	1.18	9	Mm
Kemasan	Curah	Ktg	Ktg	Krg	Krg	Krg	-

Sumber : Zangaji, 2023



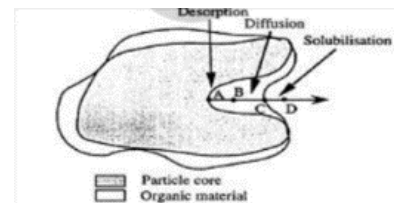
Gambar 3. Asbuton butir
(Sumber : PT. Summitama Intinusa)

b) Asbuton Pra Campur (*pre – blended*)

Asbuton pra campur (*pre-blended*) merupakan kombinasi Asbuton butir hasil refine Asbuton dengan kadar bitumen 60% sampai 90% dengan aspal minyak pen 60 dalam komposisi tertentu. Aspal jenis ini bisa disebut aspal minyak termodifikasi, sehingga bisa langsung digunakan dalam campuran untuk dicampur dengan agregat.

3) Ekstraksi Asbuton

Ekstraksi adalah metode yang digunakan untuk operasi yang melibatkan pemindahan senyawa dari suatu padatan atau cairan ke cairan lain yang berfungsi sebagai pelarut. Prinsip dasar ekstraksi didasarkan pada kelarutan. Untuk memisahkan zat terlarut yang diinginkan dari fase padat, fase padat dikontakkan dengan fase cair.



Gambar 4. Skema tahapan dalam proses ekstraksi padat – cair
(Sumber : Tamrin, 2016)

Oli Bekas

Di dalam limbah oli terkandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam dan korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Oleh karna itu, di butuhkan alternatif pengolahan atau pemanfaatan limbah

oli bekas agar dapat mengurangi pencemaran.

Plastik High Density Polyethylene (HDPE)

Sampah plastik merupakan sumber pencemaran lingkungan di seluruh dunia. Plastik bersifat fleksibel, ringan, lentur, tahan lembab, tahan lama, dan relatif murah. Karena kemudahannya tersebut, plastik tetap menjadi pilihan utama untuk berbagai jenis kemasan.

HDPE memiliki karakteristik bahan lebih kuat, lebih awet dan tahan terhadap suhu tinggi dan korosi. Contoh penggunaan plastik *High Density Polyethylene (HDPE)* terdapat pada kantong tissue, botol detergent, plastik anti panas, pipa plastik, dan sebagai dinding pelapis tahan korosi.



Gambar 5. Kode Plastik HDPE (Sumber : en.wikipedia.org)



Gambar 6. Plastik HDPE (Sumber : Dokumentasi 2023)

Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi antara oli bekas dan polimer jenis plastic *High Density Polyethylene (HDPE)* dengan aspal asbuton dikembangkan untuk menghasilkan ketahanan deformasi yang lebih baik, perbaikan retak dan peningkatan ketahanan terhadap kerusakan usia, yang memperpanjang umur struktur jalan dan dapat mengurangi biaya pemeliharaan atau perbaikan jalan. Persyaratan aspal yang dimodifikasi dengan aspal Buton lihat tabel 1.

Tabel 1. Persyaratan aspal modifikasi dengan aspal buton (Ditjen Bina Marga, 2010)

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Type I Aspal Pen 60/70	Type II Aspal yang di Modifikasi
1	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70	Min.50
2	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385 – 2000
3	Titik lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48	≥ 50
4	Daktilitas 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 100
5	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0	≥ 1,0

6	Loss on Heating (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8
---	---------------------	------------------	-------	-------

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010

Bahan Campuran

- 1) Agregat Kasar
- 2) Agregat Halus
- 3) *Filler* atau Bahan Pengisi

Volumetrik Campuran Aspal

Parameter volumetrik campuran aspal yang sudah dipadatkan terdiri dari :

- 1) Berat jenis bulk campuran padat (Gmb)
- Untuk berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Gmb = \frac{Wa}{Vbulk} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Gmb = Kerapatan campuran/berat jenis bulk campuran

Wa = Berat kering aspal / berat di udara

Vbulk = Volume padat benda uji

- 2) Kepadatan Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah ruang antara partikel agregat dalam campuran aspal yang dipadatkan dengan beton aspal efektif yang dinyatakan sebagai persentase dari volume total campuran. VMA dapat dihitung menggunakan rumus :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

VMA = Volume pori diantara agregat

Gmb = Berat jenis bulk campuran padat

Gsb = Berat jenis bulk agregat

Ps = Kadar agregat persen terhadap berat total dari campuran (%)

- 3) Rongga Terisi Aspal (VFB)

VFB adalah persentase ruang kosong yang ada di antara agregat VMA diisi dengan aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang terserap oleh agregat. VFB dapat dihitung menggunakan rumus :

$$VFB = \frac{(VMA - VIM) \times 100}{VMA} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

VFB = Volume pori diantara agregat yang terisi aspal

VMA = Volume pori diantara agregat

VIM = Volume pori didalam campuran aspal

- 4) Rongga dalam Campuran (VIM)

Void In Mix disebut juga dengan rongga dalam campuran, digunakan untuk mengetahui besar

kecilnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang tercipta ditentukan oleh

susunan partikel agregat dalam campuran serta heterogenitas bentuk agregat. VIM dapat dihitung menggunakan rumus :

$$VIM = 100 \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

VIM = Volume pori didalam campuran aspal

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran aspal (tanpa rongga)

5. Berat jenis

Berat jenis adalah perbandingan tanpa dimensi, yaitu perbandingan antara berat suatu benda dengan berat air yang volumenya sama dengan volume benda tersebut. Ada beberapa berat jenis agregat sebagai berikut :

- a. Berat Jenis Bulk (*Bulk Specific Gravity*)
- b. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)
- c. Berat Jenis Efektif (*Effective Specific Gravity*)
- d. Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal (G_{mm})

Karakteristik Mekanis Campuran Aspal

Parameter karakteristik mekanis terdiri dari :

a. Stabilitas

Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$S = p \times q \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

S = Angka stabilitas sesungguhnya

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

b. *Flow*

Seperti halnya mendapatkan nilai stabilitas seperti di atas. Nilai *flow* didasarkan pada nilai yang sesuai yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter) sehingga tidak diperlukan konversi lagi (Sudarman, 2020).

c. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil bagi stabilitas dengan kelelahan. Sifat *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = *Marshall Stability* (kg)

F = *Flow Marshall* (mm)

Uji Marshall Immersion

Marshall immersion adalah pengujian campuran beraspal untuk mengetahui perubahan

sifat-sifat campuran akibat perubahan air, cuaca dan temperatur. Prinsip uji *marshall immersion* hampir sama dengan uji *marshall*, perbedaan adalah pada lamanya waktu perendaman benda uji di *waterbath*.

$$\text{Indeks Kekuatan Sisa} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

S₁ = stabilitas setelah direndam 30 menit

S₂ = stabilitas setelah direndam 24 jam

3. Metode Penelitian

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian di lakukan pada bulan Juli sampai dengan Agustus 2023. Penelitian bulan Juli terdiri dari uji gradasi agregat, sedangkan pada bulan Agustus terdiri dari pembuatan sampel benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum, dan pembuatan sampel benda uji masing – masing variasi campuran aspal modifikasi. Tempat penelitian di Laboratorium Transportasi dan Rekayasa Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Sumber Pengumpulan Data

1) Data Skunder

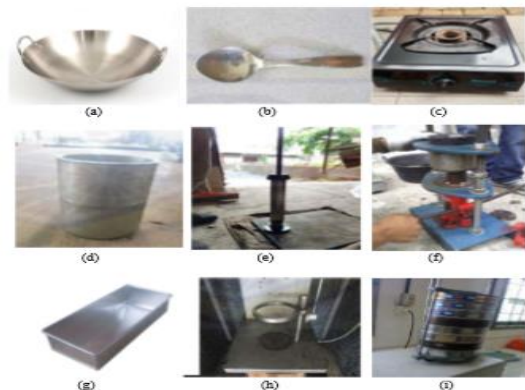
Data skunder meliputi data hasil pengujian karakteristik aspal modifikasi oli bekas dan HDPE, data hasil pengujian proporsi kadar aspal modifikasi oli bekas dan HDPE yang terbaik, spesifikasi umum Bina Marga dan studi literatur.

2) Data Primer

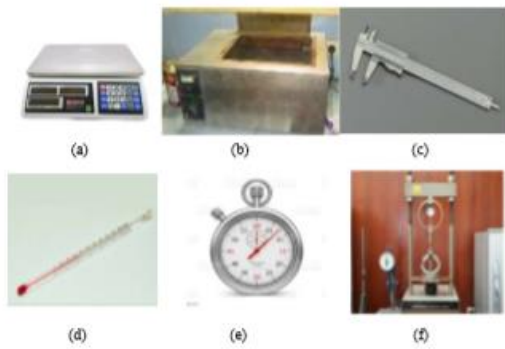
Data primer meliputi pemeriksaan bahan, kadar aspal optimum, pengujian *marshall test* perendaman 30 menit dan 24 jam.

Alat dan Bahan

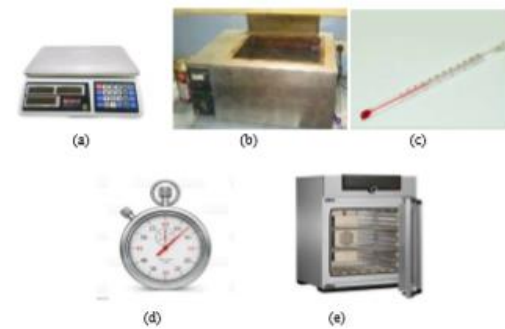
1) Alat



Gambar 8. Peralatan untuk membuat benda uji :(a) Kualii, (b) Sendok, (c) Kompom, (d) Cetakan benda uji, (e) Batang penumbuk, (f) *Ejektor*, (g) Kaelng seng, (h) Landasan pematat, (i) Saringan agregat.

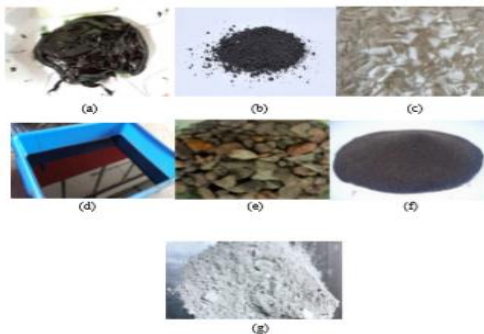


Gambar 9. Peralatan uji mekanis : (a) Timbangan, (b) Bak perendam, (c) Jangka sorong, (d), (e) *Stopwatch*, (f) Mesin tekan (*alat uji marshall*).



Gambar 3.3 Peralatan uji volumetrik : (a) Timbangan, (b) Bak perendam, (c) *Termometer*, (d) *Stopwatch*, (e) Oven.

2) Bahan



Gambar 10. Material yang digunakan : (a) Aspal minyak pen 60/70, (b) Asbuton, (c) Plastik HDPE, (d) Oli Bekas, (e) Agregat kasar, (f) Agregat halus, (g) *Filler* (*semen portland*).

Rancangan Penelitian

1) Persiapan

Pada tahap persiapan ini, hal-hal yang harus dilakukan adalah menyiapkan dan mengecek bahan serta alat-alat yang akan digunakan di Laboratorium Transportasi dan Rekayasa Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram.

2) Pengujian Material

a) Aspal pen 60/70 dan aspal modifikasi

Tabel 2. Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70	Tipe II Aspal yang di Modifikasi
1	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70	Min.50
2	Viskositas kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385 – 2000
3	Titik lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48	≥ 50
4	Daktilitas 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 100
5	Berat jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0	≥ 1,0
6	<i>Loss on Heating</i> (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8

Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010*

b) Agregat Kasar, agregat halus, dan *filler*

Tabel 3. Standar Pengujian dan Ketentuan Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat Jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat jenis semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990
3	Berat Jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat jenis semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1969-1990
4	<i>Los Angeles Test</i>	SNI 03-2417-2008

Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 divisi 6*

Pembuatan Benda Uji

1. Komposisi Campuran Aspal

Tabel 4. Komposisi Campuran Aspal

MO (%)		Agregat kasar + Agregat halus + <i>Filler</i>
(aspal ekstraksi Asbuton + 5% oli bekas + 6% HDPE)	MI (%)	
0	100	
25	75	
50	50	
75	25	
100	0	

Sumber : *Rencana Percobaan*

2. Jumlah Sampel Penelitian

Untuk penentuan kadar aspal optimum terdiri dari 15 sampel jumlah benda uji untuk masing – masing proporsi aspal modifikasi yaitu 15 sampel untuk pengujian tes *marshall* dan 15 sampel untuk *marshall imerssion*, sehingga total dari sampel penelitian yaitu sebanyak 45 sampel benda uji.

3. Penentuan Kadar Aspal Rencana Tabel 5. Tabel Perhitungan Pb

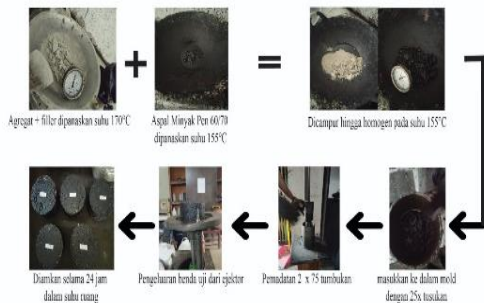
Ukuran ayakan (mm)	Nomor saringan	AC-BC	Nilai Tengah	Persentase lolos (%)	Persentase tertahan masing-masing saringan (%)
25	1"	100	100.0	100.0	0.0
19	3/4"	90 – 100	95	95	5.0
12.5	1/2"	75 – 90	83	83	12.0
9.5	3/8"	66 – 82	74	74	9.0
4.75	No. 4	46 – 64	55	55	19.0
2.36	No. 8	30 – 49	40	40	15.0
1.18	No. 16	18 – 38	28	28	12.0
0.6	No. 30	12 – 28	20	20	8.0
0.3	No. 50	7 – 20	14	14	6.0
0.15	No. 100	5 – 13	9	9	5.0
0.075	No. 200	4 – 8	6	6	3.0
Filler					6.0
Jumlah persentase tertahan masing-masing saringan (%)					100.0

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 (2020).

4. Penentuan Kadar Aspal Optimum Kadar aspal optimum (KAO) adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran.

Cara Pembuatan dan Pengujian

1. Pembuatan Benda Uji Untuk KAO



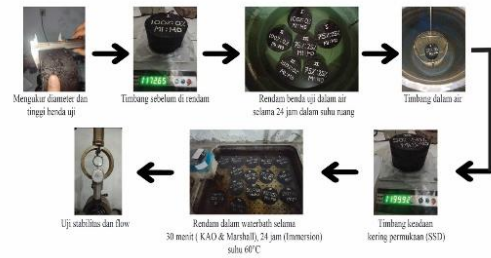
Gambar 11. Proses Pembuatan Benda Uji Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

2. Pembuatan Benda Uji Untuk Aspal Modifikasi



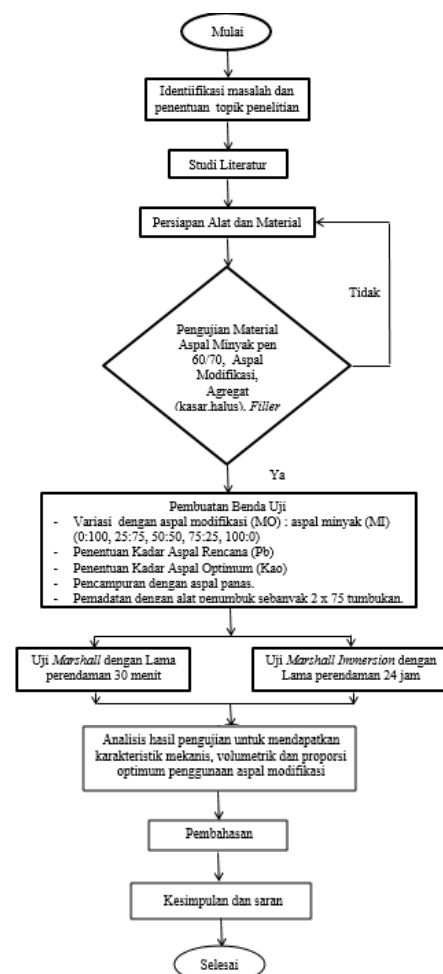
Gambar 12. Proses Pembuatan Benda Uji Untuk Aspal Modifikasi

3. Pengujian KAO, dan Marshall Perendaman 30 menit dan 24 jam



Gambar 13. Proses Pengujian KAO dan Marshall (perendaman 30 menit dan 24 jam)

Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 14. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil Penelitian

1. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Tabel 6. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Aspal Pen 60/70*	Spesifikasi**)
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	63,5	60 - 70
2	Titik Lembek °C	53	≥ 48
3	Titik Nyala °C	300	≥ 232
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	149,1	≥ 100
5	Berat Jenis	1,04	≥ 1,0
6	Kehilangan Berat Minyak, %	0,29	≤ 0,8

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

2. Hasil Pengujian Aspal Modifikasi

Tabel 7. Hasil Pengujian Aspal Modifikasi

No	Jenis Pengujian	Aspal Modifikasi*)	Spesifikasi**)
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	63,1	50 - 60
2	Titik Lembek °C	96	≥ 50
3	Titik Nyala °C	232	≥ 232
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	9,55	≥ 100
5	Berat Jenis	1,498	≥ 1,0
6	Kehilangan Berat, %	0,045	≤ 0,8

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

3. Hasil Pengujian Agregat dan Filler

Tabel 8. Hasil Pengujian Agregat dan Filler

No	Pengujian Agregat	Hasil*)	Spesifikasi**)
Agregat Kasar			
1	Berat Jenis Bulk	2,73	
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,78	≥ 2,5
3	Berat Jenis Semu	2,88	
4	Berat Jenis Efektif	2,8	
5	Keausan Impact (%)	20	< 30%
6	Penyerapan (%)	0,02	< 3%
Agregat Halus			
1	Berat Jenis Bulk	2,75	
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,83	≥ 2,5
3	Berat Jenis Semu	2,98	
4	Berat Jenis Efektif	2,87	
5	Penyerapan (%)	0,03	< 3%
Filler (Semen Portland Bosowa)			
1	Berat Jenis Bulk	2,3	
2	Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan	2,3	≥ 2,5
3	Berat Jenis Semu	2,31	
4	Berat Jenis Efektif	2,3	
5	Penyerapan (%)	0,06	< 3%

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

4. Penentuan Gradasi Campuran dan Kadar Aspal Rencana

Nilai kadar aspal rencana (Pb) dapat ditentukan sebagai berikut :

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

$$Pb = 0,035(45) + 0,045(49) + (0,18(6) + 0,75$$

$$Pb = 5,6\% \approx 6\% \text{ (hasil pembulatan)}$$

5. Perhitungan Kadar Aspal Optimum

Tabel 10. Rekapitulasi hasil perhitungan mekanis dan volumetrik

Parameter	Spesifikasi**)	Kadar Aspal(%)*				
		5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7%
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg	2305.146	2060.109	1672.599	1519.655	1368.206
Flow (mm)	2 - 4 mm	1.990	1.997	3.747	3.910	3.993
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm	1338.539	1152.677	459.829	394.809	341.301
VMA (%)	≥ 14%	14.445	14.660	14.774	14.789	14.908
VIM (%)	3 - 5 %	5.272	4.327	3.275	2.111	1.068
VFB (%)	≥ 65 %	63.631	70.801	78.262	85.984	92.868

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 11. Bar-chart penentuan kadar aspal optimum

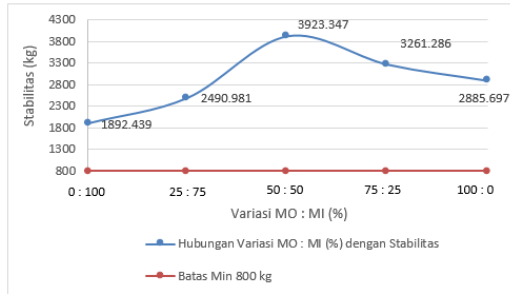
Parameter	Spesifikasi**)	Kadar Aspal (%)*				
		5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7%
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg					
Flow (mm)	2 - 4 mm					
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm					
VMA (%)	≥ 14%					
VIM (%)	3 - 5 %					
VFB (%)	≥ 65 %					

*) Sumber : Hasil Pengujian

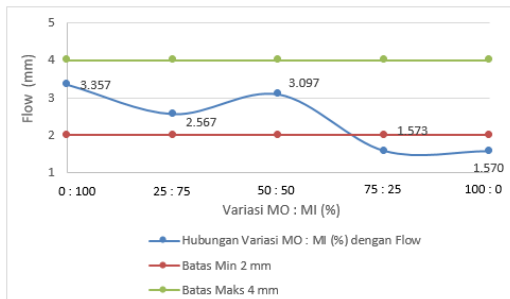
***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Pada barchart terlihat kadar aspal yang memenuhi semua standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu kadar aspal 6%. Sehingga pada penelitian ini menggunakan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6%.

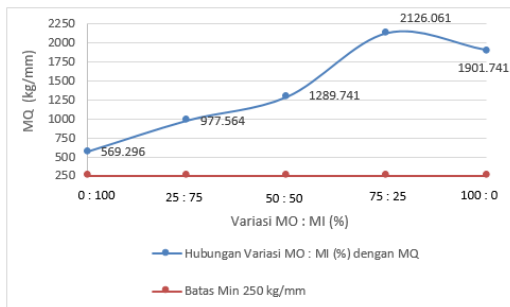
6. Hasil Pengujian *Marshall* Aspal Modifikasi Perendaman 30 menit
 Grafik hasil pengujian *marshall* aspal modifikasi sebagai berikut :



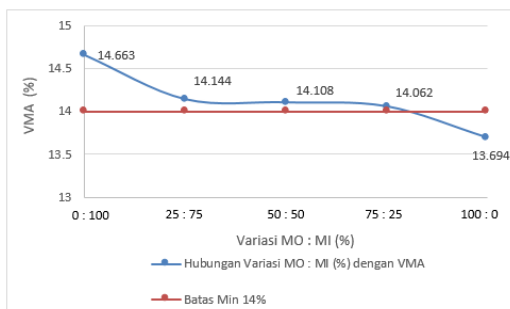
Gambar 16. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan Stabilitas



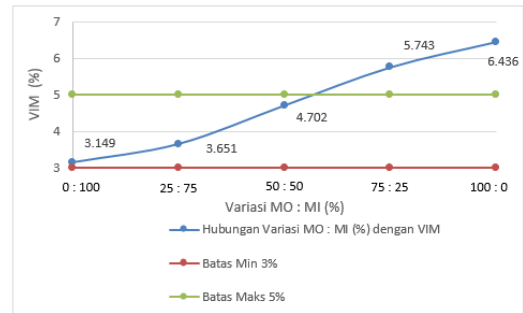
Gambar 17. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan Flow



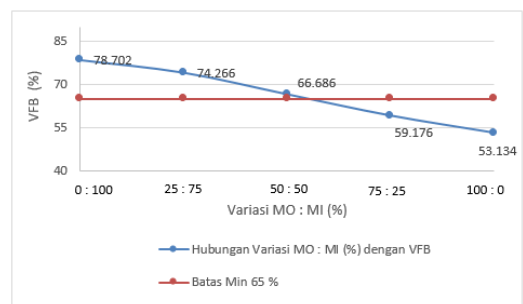
Gambar 18. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Marshall Quotient* (MQ)



Gambar 19. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Void In Mineral Agregat* (VMA)



Gambar 20. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Void In Mix* (VIM)



Grafik 21. Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Void Filled with Bitumen* (VFB)

Tabel 12. Rekapitulasi hasil perhitungan mekanis dan volumetrik

Parameter	Spesifikasi asi**	Variasi Aspal (%)*				
		100% MI : 0%MO	75% MI : 25%MO	50% MI : 50%MO	25% MI : 75%MO	0%MI : 100%MO
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg	1892.439	2490.981	3923.347	3261.286	2885.697
Flow (mm)	2 - 4 mm	3.357	2.567	3.097	1.573	1.570
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm	569.296	977.564	1289.741	2126.061	1901.741
VMA (%)	≥ 14%	14.663	14.144	14.108	14.062	13.694
VIM (%)	3 - 5 %	3.149	3.651	4.702	5.743	6.436
VFB (%)	≥ 65 %	78.702	74.266	66.686	59.176	53.134

*) Sumber : Hasil Pengujian

**) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 13. Bar-chart penentuan *marshall* perendaman 30 menit

Parameter	Spesifikasi**	Variasi Aspal (%)*				
		0% MO : 100% MI	25% MO : 75% MI	50% MO : 50% MI	75% MO : 25% MI	100% MO : 0% MI
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg					
Flow (mm)	2 - 4 mm					
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm					
VMA (%)	≥ 14%					
VIM (%)	3 - 5 %					
VFB (%)	≥ 65 %					

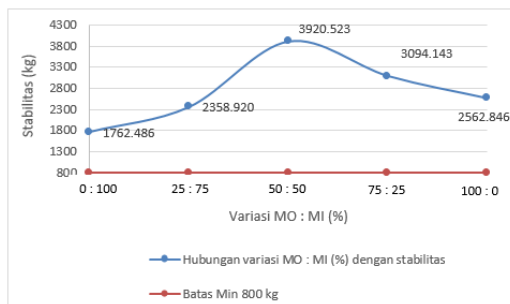
*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

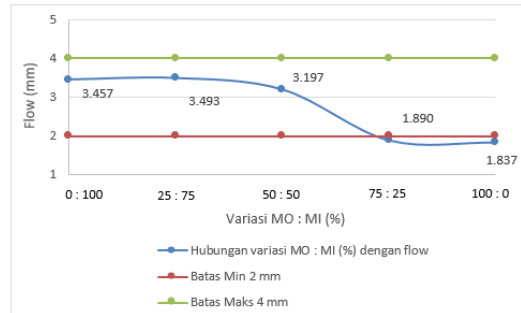
Pada barchart terlihat variasi aspal yang memenuhi semua standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu pada variasi aspal 0% MO : 100% MI, 25% MO : 75% MI dan 50% MO : 50% MI. Karena tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui proporsi penggunaan aspal modifikasi yang menghasilkan kinerja terbaik dari campuran aspal, maka proporsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 50% MO : 50% MI, karena semua parameter uji *marshall* memenuhi standar dari spesifikasi yang digunakan. Selain itu, karena memiliki nilai stabilitas tertinggi dibandingkan variasi aspal yang lain.

7. Hasil Pengujian *Marshall* Aspal Modifikasi Perendaman 24 Jam

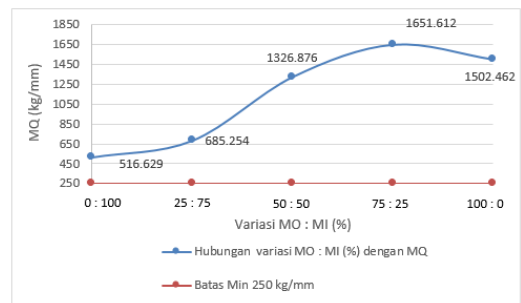
Grafik hasil pengujian *marshall* aspal modifikasi sebagai berikut :



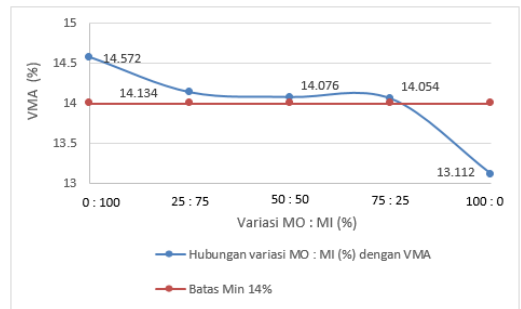
Gambar 22. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan Stabilitas



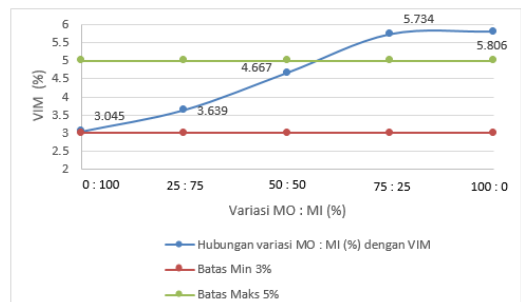
Gambar 23. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan Flow



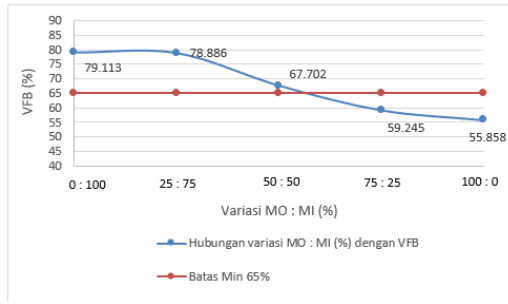
Gambar 24. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Marshall Quotient* (MQ)



Gambar 25. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Void In Mineral Agregat* (VMA)



Gambar 26. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan *Void In Mix* (VIM)



Gambar 27. Grafik Hubungan Variasi MO : MI (%) dengan Void Filled with Bitumen (VFB)

Tabel 14. Rekapitulasi hasil perhitungan mekanis dan volumetrik

Parameter	Spesifikasi**	Variasi Aspal (%)*				
		100% MO : 0%MI	75% MO : 25%MI	50% MO : 50%MI	25% MO : 75%MI	0%MO : 100%MI
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg	1762.486	2358.920	3920.523	3094.143	2562.846
Flow (mm)	2 - 4 mm	3.457	3.493	3.197	1.890	1.837
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm	516.629	685.254	1326.876	1651.612	1502.462
VMA (%)	≥ 14%	14.572	14.134	14.076	14.054	13.112
VIM (%)	3 - 5 %	3.045	3.639	4.667	5.734	5.806
VFB (%)	≥ 65 %	79.113	78.886	67.702	59.245	55.858

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Tabel 15. Bar-chart penentuan marshall perendaman 24 jam

Parameter	Spesifikasi**	Variasi Aspal (%)*				
		0% MO : 100%MI	25% MO : 75%MI	50% MO : 50%MI	75% MO : 25%MI	100% MO : 0%MI
Stabilitas (Kg)	≥ 800 Kg					
Flow (mm)	2 - 4 mm					
MQ (Kg/mm)	≥ 250 Kg/mm					
VMA (%)	≥ 14%					
VIM (%)	3 - 5 %					
VFB (%)	≥ 65 %					

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Pada bar chart terlihat variasi aspal yang memenuhi semua standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu pada variasi aspal 0% MO : 100% MI, 25% MO : 75% MI dan 50% MO : 50% MI. Karena tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui proporsi penggunaan aspal modifikasi yang menghasilkan kinerja terbaik dari campuran aspal, maka

proporsi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 50% MO : 50% MI, karena semua parameter uji marshall memenuhi standar dari spesifikasi yang digunakan. Selain itu, karena memiliki nilai stabilitas tertinggi dibandingkan variasi aspal yang lain.

Indeks Kekuatan Sisa

Setelah diketahui nilai marshall standard dan marshall immersion selanjutnya dihitung nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk mengetahui durabilitas lapisan perkerasan. Untuk nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dapat dilihat pada tabel 18.

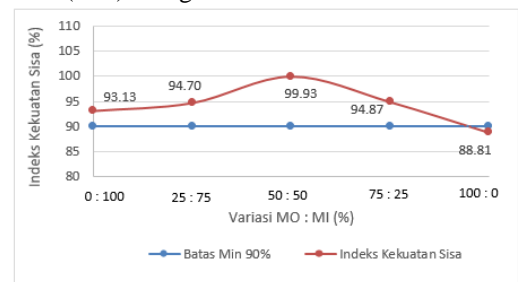
Tabel 18. Hasil Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

No	Kode	KAO	Stabilitas min 800 Kg		Indeks Kekuatan Sisa	Spesifikasi**
			Marshall Standard*	Marshall Immersion*		
1	(0% MO : 100% MI)	6	1892.44	1762.49	93.13	
2	(25% MO : 75% MI)	6	2490.98	2358.92	94.70	
3	(50% MO : 50% MI)	6	3923.35	3920.52	99.93	≥ 90%
4	(75% MO : 25% MI)	6	3261.29	3094.14	94.87	
5	(100% MO : 0% MI)	6	2885.70	2562.85	88.81	

*) Sumber : Hasil Pengujian

***) Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020)

Dari tabel 18 didapatkan grafik Indeks Kekuatan Sisa (IKS) sebagai berikut.



Gambar 28. Grafik Indeks Kekuatan Sisa Berdasarkan Gambar 4.21 nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu pada variasi aspal 0% MO : 100% MI, 25% MO : 75% MI, 50% MO : 50% MI dan 75% MO : 25% MI, sedangkan pada variasi aspal 100% MO : 0% MI tidak memenuhi spesifikasi yang digunakan. Untuk Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi terdapat pada variasi aspal 50% MO : 50% MI.

Pembahasan

Karakteristik Mekanis Campuran Aspal Minyak dan Aspal Modifikasi

Stabilitas, semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal terjadi peningkatan nilai stabilitas, namun terjadi penurunan nilai stabilitas jika sudah diatas variasi 50% MO : 50% MI. Peningkatan nilai stabilitas terjadi karena pengaruh aspal ekstraksi Asbuton yang memiliki sifat fisik yang lebih keras dibandingkan aspal minyak, plastik HDPE

yang memiliki kerapatan yang tinggi sehingga membuat aspal menjadi lebih keras dan Oli bekas sebagai peremaja pada aspal modifikasi, sehingga banyaknya persentase aspal modifikasi pada campuran aspal membuat lapisan perkerasan lebih keras dan kaku dibandingkan aspal minyak. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai stabilitas pada aspal modifikasi (MO) yaitu sebanyak 993,26 kg pada perendaman 30 menit dan 800,36 kg pada perendaman 24 jam. Sehingga penggunaan aspal modifikasi pada campuran aspal memberikan peningkatan nilai stabilitas yang sangat signifikan, hal ini dapat meningkatkan kekuatan dari aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan, sehingga penggunaan aspal modifikasi pada campuran aspal dapat memperbaiki stabilitas lapis perkerasan.

Flow, semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal terjadi penurunan nilai kelelahan (*flow*). Sedangkan semakin banyak persentase aspal minyak pada campuran nilai *flow* semakin meningkat. Nilai *flow* tertinggi terdapat pada variasi aspal 0% MO : 100% MI. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai *flow* pada aspal minyak (MI) yaitu 1.787 mm pada perendaman 30 menit dan 1.62 mm pada perendaman 24 jam. Nilai *flow* tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) pada variasi aspal 75% MO : 25% MO dan 100% MO : 0% MI. Menurunnya nilai *flow* pada campuran aspal karena pengaruh aspal ekstraksi Asbuton pada aspal modifikasi, dimana Asbuton meningkatkan stabilitas dan menurunkan kelelahan (*flow*) karena sifat fisiknya yang lebih keras dibandingkan aspal minyak.

Marshall Quotient (MQ), semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal terjadi peningkatan nilai *Marshall Quotient* (MQ). Nilai *Marshall Quotient* (MQ) tertinggi terdapat pada variasi aspal 75% MO : 25% MI. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai *Marshall Quotient* (MQ) pada aspal modifikasi (MO) yaitu sebanyak 1332.445 kg/mm pada perendaman 30 menit dan 985.833 kg/mm pada perendaman 24 jam. Meningkatnya nilai *Marshall Quotient* (MQ) disebabkan karena nilai stabilitas yang meningkat sedangkan nilai *flow* menurun, semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal, maka nilai *Marshall Quotient* (MQ) semakin tinggi yang menandakan campuran bersifat kaku. Sedangkan semakin banyak persentase aspal minyak pada campuran aspal, nilai *Marshall Quotient* (MQ) menurun

yang menandakan campuran bersifat plastis.

Karakteristik Volumetrik Campuran Aspal Minyak dan Aspal Modifikasi

Void In Mineral Agregat (VMA), semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal terjadi penurunan nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA). Nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA) tertinggi terdapat pada variasi aspal 0% MO : 100% MI. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA) pada aspal minyak (MI) yaitu 0.969% pada perendaman 30 menit dan 1.46% pada perendaman 24 jam. Nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA) tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) pada variasi aspal 100% MO : 0% MI. Aspal minyak memiliki nilai *Void In Mineral Agregat* (VMA) lebih tinggi karena kemampuan mengisi rongga antar agregat lebih baik dibandingkan aspal modifikasi. Semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal membuat rongga antar agregat besar dan kurangnya partikel aspal yang menyelimuti agregat dan membuat selimut aspal yang tipis.

Void In Mix (VIM), semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal terjadi peningkatan nilai *Void In Mix* (VIM). Nilai *Void In Mix* (VIM) tertinggi yang masih memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) yaitu pada variasi aspal 50% MO : 50% MI. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai *Void In Mix* (VIM) pada aspal modifikasi (MO) yaitu 3.287% pada perendaman 30 menit dan 2.761% pada perendaman 24 jam. Nilai *Void In Mix* (VIM) tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) pada variasi aspal 75% MO : 25% MI dan 100% MO : 0% MI. Peningkatan nilai *Void In Mix* (VIM) membuat sedikitnya volume aspal yang menutupi rongga – rongga dalam campuran. Menurut PUPR (1986), hal ini disebabkan oleh pengaruh aspal ekstraksi Asbuton yang terdapat di aspal modifikasi yang memiliki daya lekat lambat atau tidak sama sekali karena sifat fisik bitumen yang keras dan sedikitnya kandungan *maltene* sebagai peremaja aspal. Sedangkan aspal minyak memiliki daya lekat yang baik karena memiliki kandungan *maltene* yang lebih banyak dibandingkan Asbuton. Jika nilai *Void In Mix* (VIM) semakin tinggi, maka aspal akan bersifat *porous* (mudah keropos) memudahkan air dan udara masuk ke lapisan aspal dan terjadi penuaan aspal.

Filled with Bitumen (VFB), semakin banyak persentase aspal modifikasi pada campuran aspal nilai *Void Filled with Bitumen*

(VFB) semakin menurun. Nilai *Filled with Bitumen* (VFB) tertinggi terdapat pada variasi aspal 0% MO : 100% MI. Pada penggunaan 100% MO dan 100% MI terdapat selisih lebih tinggi nilai *Filled with Bitumen* (VFB) pada aspal minyak yaitu 25.568% pada perendaman 30 menit dan 23.255% pada perendaman 24 jam. Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) pada variasi aspal 75% MO : 25% MI dan 100% MO : 0% MI. Menurut PUPR (1986), hal ini disebabkan oleh pengaruh aspal ekstraksi Asbuton yang terdapat di aspal modifikasi yang memiliki daya lekat lambat atau tidak sama sekali karena sifat fisik bitumen yang keras dan sedikitnya kandungan *maltene* sebagai peremaja aspal. Sedangkan aspal minyak memiliki daya lekat yang baik karena memiliki kandungan *maltene* yang lebih banyak dibandingkan Asbuton. Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) semakin menurun membuat kedekatan terhadap air menurun dan sedikit rongga yang terisi aspal, membuat campuran aspal mudah retak dan mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

Proporsi Aspal Modifikasi yang Menghasilkan Kinerja Terbaik

Berdasarkan hasil penelitian dari uji *marshall* baik perendaman 30 menit maupun 24 jam, nilai stabilitas tertinggi yaitu pada persentase 50% MO : 50% MI. Campuran 50% MO : 50% MI juga memiliki nilai karakteristik mekanis dan volumetrik yang memenuhi semua standar dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020). Selain itu, pemilihan proporsi 50% MO : 50% MI karena memiliki Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi dibandingkan variasi aspal modifikasi yang lainnya sehingga campuran 50% MO : 50% MI memiliki kemampuan durabilitas yang tinggi dan keawetan perkerasan lebih baik dibandingkan variasi campuran aspal lainnya.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisa data yang sudah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik mekanis pada stabilitas dan MQ, semua variasi aspal yang digunakan memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sedangkan *flow* pada variasi 75% MO : 25% MI dan 100% MO : 0% MI tidak memenuhi standar spesifikasi yang digunakan.
2. Karakteristik volumetrik pada campuran aspal 0% MO: 100% MI, 25% MO : 75%

MI, dan 50% MO : 50% MI memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 (2020) untuk nilai VMA, VIM, DAN VFB. Sedangkan pada variasi 75% MO : 25% MI hanya memenuhi karakteristik VMA, untuk variasi 100% MO : 0% MI tidak ada yang memenuhi karakteristik volumetrik.

3. Proporsi penggunaan aspal modifikasi yang menghasilkan kinerja terbaik dari campuran aspal yaitu terdapat pada variasi 50 % MO : 50% MI.

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisa data yang sudah dilakukan, maka saran yang didapatkan sebagai berikut :

Pada penelitian selanjutnya agar tidak menggunakan interval 75% MO : 25% MI sampai interval 100% MO : 0% MI karena sebagian besar tidak memenuhi karakteristik mekanis dan karakteristik volumetrik sesuai standar Bina Marga.

Daftar Pustaka

- Amri, F.A. (2019). Studi Perbandingan Penggunaan Aspal Minyak dengan Aspal Beton Lawele pada Campuran Aspal Concrete Base Course (AC – BC) Menggunakan Metode Marshall Test. *Radial – Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi Sekolah Tinggi Teknik (STITEK) Bina Taruna Gorontalo*. 4(2), 181 - 190. <https://doi.org/10.37971/radial.v4i2.137>
- Anonim. (2010). Spesifikasi Umum 2010 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 3). Jakarta : Ditjen Bina Marga.
- Anonim. (2020). Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta : Ditjen Bina Marga.
- Anonim. (2003). Pengkajian Spesifikasi dan Kinerja Asbuton Campuran Hangat dan Panas. Jakarta : PUPR.
- Anonim. (1986). Tinjauan Terhadap Produk Asbuton dan Penggunaannya Dewasa Ini. Jakarta : Ditjen Bina Marga
- Eryono, R.W., dan Puspito, I.H. (2019). Pengaruh Penambahan Plastik *High Density Polyethylene* Pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC – BC.

J.Infras. 3 (2), 115 – 126.

Kasan, M. (2009). Studi Karakteristik Volumetrik Campuran Beton Daur Ulang. *SMARTek*. 7(3), 154.

Sumiati, dkk. (2019). Perkerasan Aspal Beton (AC – BC) Limbah Plastik HDPE yang Tahan Terhadap Cuaca Ekstrem. *Contruccion and Material Journal*. 1(1), 1 – 11.

<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/cmj>

Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung : Nova.

Zangaji, I. (2023). Pengaruh Penambahan Oli Bekas Pada Aspal CPHMA Dengan Variasi Perendaman. [Skripsi, Universitas Bosowa Makassar]. Repositori Universitas Bosowa Makassar.