

SKRIPSI

**ANALISIS DURABILITAS DAN PENUAAN ASBUTON PRACAMPUR
DENGAN VARIASI LAMA PERENDAMAN**



Disusun Oleh:

SUCI WAHYUNI

D0119371

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

MAJENE

2023

ABSTRAK

ANALISIS DURABILITAS DAN PENUAAN ASBUTON PRACAMPUR DENGAN VARIASI LAMA PERENDAMAN

Suci Wahyuni

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

Suciwahyuni9580@gmail.com

Permasalahan mendasar pada konstruksi jalan adalah kerusakan jalan sebelum umur rencana tercapai, faktor penyebab kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh pengaruh cuaca dan air sehingga menyebabkan penuaan aspal dan keawetan (Durability) perkerasan jalan jadi rusak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui Durabilitas dan Penuaan Aspal Buton (ASBUTON) Pracampur dengan Variasi Lama Rendaman dengan melakukan eksperimental yang dilakukan di laboratorium melalui pengujian Marshall Test dengan acuan spesifikasi umum bina marga 2018 revisi 2. Pembuatan benda uji Short- Tern Oven Aging (STOA) dilakukan dengan memanaskan benda uji dalam keadaan lepas dengan suhu 135°C selama 4 jam sebelum pemadatan, sedangkan pembuatan benda uji Long- Tern Oven Aging (LTOA) dilakukan dengan memanaskan benda uji selama 2 hari pada suhu 85°C setelah benda uji dipadatkan. Parameter durabilitas campuran AC-WC diamati dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa, Hasil uji durabilitas untuk benda uji Normal, STOA, dan LTOA pada variasi lama rendaman mulai dari 72 jam, 96 jam dan 120 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa pada benda uji STOA pada waktu perendaman 72 dan 96 jam sebesar 99,32% dan nilai persen stabilitas marshall pada waktu perendaman 120 jam sebesar 96,00%. sehingga masih memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 sebesar 90 %.

Kata kunci: Durabilitas, Penuaan, Asbuton Pracampur

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pemerintah dalam beberapa tahun ini menggalakkan penggunaan komponen dalam negeri yaitu sektor konstruksi perkerasan lentur dengan menggunakan Aspal Buton (Asbuton) (Indonesia Co. Id). Penggunaan Asbuton yang juga sejalan dengan salah satu hasil rapat kerja Menteri Pekerjaan Umum dengan DPR RI tentang pemanfaatan Asbuton dan diperkuat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2018. Aspal Buton (Asbuton) adalah aspal alam yang terkandung di dalamnya deposit batuan yang terdapat di pulau Buton serta sekitarnya. Dengan jumlah deposit Asbuton yang mencapai 650 juta ton (Kafabihi Afwan, 2020). Oleh Karena itu, Aspal Buton dapat dijadikan salah satu alternatif sumber daya alam yang bisa diandalkan pada sektor perkerasan lentur khususnya dalam kebutuhan prasarana transportasi darat yang akan datang, namun dalam penggunaan Aspal Buton belum terlalu maksimal baik dari segi kualitas dan kuantitasnya.

Jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan jalan sebelum mencapai umur rencana terutama pada lapisan AC-WC, faktor yang mempengaruhi kerusakan jalan lebih dini akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang over loading, temperatur (cuaca), air dan konstruksi jalan yang tidak memenuhi persyaratan teknis. Sebagai upaya dalam meningkatkan kinerja perkerasan jalan yang menggunakan aspal konvensional atau aspal minyak adalah dengan menggunakan Aspal Buton yang diharapkan mampu meningkatkan nilai stabilitas dari aspal

Oleh karena itu dalam penelitian ini peneliti mencoba untuk melakukan eksperimen pengujian dengan menggunakan metode Marshall di Laboratorium sesuai dengan Pedoman Standar Bina Marga 2018 untuk mengetahui seberapa jauh kemampuan yang dimiliki Aspal Buton (ASBUTON) akibat pengaruh rendaman air.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium PT. Bukit Bahari Indah yang terletak pada desa Mirring, Kecamatan Binuang, Kabupaten Polewali Mandar. Bukit Bahari Indah adalah kontraktor berpengalaman yang mengerjakan proyek nasional seperti konstruksi saluran air, pelabuhan, jembatan, jalan, rel kereta api dan lainnya serta merupakan perusahaan konstruksi dibidang pelaksanaan dengan bentuk Perseroan Terbatas (PT)

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bahan dari Laboratorium PT. Bukit Bahari Indah yang telah tersedia dengan bahan perendaman yang diambil dari air di daerah tersebut.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis mengambil topik tugas akhir dengan judul:

ANALISIS DURABILITAS DAN PENUAAN ASBUTON PRACAMPUR DENGAN VARIASI LAMA PERENDAMAN

1.2 Rumusan masalah

Agar dapat memberikan keterangan dan mempertegas tentang masalah yang akan dibahas dalam penelitian, maka perlu perumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah nilai durabilitas yang dihasilkan dari pengujian pada perendman 72 jam 96, dan 120 jam?
2. Bagaimana menganalisis durabilitas aspal buton pracampur pada lapisan AC-WC dengan lama perendaman 72 jam, 96 jam dan 120 jam?

1.3 Tujuan penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui nilai Durabilitas yang dihasilkan dari pengujian pada perendaman 72 jam, 96 dan 120 jam?
2. Untuk menganalisis durabilitas aspal buton pracampur pada lapisan AC-WC dengan lama perendaman 72 jam, 92 jam dan 120 jam?

1.4 Batasan masalah

untuk membatasi penelitian agar tidak terlalu menjauh maka diambil batasan masalah sebagai berikut:

1. menggunakan agregat yang berasal dari laboratorium PT bukit bahari indah
2. menggunakan perencanaan kadar aspal 5%, 5.5%, 6% 6.5%, 7%
3. Menggunakan 21 sampel
4. Menggunakan variasi rendaman selam 72 jam, 96 jam, dan 120 jam

1.5 Manfaat penelitian

manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. memperdalam pengetahuan perkerasan lentur terutama penggunaan Aspal Buton terhadap variasi perendaman,
2. hasil dari penelitian ini dapat mengetahui pengaruh yang terjadi pada Aspal Buton terhadap variasi rendaman,
3. hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan bagi instansi terkait serta pelaku konstruksi khususnya perkerasan jalan,
4. dapat dijadikan referensi dalam pertimbangan peneltian berikutnya

1.6 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini disajikan dalam 5 (lima) bab yang berurutan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Merupakan bab yang menguraikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Merupakan bab yang menguraikan informasi-informasi yang diperoleh penulis dari literatur dan hasil penelitian sebelumnya.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi uraian rinci tentang urutan prosedur penelitian, bahan/materi, alat, variabel, parameter, analisis hasil, dan model yang digunakan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan analisis data sesuai dengan informasi-informasi yang diperoleh serta menyajikan hasil penelitian yang dilakukan

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan tahapan akhir dari penulisan skripsi yang membuat kesimpulan dari hasil analisa bab sebelumnya serta saran-saran yang diperlukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang berfungsi melindungi tanah dasar dan lapisan pembentuk perkerasan lainnya agar tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan dari beban lalu lintas. Perkerasan jalan terbagi menjadi tiga yaitu perkerasan lentur (flexible pavement), perkerasan kaku (rigid pavement), dan perkerasan komposit yang merupakan gabungan dari dua perkerasan tersebut (Adiwijaya syahroni,2019).

2.2 Struktur perkerasan lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikat. Lapisan perkerasannya menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah di padatkan. adapun susunan lapisan perkerasan lentur adalah sebagai berikut:

1. Lapis permukaan (surfase Course)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas, fungsi lapis permukaan sebagai berikut:

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- b. Sebagai lapis untuk melindungi badan jalan akibat faktor cuaca
- c. Sebagai lapis aus

2. Lapisan pondasi (Base Course)

Lapisan pondasi adalah bagian lapisan yang terletak antara lapisan permukaan dengan lapisan pondasi bawah, fungsi lapisan pondasi sebagai berikut

- a. Sebagai bagian lapisan yang menahan beban kendaraan
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan

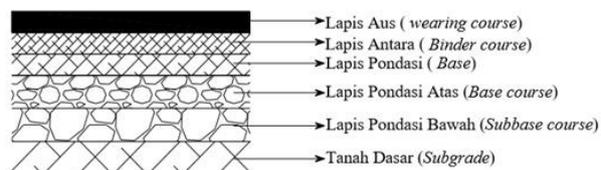
3. Lapis pondasi bawah (sub base Course)

Lapis pondasi bawah merupakan bagian lapisan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar, fungsi lapisan pondasi adalah sebagai berikut.

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan roda
- b. Untuk mencegah tanah masuk kedalam lapisan pondasi
- c. Sebagai lapis pertama dalam perencanaan agar pelaksanaan berjalan lancar

4. Tanah Dasar (sub base Course)

Tanah Dasar merupakan permukaan tanah semula, permukaan gaalian, atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan juga merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian perkerasan lainnya.



Gambar 2.1 struktur lapisan perkerasan lentur

Sumber: *catatansipil.com*, 2021

2.3 Agregat

Agregat merupakan batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berukuran besar atau kecil (Ilmil Munawwarah Br. Siagian, 2021)

2.1 Agregat kasar

Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan bersih, awet, keras, dan bebas dari bahan yang tidak memenuhi persyaratan (mawardi lalu, 2020)

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin los angele	Campuran AC modifikasi	100 putaran	SNI 2417: 2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semen jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439: 2011	Maks. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA		SNI 7619:2012	100/90*)
	Lainnya			95/ 90**)
Partikel pipih dan lonjong	SMA		SNI 8287: 2016	Maks. 5 %
	Lainnya			Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTMC117:2012	Maks. 1%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Revisi 2

Catatan:

1. 100/ 90 menunjukkan bahwa 100% agregat mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih
2. 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

2.2 Agregat halus

Agregat halus harus terdiri dari pasir atau hasil ayakan batu pecah, terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75mm) pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran

Tabel 2.2. ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03- 6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141- 1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117: 2002	Maks. 10%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Revisi 2

2.4 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas – batas yang diberikan dalam rancangan. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas – batas yang telah diberikan.

Tabel 2.3. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran ayakan		% berat yang lolos terhadap total agregat		
ASTM	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC- BASE
1 ½"	37,5			100
1"	25		100	90 – 100
¾"	19	100	90 – 100	76 – 90
½"	12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
No. 4	4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
No.8	2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
No 16	1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 8	4 – 8	3 – 7

Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Revisi 2

2.5 Bahan pengisi /Filler

Bahan pengisi / filler adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. filler dapat berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran. bahan filler pada umumnya digunakan dalam campuran aspal yaitu semen portland, namun bahan filler tersebut dapat digantikan dengan bahan yang lebih mudah ditemukan, harganya terjangkau atau pemanfaatan limbah.

Tabel 2.4 Ketentuan Filler

Karakteristik	Metode pengujian	Syarat
Material lolos saringan No. 200	SNI M 02- 1994 - 03	Min. 75%

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Revisi 2

2.6 Aspal

Aspal merupakan bahan hidrokarbon yang bersifat melekat, berwarna hitam yang memiliki resin bersinar, tahan terhadap air, dan viskoelastis. aspal juga merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan perkerasan lentur.

Secara garis besar komposisi kimia aspal adalah sebagai berikut:

- Carbon : 82 – 88%
- Hydrogen : 8 – 11%
- Sulfur : 0 – 16%
- Nitrogen : 0 – 1%
- oksigen : 0 – 1,5%

2.7 Asphalt concrete – wearing course (AC-WC)

Lapis Aspal Beton/Lapis Aus (AC-WC) merupakan salah satu dari tiga lapisan dalam lapis aspal beton (Laston). Laston merupakan campuran beraspal kombinasi campuran antara aspal dan agregat. Aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Lapis AC-WC adalah Lapis Aspal Beton (Laston) yang terletak paling atas dalam struktur perkerasan lentur jalan. Lapisan AC-WC memiliki struktur paling halus dibandingkan lapisan lainnya. Adanya campuran bergradasi rapat yang memiliki sedikit rongga pada campuran aspal AC-WC menyebabkan lapisan lebih pekat terhadap variasi dan proporsi campuran (Mohamad Fadli Attamimi, Dkk, 2021).

Tabel 2.5. Ketentuan Campuran Lapisan AC- WC Modifikasi

Sifat – sifat campuran	Lapisan AC -WC
Jumlah tubukan per bidang	75
Rasio lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	0,6 1,6
Rongga dalam campuran (%)	3,0 – 3,0
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	15
Rongga terisi aspal (%)	65

Stabilitas (kg)	1000
Pelelehan (mm)	2 – 4
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 °C	90
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	2
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	2500

Sumber: Direktorat jendral Bina Marga 2018, Revisi 2

2.8 Asbuton Pracampur

Asbuton pracampur merupakan asbuton yang diekstraksi sampai dengan kemurnian sekitar 50 – 60% yang untuk kemudahan pelaksanaan Asbuton ini dicampur dengan aspal minyak 20:80. Aplikasi Asbuton pracampur berfungsi untuk memodifikasi aspal minyak agar memiliki kinerja yang baik. asbuton pracampur aspal pen 60 – 70 dengan asbuton butir B 5/20 (kelas penetrasi 5 dengan kadar kelas bitumen 20%) dan aspal pen 60/70 dengan asbuton butir 50/30 (kelas penetrasi 50 dengan kadar kelas bitumen 30%) (Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Revisi 2).

Tabel 2.6. Ketentuan Untuk Asbuton Pracampur

No	Jenis pengujian	Metode pengujian	Asbuton Pracampur
	Penetrasi pada 25°C, 100 g, 5 detik (0,1 mm)	SNI 2456:2011	50 – 60
	Viskositas pada 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	530 – 3000
	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 51
	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

	Titik nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
	Kelarutan dalam trichloroethylene (%)	SNI 2438:2015	≥ 90
	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
	Partikel yang lebih halus dari 150 µm (%)	SNI 03-4142-1996	≥ 95
Pengujian hasil residu hasil TFOT (SNI 06-2440-1991 ATAU RTFOT (SNI 03-6835-2002) SNI 2456:2011			
	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥ 54
	Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
	Kadar parafin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018, revisi 2

Tabel 2.7 ketentuan Asbuton Butir Tipe B 5/20 dan Tipe 50/30

No	Sifat – sifat Asbuton butir	Metode pengujian	Tipe B 5/20	Tipe B50/30
1	Sifat Bentuk Asi			
	- Ukuran asbuton butir			
	Lolos ayakan ½” (9,5 mm) %	SNI 03-4142-1996	-	100
	Lolos ayakan No. 8 (2,36mm) %	SNI 03-4142-1996	100	-
	-Kadar bitumen asbuton %	SNI 03-3640-1994	Min. 18	Min. 20
	- kadar air %	SNI 2490:2008	Maks.4	Maks. 4
2	Sifar Bitumen Hasil Ekstraksi (SNI 8279:2016) dan pemulihan (SNI 4797:2015)			
	Kelarutan dalam TCE % Berat	SNI 2438:2015	Min. 99	Min. 99

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga 2018, revisi 2

2.9 Kadar Aspal Dalam Campuran Asbuton Pracampur

Persentase Asbuton pracampur dalam campuran beraspal panas ditentukan berdasarkan percobaan laboratorium dan lapangan sebagaimana tertuang dalam rumus campuran kerja (JMF) dengan memperhatikan penyerapan agregat yang digunakan. sedangkan persentase pemakaian asbuton B 5/20 dibatasi dari 2% sampai dengan 3% sedangkan asbuton 50/30 dibatasi dari 7% sampai dengan 10% masing-masing terhadap total campuran beraspal panas dengan aspal 60-70 berdasarkan percobaan laboratorium dan lapangan sebagaimana rumus Campuran Kerja (JMF) sertadengan memperhatikan penyerapan agregat yang digunakan.

2.10 Marshall test

Rancangan campuran berdasarkan metode marshall yang ditemukan oleh bruce marshall. pengujian marshall berfungsi untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (flow). flow merupakan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum (Supriadi. T, dkk, 2018).

Alat marshall merupakan alat yang dilengkapi dengan Proving Ring (cincin penguji) berkapasitas 22,22 KN (5000 lbs) dan flowmeter. proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. benda uji marshall standard berbentuk silinder berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm. dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan menggunakan penumbuk yang mempunyai berat 4536 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit

Uji marshall dilakukan dengan berbagai tujuan sebagai berikut:

1. Sebagai bagian dalam proses merancang campuran beton aspal
2. Sebagai bagian dari sistem penjaminan mutu campuran
3. Sebagai bagian dari penelitian karakteristik beton aspal

prosedur pengujian marshall test mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76 yang dinyatakan secara garisbesar pengujian marshall meliputi:

1. Pembuatan benda uji

pembuatan benda uji dilakukan berdasarkan job mix design yang telah direncanakan sebelumnya. hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut.

- a. Jumlah benda uji yang dipersiapkan
- b. Persiapan agregat yang digunakan
- c. Penentuan suhu pencampuran dan suhu pemadatan
- d. Pencampuran dan pemadatan benda uji
- e. Persiapan untuk pengujian marshall

2. Perhitungan volume benda uji

Penentuan volume benda uji dilakukan segera setelah benda uji dingin dan mencapai suhu ruang, pertama, benda uji ditimbang dalam keadaan kering, lalu direndam dalam air selama 24 jam sehingga air menyerap kedalam rongga benda uji, lalu benda uji diangkat dalam airdan dilap bagian luar sehingga kering permukaan dan ditimbang kembali saat didalam air. untuk menentukan volume benda uji dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Volume isi} = \text{Berat Uji SSD} - \text{Berat Benda uji dalam air} \dots\dots (2.1)$$

3. Pengujian Nilai stabilitas dan Flow

Adapun pengujian meliputi;

a. Stabilitas

stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan yang permanen seperti

gelombang, alur ataupun bleeding dan dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi. diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser. Untuk mendapatkan nilai stabilitas dapat dilakukan dengan mengalikan hasil pembacaan dari alat marshall test dengan kalibrasi proving ring sebesar 13,786 kg

b. Kelelahan/ flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow juga diperoleh berdasarkan yang ditunjukkan oleh jarum flowmeter. Hanya saja untuk jarum flowmeter sudah dalam satuan mm sehingga tidak perlu di konversikan lebih lanjut.

Campuran yang memiliki nilai kelelahan yang rendah dan stabilitas yang tinggi, cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki nilai kelelahan yang tinggi dengan stabilitas yang rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapatkan beban lalu lintas.

c. Nilai Volumetrik Benda Uji

Perhitungan berat Jenis dan volume rongga campuran beraspal adalah menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1) Kepadatan (Bulk Density)

Kepadatan merupakan berat campuran benda uji pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar serta kekedapan terhadap air dan udara yang tinggi pula. Berikut rumus untuk menentukan kepadatan :

$$\text{Bulk density} = \frac{\text{berat kering benda uji}}{\text{volume benda uji}} \dots\dots\dots (2.2)$$

2) Rongga dalam campuran / void In Mix (VIM)

Void In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan bleeding) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet) dan menurunkan sifat durabilitas aspal. Rongga udara dalam campuran (VIM) dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$VIM = \frac{Gmm \times B_j \text{ Bulk}}{Gmm} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

VIM : Rongga udara Dalam Campuran (%)

Gmm : Berat Jenis Maksimum Campuran

BJ Bulk : Berat jenis Bulk Campuran

3) Rongga Campuran Agregat / Void Mineral Agregate (VMA)

Rongga campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

Apabila VMA rendah maka nilai kekakuan menjadi tinggi. Nilai VMA berpengaruh juga terhadap sifat kedap air campuran, semakin banyak rongga yang ada maka akan semakin kurang nilai kedap air terhadap air dan udara. Apabila VMA terlalu kecil maka campuran akan rapat, sehingga aspal akan sulit mencapai rongga, akibatnya apabila diberikan beban lalu lintas akan terjadi deformasi pada lapisan perkerasan tersebut, berupa lendutan, alur, hal ini disebabkan karena ruang yang terisi oleh aspal akan lebih sedikit sehingga akan menjadi keretakan pada perkerasan tersebut. Nilai VMA yang diisyaratkan adalah minimal 14% sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018. VMA dapat

dihitung dengan rumus Berikut:

$$VMA = \frac{(100 - Pa) \times Bulk\ Density}{Gsb} - 100 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana;

VMA : Rongga diantara agregat

Pa : Kadar aspal terhadap berat total

Gsb : Berat jenis Bulk Agregat total

4) Rongga terisi aspal / Void Filled With Asphalt

VFA merupakan persentase rongga dalam campuran agregat yang terisi aspal atau rasio antara volume aspal pada campuran dan volume pori pada agregat.

Semakin rapat gradasi dan semakin tingginya kadar aspal maka VFA akan semakin besar. Apabila VFA besar maka rongga semakin kecil sehingga kedekatan campuran terhadap air dan udara menjadi lebih tinggi, akan mengakibatkan terjadinya deformasi karena rongga yang tersedia terlalu kecil, dan campuran sudah kelebihan aspal (bledding). Sebaliknya jika nilai VFA terlalu kecil maka kedekatan terhadap air dan udara akan menjadi berkurang sehingga lebih cepat untuk teroksidasi. Nilai VFA yang di isyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$VFA = \frac{VMA - VIM}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

VFA: rongga terisi aspal (%)

VMA: rongga diantara agregat (%)

VIM: rongga udara dalam campuran (%)

5) Hasil bagi mashall/ Marshall Quotienct (MQ)

Parameter Marshall Qoutient diperlukan untuk dapat

mengetahui tingkat kekakuan (stiffness) campuran. Nilai MQ yang terlalu besar menunjukkan kekuatan campuran perkerasan tinggi dan kaku, akan berakibat mudahnya terjadi retakan, sebaliknya bila harga MQ terlalu kecil menunjukkan terlalu plastis yang berakibat mudah mengalami deformasi.

Hasil bagi marshall merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan yang dinyatakan dalam kg/mm dan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

MQ : Marshall quotient (kg/ mm)

MS : marshall stability (kg)

MF : Flow marshall (mm)

2.11 Durabilitas

Salah satu karakteristik campuran yang dimiliki oleh beton aspal adalah durabilitas. Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan yang disebabkan pengaruh cuaca dan iklim. Faktor yang mempengaruhi durabilitas campuran aspal adalah sebagai berikut.

- a. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik, akan tetapi tebal selimut akan menyebabkan terjadinya bleeding yang mengakibatkan jalan menjadi licin
- b. voids in-mix (VIM) kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran. besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, akibatnya durabilitas aspal menurun. semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara dalam aspal beton

voids mineral aggregate (VMA) besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. untuk mencapai VMA yang besar ini di pergunakan agregat bergradasi senjang.

2.11.1 Metode pengujian durabilitas standar

Prosedur pengujian durabilitas standar dilakukan dengan perendaman benda uji pada temperatur tetap 60°C selama 30 menit dan 24 jam. perbandingan nilai stabilitas yang direndam selama 30 menit, dinyatakan dalam persen, dan disebut indeks kekuatan sisa (IKS).

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan

IKS: indeks kekuatan sisa (%)

S1: stabilitas Marshall standar dengan perendaman selama

S2: stabilitas Marshall setelah perendaman 24 jam pada suhu 60

Nilai IKS yang semakin besar menunjukkan campuran beraspal semakin durable (awet). nilai minimum IKS yang diisyaratkan bina marga adalah 90%. sehingga jika nilai IKS diatas 90% maka campuran beraspal itu dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh air dan suhu.

2.12.2 Durabilitas Modifikasi

Kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman, maka perlu dilakukan variasi rendaman yang lebih lama.

1. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama didefinisikan sebagai kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Nilai indeks durabilitas pertama dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{s_i - s_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan:

r: indeks Penurunan stabilitas (%)

St : Persentase kekakuan sisa pada waktu t1 (%)

Si + 1: persentase kekuatan sisa pada waktu t1+ 1

Ti, ti + 1: periode perendaman dimulai dari awal pengujian (jam)

Nilai r positif menunjukkan bahwa benda uji mengalami penurunan nilai stabilitas yang menandakan bahwa benda uji kehilangan kekuatan. Sedangkan r negatif menunjukkan bahwa benda uji mengalami kenaikan nilai stabilitas yang menandakan bahwa benda uji memperoleh kekuatan

2. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

indeks durabilitas kedua (IDK) didefinisikan sebagai persentase kehilangan kekuatan rata-rata selama 1 hari antara kurva keawetan dengan garis So = 100%. Indeks Durabilitas Kedua (IDK) dinyatakan dalam (a) dihitung berdasarkan persamaan.

$$a = \frac{1}{2tn} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2tn - (t_i + t_{i+1})]$$

Dengan:

a : Persentase Kehilangan Kekuatan Selama Satu Hari

tn : persentase kekuatan sisa pada waktu ti

si : persentase kekakuan sisa pada waktu ti

si+1 : persentase kekuatan sisa pada waktu ti + 1

ti+ti+1 : periode perendaman dimulai dari awal pengujian

semakin kecil nilai IDK maka semakin kecil kehilangan kekuatan dan semakin besar nilai IDK maka semakin besar juga kehilangan kekuatannya. Indeks nilai durabilitas ini

menunjukkan kehilangan kekuatan, nilai a positif menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai a negatif menunjukkan bertambahnya kekuatan. berdasarkan defenisi tersebut, maka $a < 100$ (Ardhy D.Y Pratama, 2022). Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentasekekuatan sisa satu hari (S_a) sebagai berikut:

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots (2.10)$$

Nilai indeks surabilita kedua dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuiivalen kehhilangan kekuatan sebagai berikut:

$$A \frac{a}{100} S_o \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan;

A : Nilai Absolut kehilangan kekuatan seelam satu hari (kg)

S_o : Nilai Absolut kekuatan awal (kg)

Berdasarkan defenisi tersebut, maka nilai $A < S_o$, sehingga memungkinkan untuk menyatakan nilia absolut kekuatan sisa satu hari (S_A) sebagai berikut.

$$S_A = (S_o - A) \dots\dots\dots (2.12)$$

2.12 Penuaan campuran Aspal

Penuaan aspal merupakan parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Proses penuaan campuran aspal disebabkan oleh faktor seperti kadar penguapan, oksidasi, dan kekakuan bitumen pada campuran. Penuaan aspal disebabkan oleh 2 faktor utama yaitu penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi (penuaan jangka pendek). Short-term aging), serta oksidasi yang progresif (penuaan jangka panjang) (Mohamad Fadli Attamimi,Dkk, 2021).

2.12.1 Short – Term Oven Aging (STOA)

Penuaan jangka pendek campuran aspal terjadi pada saat proses

pembuatan campuran beraspal di unit pencampuran aspal (AMP), selama pengangkutan dan saat penghampirannya di lapangan. Pada saat pencampuran aspal dengan agregat dipanaskan di unit pencampuran aspal, akan mengubah komposisi aspal dimana komponen cair dari aspal akan menguap atau aspal mengalami oksidasi.

Short-term Oven aging (STOA) ialah metode pengujian yang dikembangkan oleh Strategic Highway Reserach Program (SHRP) project A-300 A. pada metode pengujian STOA dilakukan proses pemanasan oven d i Laboratorium.

2.12.2 Long Term Oven Aging (LTOA)

Penuaan jangka panjang (long-term aging) merupakan penuaan yang terjadi selama masa pelayanan. penuaan ini disebabkan oksidasi pada perkerasan aspal secara terus menerus akibat terkena cahaya matahari. oksidasi yang terjadi akan merubah molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras

Long-Term Oven Aging (LTOA) merupakan metode pengujian yang dikembangkan oleh strategic highway research program (SHRP). pada metode pengujian LTOA dilakukan proses pemanasan oven di laboratorium selama 2 hari pada temperatur 85°C pada spesimen padat. proses pemanasan oven selama 2 hari dimaksudkan.

2.13 Penelitian terdahulu

Tabel 2.8 Penelitian terdahulu

No	Judul Pengujian	Nama Peneliti	Penjelasan Penelitian	Perbedaan	Persamaan
1	Karakteristik campuran aspal beton dalam kondisi terendam air hujan dan beban statis dengan variasi waktu rendaman	Fernando Napitupulu (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mempelajari pengaruh yang diberikan oleh air hujan terhadap konstruksi perkerasan lentur - metode yang digunakan adalah metode literatur dan pengujian dilaboratorium - variasi waktu rendaman 15 menit 30 menit, 60 menit, 120 menit, 360 menit dan diberikan beban dengan batasan sebesar 20% 	<ul style="list-style-type: none"> - variasi rendaman menggunakan air hujan - sampel diberikan beban statis - tidak meneliti tentang penuaan pada aspal lapisan AC-WC - tidak menggunakan Aspal Buton 	<p>sama-sama meneliti pengaruh dari variasi rendaman pada aspal lapisan AC- WC</p> <p>Sama sama menggunakan variasi perendaman 120 menit</p>
2	Pengaruh lama rendaman dan penuaan aspal terhadap nilai durabilitas campuran aspal Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)	Ardhy D.Y Pratama, Fadly Achmad, dan Frice L. Desei (2022)	<ul style="list-style-type: none"> - penelitian ini mengenai keawetan campuran aspal (Durabilitas) dan pengaruh penuaan aspal CPHMA - uji pada pada penuaan menggunakan metode 	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan air tawar dalam pengujian rendaman 	<ul style="list-style-type: none"> - sama-sama meneliti pengaruh durabilitas dan penuaan aspal

			3STOA dan LTOA serta parameter keawetan dilihat dari IKS, IDP dan IDK		
3	Kinerja durabilitas campuran beton aspal ditinjau dari faktor variasi suhu pemadatan dan lama rendaman	Anas tahir dan Arief Setiawan (2009)	<ul style="list-style-type: none"> - penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja durabilitas campuran beton aspal dengan melakukan modifikasi rendaman marshall dan variasi suhu pemadatan - modifikasi rendaman marshall yang dilakukan 1,2,3,4,6,dan 8 hari seta variasi suhu pemadatan 90°C,100°C, 100°C, 120°C dan 130°C 	<ul style="list-style-type: none"> - penelitian ini dengan variasi suhu rendaman - tidak menggunakan aspal buton 	sama-sama meneliti pengaruh dari variasi rendaman
4	Kajian umur perendaman campuran beton aspal ditinjau dari uji marrshall	Andi Pranata, Husny dan Eriani (2022)	penelitian ini dilakukandi laboratorium bahan perkerasan dengan metode untuk mengetahui indeks durabilitas campuran beton aspal yang	- tidak menggunakan aspal buton tidak meneliti tentang penuaan aspal	Sama sama meneliti tentang variasi rendaman

			didistribusikan dengan kadar 5%, 5,5%, dan 6% terhadap berat aspal serta pengaruh lama rendaman secara berskala 3 hari, 6 hari, dan 9 hari		
5	Pengaruh penuaan dan lama perendaman terhadap durabilitas campuran Asphalt Concrete-wearing Course (AC-WC)	Angga Dwi Agus Setiawan (2022)	- penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat keawetan campuran AC-WC akibat pengaruh penuaan dan lama perendaman penelitian ini dilakukandi laboratorium dengan metode pengovenan untuk simulasi penuaan pada temperatur tetap 60°C dengan waktu perendaman. metode STOA dan LTOA	- tidak menggunakan Aspal Buton - tidak menggunakan air laut pada perendaman	- sama-sama meneliti tentang variasi rendaman - sama-sama meneliti penuaan aspal
6	Analisis uji durabilitas campuran aspal AC-WC dengan variasi perendaman dan menggunakan filler abu cangkang kelapa sawit	Ilmill Munawwarah Br. Siagian (2022)	penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai durabilitas dan nilai marshall dari campuran aspal jika menggunakan filler abu	- tidak menggunakan aspal buton - tidak meniliti penuaan aspal menggunakan filler	sama-sama meneliti tentang variasi rendaman

			cangkang kelapa sawit dan dengan variasi waktu rendaman 30 menit, 24 jam, 48 jam, dan 96 jam - metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimental dilaboratorium	abu cangkangkelapa sawit	
7	Analisis Durabilitas dan Penuaan Asbuton Pracampur dengan Variasi Lama Perendaman	Muhammad Febriadi (2023)	penelitian ini bertujuan untuk mengetahui Durabilitas dan Penuaan Aspal Buton (ASBUTON) Pracampur dengan Variasi Lama Rendaman dengan melakukan eksperimental yang dilakukan di laboratorium melalui pengujian Marshall Test dengan acuan spesifikasi umum bina marga 2018 revisi 2.Dengaan Lama variasi Perendaman	Menggunakan variasi perendaman selama 0,5 jam, 24 jam, dan 48 jam.	Sama sama menggunakan aspal buton Sama sama meneliti Variasi perendaman

			selama 0,5 jam, 24 jam, dan 48 jam		
--	--	--	---------------------------------------	--	--

Sumber: Peneliti 2023

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan Analisis Durabilitas Dan Penuaan Asbuton Pracampur Dengan Variasi Lama Rendaman pada lapisan AC-WC. dapat disimpulkan bahwa, Hasil uji durabilitas untuk benda uji Normal, STOA, dan LTOA pada variasi lama rendaman mulai dari 72 jam, 96 jam dan 120 jam pada suhu 60°C menunjukkan bahwa pada benda uji STOA pada waktu perendaman 72 dan 96 jam sebesar 99,32% dan nilai persen stabilitas marshall pada waktu perendaman 120 jam sebesar 96,00%. sehingga masih memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 sebesar 90 %.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium PT. Bukit Bahari Indah timbul beberapa saran terkait pada penelitian ini, Antara lain sebagai berikut:

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan bahan material lain untuk sebagai pembanding material yang mempunyai tingkat durabilitas yang paling baik.
2. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan campuran AC-BC Assbuton Pracampur, untuk mengetahui tingkat durabilitas pada campuran tersebut.
3. Untuk pelaksana apabila diterapkan dilapangan hampir sama dengan aspal dijalan yang direndam air hujan dan air laut dimana waktu perendaman semakin lama maka durabilitas dari aspal akan semakin menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwijaya, S. (2020). Kajian Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall Pada Aspal Buton (Asbuton) Pengaruh Dari Rendaman Air Laut Dan Air Tawar Di Laboratorium (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Attamimi, M. F., Achmad, F., & Desei, F. L. (2021). Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman. *Composite Journal*, 1(1), 33-40.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Kafabihi, A., & Wedyantadji, B. (2020). Penggunaan aspal buton pada campuran AC-WC(asphalt concrete-wearing course). *STUDENT JOURNAL GELAGAR*, 2(2), 36-44
- Lalu, M. (2020). Pengaruh Variasi Suhu Campuran Terhadap Berat Jenis Aspal (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- Prathama, A., Achmad, F., & Desei, F. L. (2022). Pengaruh Lama Rendaman Dan Penuaan Aspal Terhadap Nilai Durabilitas Campuran Aspal Cold Paving Hot Mix Asbuton (Cphma). *Composite Journal*, 2(1), 10-20.
- Siagian, I. M. B. (2021). Analisis Uji Durabilitas Campuran Aspal Ac-Wc Dengan Variasi Waktu Perendaman Dan Menggunakan Filler Abu Cangkang Kelapa Sawit.
- Syafaruddin, A. S., & Azwansyah, H. (2018). Perkerasan Campuran Aspal Ac-Wc Terhadap Sifat Penuaan Aspal. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(2).