

TUGAS AKHIR

PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN PENGANTI FILLER PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE)

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat



Disusun Oleh :

MUHAMMAD MARTONO

D0117356

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PEMANFAATAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI BAHAN
PENGANTI FILLER PADA CAMPURAN LASTON AC-WC (ASPHALT
CONCRETE – WEARING COURSE)

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memproleh Gelar Sarjan Teknik (S.T.) Pada
Program Strata Satu (S1) Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil,
Univeristas Sulawesi Barat.

Oleh :

MUHAMMAD MARTONO

D0117356

Telah diperiksa dan memenuhi syarat untuk melaksanakan penelitian

Disetujui oleh :

PEMBIMBING I



Ir. Natser Istiqlal Chaliq, M.Si.

NIDN.

PEMBIMBING II



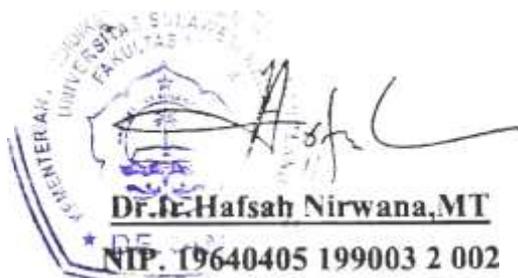
Hj. Svukuriah Katjo, S.T., M.T.

NIDN.

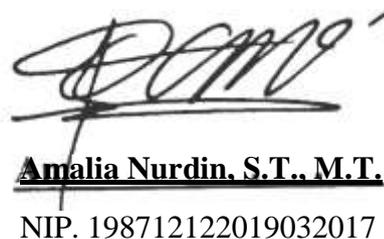
Diketahui :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Ir. Hafsah Nirwana, MT
NIP. 19640405 199003 2 002



Amalia Nurdin, S.T., M.T.
NIP. 198712122019032017

ABSTRAK

Muhammad Martono
muhhammadmartono01@gmail.com

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas yang bila diperhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral pada suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan dapat dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan (Bina marga 2018).

Abu ampas tebu merupakan hasil pembakaran dari limbah ampas tebu. Abu ampas tebu mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO_2) sebanyak 42,47%, suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton pada aspal (H. Muchtar Syarkawi (2011)).

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan terhadap pengaruh “”, maka dapat diambil kesimpulan Pada variasi *filler* 1% didapatkan nilai stabilitas 1149,3 Kg, flow 2,19 mm, VIM 3,59%, VMA 18,40%, VFB 80,50% dan MQ 524,79 Kg/mm. Sedangkan pada variasi *filler* 3% didapatkan nilai stabilitas 1340,5 Kg, flow 3,99 mm, VIM 4,81%, VMA 19,44%, VFB 75,22%, dan MQ 402,1 Kg/mm dan pada variasi *filler* 5% didapatkan nilai stabilitas 1540,9 Kg, flow 3,99 mm, VIM 6,42%, VMA 20,80%, VFB 63,13% dan MQ 386,19 Kg/mm.

Kata Kunci: Perkerasan Jalan, Abu Ampas Tebu, Hasil uji *Marshall*

ABSTRACT

Muhammad Martono

muhammadmartono01@gmail.com

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, University of West Sulawesi

Pavement is part of the traffic lane which, when observed structurally in cross section of the road, is a cross section of the structure in the most central position on a road body. Direct traffic is concentrated in this section, and it can be said to be the lifeblood of a road construction (Bina Marga 2018).

Bagasse ash is the result of combustion of bagasse waste. Bagasse ash has special properties, namely it contains pozzolanic chemical compounds, which contain 42.47% silica (SiO₂), a compound which when mixed with cement and water can be used to increase the compressive strength and tensile strength of concrete on asphalt (H. Muchtar Syarkawi (2011)).

Based on the results of the research and data analysis that has been carried out on the effect of "", it can be concluded that at 1% filler variation the stability value is 1149.3 Kg, flow 2.19 mm, VIM 3.59%, VMA 18.40%, VFB 80.50% and MQ 524.79 Kg/mm. While the 3% filler variation obtained a stability value of 1340.5 Kg, flow 3.99 mm, VIM 4.81%, VMA 19.44%, VFB 75.22%, and MQ 402.1 Kg/mm and for filler variations 5% obtained a stability value of 1540.9 Kg, flow 3.99 mm, VIM 6.42%, VMA 20.80%, VFB 63.13% and MQ 386.19 Kg/mm.

Keywords: *Marshall* test results, Road Pavement, Sugarcane Bagasse Ash

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Abu ampas tebu merupakan salah satu bahan alternatif pemanfaatan limbah dalam bidang konstruksi jalan sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Pemanfaatan abu ampas tebu dapat mengurangi limbah yang tidak digunakan menjadi inovasi baru dalam bidang konstruksi jalan. Penelitian sebelumnya penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* dapat digunakan pada campuran laston AC-WC. (Azilla Rahmania, Sulaiman AR, Fauzi A Gani 2021).

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas yang bila diperhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral pada suatu badan jalan. Lalu lintas langsung terkonsentrasi pada bagian ini, dan dapat dikatakan merupakan urat nadi dari suatu konstruksi jalan. (Bina marga 2018)

Jalan aspal adalah jalan yang tersusun atas bahan hidro karbon yang bersifat melekat, berwarna hitam kecoklatan tahan terhadap air dan viskoelastis. Aspal berasal dari bahan alam atau pengolahan minyak bumi. Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidro karbon dengan sedikit mengandung sulfur oksigen dan klor.

Aspal beton yang baik tentunya harus memiliki sifat yang tidak mudah mengelupas dan memiliki nilai perkerasan lentur yang tinggi. Salah satu jenis perkerasan lentur jalan di Indonesia yang digunakan adalah Lapisan Aspal Beton (Laston) karena memiliki sifat – sifat tahan terhadap keausan, kedap air, mempunyai nilai structural, stabilitas tinggi, mudah pelaksanaannya serta memberi kenyamanan bagi pengguna jalan.

Apapun jenis perkerasan lalu lintas yang digunakan harus dapat memfasilitasi sejumlah pergerakan lalu lintas baik berupa jasa angkutan manusia maupun jasa angkutan barang dengan seluruh komoditas yang

diizinkan untuk berlalu lalang di jalan tersebut. Dengan beragam jenis kendaraan dengan angkutan barang tersebut akan memberikan variasi beban, sedang hingga berat pada jalan. Perkerasan jalan yang dalam kondisi baik dapat membuat arus lalu lintas berjalan dengan lancar, demikian pula sebaliknya.

Dalam upaya peningkatan kekuatan struktur perkerasan jalan, timbul beberapa solusi untuk pengadaan material alternative sebagai salah satu pengganti material penyusun campuran Asphalt Concrete – Wearing Course.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh limbah abu ampas tebu sebagai bahan pengganti filler terhadap lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course?
- b. Apakah dengan menggunakan abu ampas tebu sebagai pengganti filler dapat memenuhi syarat spesifikasi umum Bina Marga 2018?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai, diantaranya sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui pengaruh penambahan abu ampas tebu sebagai pengganti filler terhadap lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course.
- b. Untuk mengetahui apakah sampel tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018 dengan metode pengujian Marshall.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian, maka perlu ada batasan ruang lingkup

diantaranya sebagai berikut

- a. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70
- b. Penelitian ini bersifat uji laboratorium dengan metode pengujian *MarshallTest*.
- c. Pengambilan agregat kasar, agregat halus, dan aspal yang digunakan berasal dari tempat pengujian PT. YABES
- d. Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan adalah abu ampas tebu dengan variasi sebanyak 1%, 3%, dan 5%.
- e. Pengujian dengan metode perendaman sampel.
- f. Standar penelitian ini mengacu pada spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 divisi 6 yang telah ditetapkan.
- g. Tidak membahas lebih dalam kandungan kimia.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menambah wawasan penyusun dalam bidang pemeriksaan laboratorium dan memberikan masukan ilmu pengetahuan baru yang sesuai dengan bidang teknik sipil
- b. Diharapkan dapat menjadi referensi penelitian – penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan perkerasan lentur
- c. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk menyelesaikan masalah yang terkait dengan kebutuhan akan inovasi peningkatan kualitas perkerasan jalan.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika penulisan dapat dilihat sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang teori – teori yang menyangkut tentang penelitian ini

BAB III : METODE PENELITIAN

ini menguraikan tentang metode – metode apa saja yang akan digunakan dalam penelitian baik itu dari jenis penelitian, tahapan, bagan alir dan lain sebagainya

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas secara keseluruhan tentang hasil dari penelitian yang telah dilakukan

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang uraian singkat yang dijabarkan secara tepat untuk menjawab tujuan dari penelitian serta berisi tentang pendapat yang dapat diperhatikan oleh penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Jalan adalah merupakan salah satu unsur kontruksi jalan raya sangat penting dalam rangka kelancaran transportasi darat sehingga memberikan kenyamanan dan keamanan bagi penggunanya, sehingga perlu direncanakan dengan baik berdasarkan standart dan kriterial perencanaan yang berlaku di Indonesia. (Affandi & Hepiyanto,2018)

Perkerasan jalan dalam kondisi baik akan membuat arus lalu lintas berjalan dengan lancar. Hal tersebut juga berlaku sebaliknya dimana apabila perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu. Pemeliharaan perkerasan merupakanss praktek penting untuk menjaga dan memulihkan kapasitas struktural perkerasan. Pemeliharaan perkerasan juga berguna untuk menjaga perkerasan jalan dalam kondisi baik, aman, dengan cara ekonomis. Pentingnya pemeliharaan perkerasan telah meningkat seiringnya volume kendaraan atau beban roda mereka meningkat dalam sistem jalan raya. (Kang et la.2010)

Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas, perkerasan jalan dibedakan menjadi : (Sukirman, 2010).

2.1.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalulintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan system utilitas terletak dibawah perkerasan jalan.

2.1.2 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang menggunakan

semen portland sebagai bahan pengikat. Perkerasan kaku cocok digunakan untuk jalan dengan volume lalu lintas tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat, disekitar pintu tol, jalan yang melayani kendaraan berat yang melintas dengan kecepatan rendah, atau daerah jalan keluar atau jalan masuk ke jalan berkecepatan tinggi yang didominasi oleh kendaraan berat.

2.1.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit merupakan perkerasan yang mengkombinasikan aspal dan beton sebagai bahan pengikat.

2.2 Campuran Beraspal Panas

Campuran beraspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan–perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas.

2.2.1 Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis aspal beton (laston) yang biasa disebut AC, terdiri atas tiga jenis campuran dimana: AC Lapis Atas (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-BC) dan AC Lapis Fondasi (AC-Base). Dimana ukuran campuran masing – masing agregat adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm.

Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polymer disebut masing – masing sebagai AC-WC modifikasi, AC-BC modifikasi dan AC-Base modifikasi.

2.3 Agregat

Dalam pemilihan agregat yang akan digunakan pada suatu pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran dan ketentuan agar memenuhi spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 divisi 6.

2.3.1 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk bahan campuran berasal dari batu pecah mesin dan tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

Agregat kasar harus mempunyai angularitas sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecahsatu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.

Untuk lebih jelas, ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 Putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
		500 Putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi Lainnya	100 Putaran		Maks. 8 %
		500 Putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95

			%
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90*)
	Lainnya		95/90**)
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

***) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

2.3.2 Agregat Halus

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus dapat bersumber dari bahan manapun yang harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai pada batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

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

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6

2.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau domolit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen tipe C dan F yang sesuai standar.

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan – gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan SNI ASTM C136 : 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan NO.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

Bahan pengisi yang ditambahkan bahan tambah (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% samapai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus rentang 1% sampai 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak diperbolehkan menggunakan semen.

2.4 Abu ampas tebu Sebagai *Filler*

Abu ampas tebu merupakan hasil pembakaran dari limbah ampas tebu. Abu ampas tebu mempunyai sifat khusus yaitu mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan, yaitu mengandung silika (SiO_2) sebanyak 42,47%, suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik beton pada aspal (H. Muchtar Syarkawi (2011)).

Abu ampas tebu diyakini memiliki sifat-sifat yang baik sebagai *filler* pematat karena memiliki sifat sementasi disamping ukuran butirannya yang relatif kecil (lolos saringan No. #200) yang mempermudah dalam menyusup kedalam pori-pori agregat. Berikut komposisi kimia abu ampas tebu yang diperlihatkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komposisi Kimia Abu Ampas Tebu

Komposisi Kimia (%)	Lambang	Satuan	Presentase
<i>Sillicon oxide</i>	SiO_2	%	42,47
<i>Aluminium oxide</i>	Al_2O_3	%	1,69
<i>Ferrie oxide</i>	Fe_2O_3	%	1,02
<i>Calcium oxide</i>	CaO	%	5,01
<i>Magnesium oxide</i>	MgO	%	0,53
<i>Berat Jenis</i>	<i>BJ</i>	%	1,83

(Sumber: Badan Riset dan Standarisasi Industri Laboratorium Banda Aceh (2017))

2.5 Metode Pengujian Marshall

Kinerja campuran aspal diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall* yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce *Marshall* yang dikembangkan selanjutnya oleh *U.S Corps of Engineer*. Uji ini digunakan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat dengan ukuran maksimum 2,54 cm.

Alat Marshall merupakan alat penekan yang dilengkapi dengan kepala penekan (*breaking head*) berbentuk lengkung dan cincing penguji (*proving ring*) dengan kapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg dilengkapi deng

ketelitian 0,0025 mm. Serta terdapat arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm.

Sifat – sifat pengujian aspal dapat dilihat dari parameter – parameter pengujian *Marshall* apakah hasil pengujian dan analisis data tersebut telah memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan oleh Bina Marga 2018 div.6:

Tabel 2.4 Ketentuan sifat – sifat campuran laston modifikasi (AC Mod)

Sifat – sifat campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA)(%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6

2.5.1 Stabilitas *Marshall* (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal pada saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetan berkurang.

Nilai stabilitas diperoleh dengan persamaan 2.1 berikut ini:

$$S = P \times q \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

S : Nilai stabilitas (kg)

P : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q : Angka koreksi tebal benda uji

2.5.2 Kelelahan (*flow*)

Nilai kelelahan (*flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang lebih rendah akan kaku dan cenderung mengalami keretakan dini pada usia pelayanan.

2.5.3 Hasil Bagi *Marshall* (*Marshall Quetient*)

Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quetient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekuatan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Nilai *Marshall Quetient* (MQ) diperoleh dengan persamaan 2.2 berikut ini:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quetient* (kg/mm)

S = Nilai stabilitas toleransi (kg)

F = Nilai flow (mm)

2.5.4 Rongga Terisi Aspal (*Volid Filled With Asphalt*)

Volid Filled With Asphalt (VFB) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

Nilai *Volid Filled With Asphalt* (VFWA) diperoleh dengan persamaan 2.3 berikut ini:

$$VFBA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

VFB = Rongga terisi aspal, persen VITM

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VITM = Volume pori dalam beton aspal padat

2.5.5 Rongga Diantara Mineral Agregat (*Voids In Mineral Agregat*)

Voids In Mineral Agregat (VMA) adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

Nilai *Voids In Mineral Agregat* (VMA) diperoleh dengan persamaan 2.4 dan 2.5 berikut ini:

a. Terhadap berat campuran total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap berat agregat total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{P_b} \times 100 \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

- G_{sb} = Berat jenis bulk agregat
- G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat
- P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

2.5.6 Rongga didalam campuran (*Void in Total Mix*)

Void In Total Mix (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat didalam campuran aspal.

Nilai *Void In Total Mix* (VIM) diperoleh dengan persamaan 2.6 berikut ini:

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

- V_a = Rongga udara bercampuran, persen total campuran
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (nol)
- G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

2.5.7 Kepadatan (*Density*)

Density menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *Density*, maka kepadatan semakin baik. Dengan semakin meningkatnya kadar aspal, jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir semakin besar, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan padat. *Density* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antar lain: gradasi bahan, jumlah pemadatan, temperature pemadatan dan kadar aspal.

Nilai *Density* diperoleh dengan persamaan 2.7 dan 2.8 berikut ini:

$$g = \frac{c}{f} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$f = d - e \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan :

g = Nilai density (gr/cc)

c = Berat benda uji sebelum direndam (gr)

d = Berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)

e = Berat dalam air (gr)

f = Volume/isi (cm^3)

2.6 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	AGUS SETIOBUDI, AMIWARTII, DONI TAMARA (2020)	Analisis penambahan limbah bakaran abu ampas tebu sebagai filler campuran aspal AC-WC	Pengaruh kuat tekan Marshal test dengan menggunakan ampas tebu sebagai filler pada campuran aspal ac-wc dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh kuat tekan marshall test dengan menggunakan filler ampas tebu dengan variasi penambahan filler 1- 3% mengalami kenaikan dan Penurunan	Pemanfaatan abu ampas tebu sebagai filler laston ac-wc	Peneliti adakan variasi abu ampas tebu sebagai filler laston ac-wc 1-3%
2	FAUZIE NURSANDA H dan MOCH ZAENURI(20 19)	Penelitian penambahan karet alam (LATEKS) Pada campuran laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall	Dari data diatas dihasilkan nilai stabilitas tertinggi pada campuran dengan kadar karet alam (lateks)7%, dengan nilai sebesar 1349,63kg.	Penelitian tentang penambahan filler limbah terhadap laston AC-WC	Peneliti menggunakan bahan pengisi filler karet alam (LATEKS)

No	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
3	FAJAR HIMAWAN W, M BACHTIAR MULIA	Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Filler untuk Campuran Aspal Beton Jenis HRS-WC	Kadar aspal optimum pada Filler abu ampas tebu lebih tinggi (6,95%) dibandingkan pada filler abu batu (6,75%) ini berarti bahwa campuran dengan menggunakan filler abu ampas tebu membutuhkan aspal lebih banyak dibanding abu batu.	Penelitian aspal menggunakan abu ampas tebu	Peneliti membahas campuran aspal HRS-WC
4	ARIE AL AMIN(2020)	Design hot mix AC-WC dengan <i>gradasi asphal institute</i> dengan bahan campur <i>gypsum</i> sebagai bahan pengisi <i>filler</i>	Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian Marshall dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Di dapat Kadar Aspal Optimum yaitu 6,2%. Dalam penelitian ini filler yang dipakai adalah Bubuk Gypsum	Peneliti membahas dan menganalisis campuran laston AC-WC	Penelitian tersebut memakai bahan campur GYPSUM sebagai bahan pengganti filler

5	ANAS TAHIR (2009)	Karakteristik campuran beton aspal (AC-WC) dengan menggunakan variasi kadar <i>filler</i> abu terbang batu barak	Dari kelima variasi kadar filler abu terbang batu bara yang digunakan, kadar filler 6% menjadi kadar filler yang optimum / ideal sebagai bahan pengisi dalam campuran beton aspal, dengan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,47 %.	Peneliti membahas dan menganalisis campuran laston AC-WC	Peneliti tersebut menggunakan kadar filler abu terbang batu bara
6	ZULFIKAR (2013)	Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Laston Lapis Aus (AC – WC)	Hasil dengan perendaman Marshall menggunakan filler 1 % serbuk arang tempurung kelapa tambah 1 % abu sekam tambah 5 % abu batu diperoleh nilai IKS (Indeks Kekuatan Sisa) yaitu (90,29 %) dengan nilai stabilitas pada rendaman 30 menit sebesar 1380 kg dan nilai stabilitas pada rendaman 24 jam sebesar 1246 kg, dari hasil pengujian, secara umum dapat disimpulkan bahwa penggunaan filler dari 1 % serbuk	Penelitian aspal membahas tentang penambahan filler terhadap laston AC-WC	Penelitian ini menggunakan bahan tambah Arang Tempurung sebagai pengisi filler

			arang tempurung kelapa tambah 1 % abu sekam tambah 5 % abu batu dalam campuran AC–menunjukkan kinerja campuran yang baik.		
7	Yusep Daiman Sakur1 dan Ida Farida(2019)	Analisis penggunaan serbuk bata merah sebagai filler pada campuran laston lapis AUS (AC-WC)	Dari serangkaian hasil pengujian yang diperoleh dapat di ambil kesimpulan: Penggunaan filler serbuk bata merah sebanyak 6 % sebagai bahan pengisi dalam campuran Laston Lapis Aus (AC-WC) dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga tahun 2010 (revsi 3) yaitu didapatkan Kadar Aspal Optimum sebesar 5,4 %.	Melakukan analisis penggunaan limbah untuk dijadikan pengisi filler pada campuran laston AC-WC	Memakai bata merah sebagai pengisi filler sebanyak 6%

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian variasi *filler* pada campuran AC-WC yang telah dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Sulawesi Barat dan PT. YABES Kabupaten Polewali Mandar Sulawesi Barat, maka dapat berdasarkan pada karakteristik campuran beton aspal AC-WC pada kadar optimum dinyatakan dalam sifat –sifat sebagai berikut:

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan terhadap pengaruh “”, maka dapat diambil kesimpulan Pada variasi *filler* 1% didapatkan nilai stabilitas 1149,3 Kg, flow 2,19 mm, VIM 3,59%, VMA 18,40%, VFB 80,50% dan MQ 524,79 Kg/mm. Sedangkan pada variasi *filler* 3% didapatkan nilai stabilitas 1340,5 Kg, flow 3,99 mm, VIM 4,81%, VMA 19,44%, VFB 75,22%, dan MQ 402,1 Kg/mm dan pada variasi *filler* 5% didapatkan nilai stabilitas 1540,9 Kg, flow 3,99 mm, VIM 6,42%, VMA 20,80%, VFB 63,13% dan MQ 386,19 Kg/mm.

Dari hasil penjabaran diatas, pada nilai Stabilitas, Flow, VIM dan VMA terjadi peningkatan seiringan dengan penambahan filler abu cangkang kelapa sawit. Sedangkan nilai VFB dan MQ mengalami penurunan seiringan dengan penambahan filler. Hal tersebut tidak berakibat fatal pada campuran selama nilai yang didapatkan masih memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

Mengacu pada hasil penelitian atau hasil pengujian dan analisis data dengan kadar aspal yang digunakan sebesar 6,4%. Penggunaan limbah abu ampas tebu sebagai pengganti *filler* dengan variasi 1%, 3% dan 5% dengan metode marshall test didapatkan bahwa pada nilai VIM divariasi 5% tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga tahun 2018 divisi 6. Sedangkan untuk variasi 1% dan 3% telah memenuhi spesifikasi umum binamarga tahun 2018 divisi 6 pada tabel ketentuan sifat – Sifat campuran laston modifikasi sehingga dapat digunakan sebagai campuran pada lapisan AC – WC.

5.2 Saran

Adapun saran penulis setelah melakukan pengujian sebagai berikut :

- a. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode perendaman yaitu metode perendaman 24 jam.
- b. Semoga kedepannya limbah abu ampas tebu dapat di manfaatkan untuk menjadi bahan pengganti filler pada aspal khususnya pada lapis AC-WC.
- c. Dari hasil penelitian ini diharapkan menjadi salah satu referensi atau acuan kepada pengguna jasa konstruksi khususnya di bidang jalan raya.

DAFTAR PUSTAKA

- Rahmania, A., Sulaiman, A. R., & Gani, F. A. (2021). Susbtitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston Ac-Wc dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 5, No. 1, pp. 51-57).
- Setiobudi, A., Amiwarti, A., & Tamara, D. (2020). ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH BAKARAN ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER CAMPURAN ASPAL AC WC. *Jurnal Deformasi*, 5(2), 63-68.
- Sarah, C. A. (2019). Pengaruh Penambahan Silica Fume Terhadap Karakteristik Campuran Aspal pada Lapisan AC–WC.
- Novilsha, S. (2020). *Pengaruh Penambahan Serat Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Tambah Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC* (Doctoral dissertation).
- Cahyono, T., Purwanto, H., Setiobudi, A., & Firdaus, M. (2021). Pengaruh Penambahan Bubuk Batu Bara Sebagai Filler pada Campuran Aspal AC WC. *Jurnal Deformasi*, 6(2), 87-93.
- ADITYA, R. (2021). Pengaruh Pemanfaatan Tras Sebagai Bahan Pengisi Pengganti Terhadap Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt (Sma)(The Effect Of Using “Tras” As A Filler Material Subtitution In TheSplit Mastic Asphalt).
- Asrol, A., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Karakteristik campuran aspal beton AC-WC dengan substitusi buton rock asphalt terhadap rendaman air berlumpur. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(3), 39-45.
- Saleh, S. M., & Darma, Y. (2018). PENGARUH SUBSTITUSI AGREGAT HALUS SABANG TERHADAP KINERJA LASTON LAPIS AUS (AC-WC). *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(4), 89-98.
- Saodang, Ir. Hamirham. (2004). *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung.

Nova.

SNI 06 2489. (1991). Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall test

Sukirman, Silvia. (2016). *Beton aspal Campuran Panas*. Bandung. Institut Teknologi Bandung.

Hartantyo, S. D., & Hepiyanto, R. (2018). BAHAN TAMBAH SERAT ECENG GONDOK PADA LASTON TIPE XI TERHADAP INDEKS MARSHALL TEST MENGGUNAKAN KERIKIL MANTUP. *UKaRsT*, 2(2), 135-144.

Jenderal, D. and Marga, B. (2018) 'Spesifikasi umum 2018', (September).