

# Susbtitusi Filler Abu Ampas Tebu pada Laston Ac-Wc dan Buton Granular Asphalt Sebagai Agregat Halus

Azilla Rahmania<sup>1</sup>, Sulaiman AR<sup>2</sup>, Fauzi A Gani<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

rahmaniaazilla@gmail.com

sulaiman.ar@pnl.ac.id

fauzi@pnl.ac.id

**Abstrak**—Abu ampas tebu merupakan salah satu bahan alternatif pemanfaatan limbah dalam bidang kontruksi jalan sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Pemanfaatan abu ampas tebu dapat mengurangi limbah yang tidak digunakan menjadi inovasi baru dalam bidang kontruksi jalan. Penelitian sebelumnya penggunaan abu ampas tebu sebagai *filler* dapat digunakan pada campuran laston AC-WC, tetapi nilai parameter Marshall tidak signifikan sehingga dibutuhkan bahan tambah lainnya agar meningkatkan mutu kualitas campuran, yaitu *Buton Granular Asphalt* (BGA) sebagai agregat halus. BGA produk aspal buton siap pakai yang sudah diproses sehingga bitumennya keluar ke permukaan butiran. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai parameter Marshall pada campuran tersebut. Penelitian mengikuti standar yang berlaku untuk campuran AC-WC. Tahap awal penelitian mencari nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,6%. Hasil KAO digunakan BGA sebagai agregat halus menggunakan *filler* abu batu dengan variasi 25%, 50%, 75% dan BGA *filler* abu ampas tebu sebesar 50%. Hasil pengujian, nilai stabilitas, *flow*, VMA, VIM, dan *Marshall Quetiont* meningkat seiring bertambahnya kadar BGA. Nilai pada VFB, *density*, dan durabilitas menurun seiring bertambahnya kadar BGA pada campuran. Nilai Optimum parameter marshall pada campuran 25% BGA.

**Kata kunci:** *Abu ampas tebu, Buton Granular Asphalt, Parameter Marshall*

**Abstract** — *Sugar Cane Bagasse* is one of the alternative materials for utilizing waste in the field of road construction in accordance with applicable specifications. Utilization of *Sugar Cane Bagasse* reduce unused waste into a new innovation in the field of road construction. Previous research using *Sugar Cane Bagasse* as a *filler* can be used in the AC-WC mixture, but the Marshall parameter value is not significant so that other added materials are needed to improve the quality of the mixture, namely *Buton Granular Asphalt* (BGA) as fine aggregate. BGA is a ready-to-use asphalt product that has been processed so that the bitumen comes out onto the surface of the granules. This research was conducted to determine the value of the Marshall parameter in the mixture. The study followed the applicable standards for AC-WC mixtures. The initial stage of the research is to find the optimum asphalt content (KAO) value of 6.6%. The results of KAO used BGA as fine aggregate using rock ash *filler* with variations of 25%, 50%, 75% and BGA *Sugar Cane Bagasse filler* by 50%. The test results, the value of stability, *flow*, VMA, VIM, and *Marshall Quetiont* increased with increasing levels of BGA. Values on VFB, *density*, and durability decreased with increasing BGA content in the mixture. Optimum value of marshall parameters on a mixture of 25% BGA.

**Keywords:** *Sugar Cane Bagasse, Buton Granular Asphalt, Marshall parameters*

## I. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang penting dalam sektor perhubungan darat, terutama untuk kesinambungan distribusi barang dan jasa. Keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang pertumbuhan ekonomi bagi satu daerah ke daerah lain. Makin tinggi tingkat pengguna jalan raya, serta bertambahnya jumlah kendaraan maka tingkat kebutuhan atau tuntutan kualitas pada jalan semakin tinggi. Inovasi modifikasi dalam penggunaan aspal di Aceh masih sedikit yang diterapkan.

Filler agregat lolos ayakan no. 200 dan non plastis seperti semen Portland, kapur, debu batu serta limbah yang sudah diolah sesuai dengan syarat yang berlaku. Pada penelitian ini, digunakan bahan alternatif lain yaitu abu ampas tebu yang dihasilkan dari proses pembakaran ampas tebu yang belum dimanfaatkan pada dunia industri yang

berasal dari pabrik gula di desa Suka Makmur, Kabupaten Bener Meriah. Abu ampas tebu memiliki kandungan *silika* ( $SiO_2$ ), *aluminat* ( $Al_2O_3$ ), *Ferrit* ( $Fe_2O_3$ ) yang merupakan bahan utama pembentuk semen *Portland*. Hasil penelitian yang sudah dilakukan, penggunaan abu ampas tebu dapat dikategorikan layak dipakai, dibutuhkan penambahan bahan lain untuk meningkatkan mutu kualitas aspal yaitu *Buton Granular Asphalt* (BGA).

BGA produk aspal buton yang siap pakai yang sudah diproses sehingga bitumennya keluar ke permukaan butiran. Penggunaan BGA didalam campuran beraspal dapat memperbaiki mutu aspal sehingga perkerasan menjadi lebih tahan terhadap deformasi akibat beban lalu lintas. Ketahanan BGA terhadap suhu tinggi didalam campuran aspal dapat meningkatkan titik lembek bitumen sehingga campuran akan lebih tahan terhadap suhu tropis.

### A. Agregat

Widodo (1999) dalam putrowijoyo (2006), agregat merupakan batuan pecah, kerikil, pasir ataupun komposisi lainnya, baik hasil alam, hasil pengolahan, maupun agregat buatan yang digunakan sebagai bahan utama penyusun perkerasan jalan. Dalam Spesifikasi Umum 2018, agregat terbagi dalam 3 kelompok, Agregat kasar : bahan yang tertahan ayakan No. 4, Agregat halus : bahan yang lolos ayakan No. 4, Bahan pengisi (*filler*) : bahan yang lolos saringan No. 200.

### B. Pencampuran Agregat

Kombinasi gradasi agregat dinyatakan dalam persen berat agregat yang memenuhi batas-batas gradasi agregat sesuai dengan standar ketentuan spesifikasi campuran yang berlaku. Berdasarkan dominan dari agregat yang tersedia, agregat dapat dikelompokkan menjadi fraksi agregat kasar, fraksi agregat halus, dan fraksi abu batu. Fraksi agregat kasar sebagai agregat A, fraksi agregat halus sebagai agregat B dan fraksi abu batu sebagai agregat C. setiap fraksi agregat mempunyai gradasi yang dapat diketahui dari hasil pengujian analisis saringan. (Amsuri, N. 2019:15)

### C. Abu Ampas Tebu

Abu ampas tebu merupakan hasil pembakaran dari ampas tebu dan merupakan hasil limbah buangan yang berlimpah dari proses pembuatan gula (+ 30% dari kapasitas giling). Beberapa keuntungan yang jelas terlihat dari abu ampas tebu sebagai bahan filler diantaranya keberlimpahan bahan. Abu ampas tebu diyakini memiliki sifat yang baik sebagai filler pematat karena memiliki sifat sementasi disamping ukuran butirannya yang relatif kecil sehingga mempermudah menyusup kedalam pori-pori agregat dan memiliki kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) yaitu suatu senyawa yang bila dicampur dengan semen dan air dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik pada aspal. (Raden Hendra A, Andri Imani D : 2012)

### D. Asbuton Berbutir BGA (Buton Granular Asphalt)

Aspal alam dikenal dengan nama Asbuton atau Aspal Batu Buton yang berasal dari pulau buton di Provinsi Sulawesi Tenggara. Asbuton butir dapat diproduksi dengan berbagai ukuran. Dilihat dari segi kemudahan mobilisasi bitumen, makin kecil ukuran butir maka makin mudah bitumen Asbuton termobilisasi dalam campuran beton aspal. Pada Asbuton campuran panas, pada prinsipnya Asbuton butir dengan jumlah tertentu dimasukkan ke dalam campuran beraspal panas aspal minyak. Fungsi Asbuton pada campuran tersebut adalah sebagai bahan tambah (*additive*) dan sebagai bahan substitusi aspal minyak. Sebagai bahan tambah, Asbuton diharapkan akan meningkatkan karakteristik aspal minyak dan karakteristik campuran beraspal terutama agar memiliki ketahanan terhadap beban lalu lintas dan kepekaan terhadap

temperatur panas di lapangan yang lebih baik. (Iqbal Arsyad A : 2018)

### E. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*) berwarna hitam, dengan unsur utama *bitumen*. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengkilangan minyak bumi. Dari ketiga material pengikat di atas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal (Sukirman, 2003).

### F. Aspal Campuran Panas (Aspal Beton)

Aspal beton teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas (dingin, menggunakan aspal emulsi), kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Bila pemadatan telah selesai dan suhu permukaan telah dibawah  $60^\circ\text{C}$ , baru boleh dibuka untuk lalu lintas umum (Ir. Soehartono : 2015).

### G. Kadar Aspal Tengah/Ideal

Kadar aspal tengah/ideal yaitu nilai tengah dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah/ideal dapat pula ditentukan dengan mempergunakan beberapa rumus SNI. (Mubazar, A. 2019:15)

### H. Pematatan Laboratorium

*American Assosiation of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) mendefinisikan, terdapat tiga katagori tumbukan perkerasan jalan raya, yaitu tumbukan lalu lintas ringan sebanyak  $2 \times 35$  dengan stabilitas minimum 350 kg, tumbukan lalu lintas sedang sebanyak  $2 \times 50$  dengan stabilitas minimum 500 kg, dan tumbukan lalu lintas berat sebanyak  $2 \times 75$  dengan stabilitas minimum 800 kg. (Amsuri, N. 2019:15)

### I. Marshall

Salah satu pemeriksaan kinerja campuran aspal beton adalah dengan menggunakan alat *Marshall*. Pemeriksaan ini pertama kali diperkenalkan oleh *Bruce Marshall*, selanjutnya dikembangkan oleh U.S. *Corps of Engineer*, karakteristik campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat *Marshall*. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Parameter kekuatan Marshall yaitu stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), berat volume (*density*), *Voids in mix* (VIM), *Voids filled by bitumen* (VFB), *Voids in mineral agregat* (VMA) dan *Marshall Quotient*. (Mubazar, A. 2019:15)

### J. Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum dalam campuran aspal beton ditentukan dari hasil evaluasi terhadap parameter *Marshall*, yaitu kadar aspal yang memberikan parameter *Marshall* seperti *stabilitas*, *flow*, *VIM*, *VFB*, *density* dan *Marshall quotient* sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. (Amsuri, N. 2019:15)

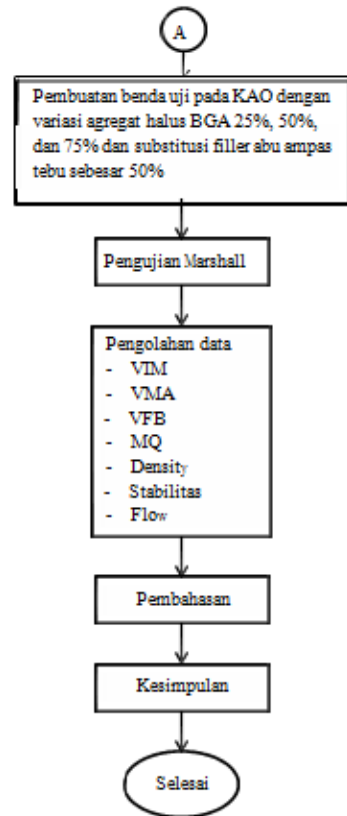
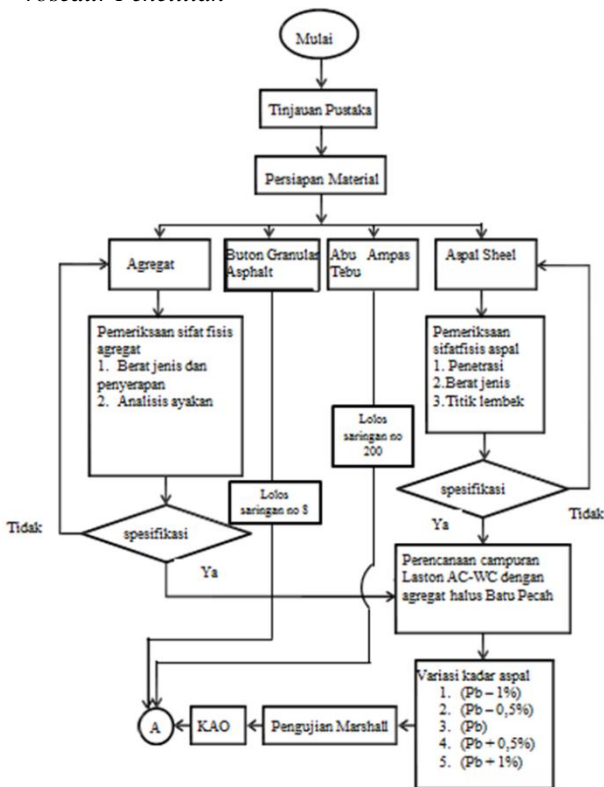
**K. Durabilitas**

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-1990. Uji perendaman dilakukan pada temperatur 60°C selama 24 jam. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, yang dinyatakan dalam persentase, yang disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS). (Mubazar, A. 2019:15)

**II. METODOLOGI**

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan beberapa tahap penyelidikan yang berguna mendapatkan data-data yang dibutuhkan. Pengujian-pengujian material dan aspal menggunakan metode uji *American Standard for Testing and Materials (ASTM)*, *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* dan *Standar Nasional Indonesia (SNI)*.

**A. rosedur Penelitian**



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat**

TABEL I. DATA HASIL PEMERIKSAAN SIFAT FISIS AGREGAT

No	Jenis Agregat	PENYERAPAN		BERAT JENIS	
		Hasil	Spesifikasi	Hasil	Spesifikasi
1	Split	1.57	< 3% Berat	2.69	> 2.50
2	Screen	1.31	< 3% Berat	2.67	> 2.50
3	Dust Stone	2.94	< 3% Berat	2.68	> 2.50
4	Pasir	2.63	< 3% Berat	2.66	> 2.50

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa pemeriksaan sifat fisis agregat *split*, *screen*, *dust stone*, dan pasir semuanya memenuhi syarat umum spesifikasi.

**B. Hasil Pengujian Sifat Fisis Aspal**

TABEL II. PEMERIKSAAN SIFAT FISIS ASPAL

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Syarat Spesifikasi 2018	Hasil
1	Berat Jenis Aspal 25°C	> 1.00	1.10 gr/cm <sup>3</sup>
2	Penetrasi 25°C	60 – 70	64,1 mm

3	Titik Lembek	> 48°	52.0°C
---	--------------	-------	--------

Dapat dilihat dari tabel di atas bahwa pemeriksaan berat jenis aspal, penetrasi aspal, dan titik lembek aspal semuanya memenuhi syarat umum spesifikasi.

C. Pengujian Marshall Pada Variasi Kadar Aspal Agregat Normal

TABEL III. HASIL PENGUJIAN MARSHALL PADA VARIASI KADAR ASPAL AGREGAT NORMAL

No	Parameter Marshall	Variasi Kadar Aspal					Spesifikasi
		5.1%	5.6%	6.1%	6.6%	7.1%	
1	Stabilitas (kg)	1743	1822	1944	1991	2108	> 800
2	Flow (mm)	3.4	3.1	2.9	2.7	2.5	2 – 4
3	Density (gr/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.37	2.37	2.37	2.36	> 2 c
4	VIM (%)	4.85	4.59	4.25	3.67	3.16	3 – 5
5	VFB (%)	81.29	80.69	80.26	80.28	80.15	> 65
6	VMA (%)	13.87	14.72	15.49	16.05	16.69	> 15
7	MQ (kN/mm)	517.96	595.33	681.88	783.92	843.43	> 200

Setelah di dapat nilai parameter marshall untuk normal, maka di dapat nilai KAO yaitu 6,6% dengan menggunakan barchat.

D. Pengujian Marshall Pada Variasi campuran

TABEL IV. NILAI PARAMETER MARSHALL PADA TIAP PERSENTASE AGREGAT HALUS BUTON GRANULAR ASPHALT

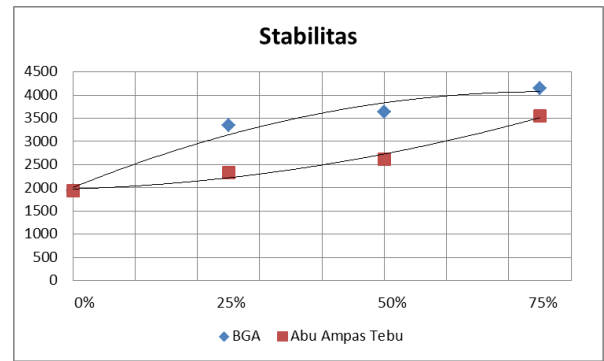
Persentase Terhadap campuran	BGA	Stabilitas	flow	VMA	VIM	VFB	MQ	Density	Marshall Sisa
25%		3341	3,5	19,8	9,1	71,2	988,7	2,2	84,4%
50%		3633	3,6	22,4	12,1	65,5	1033,	2,2	78,8%
75%		4138	3,7	23,3	13,1	63,5	1111,	2,1	76,5%

TABEL V. NILAI PARAMETER MARSHALL PADA TIAP PERSENTASE FILLER ABU AMPAS TEBU 50%

Persentase Terhadap campuran	BGA	Stabilitas	flow	VMA	VIM	VFB	MQ	Density	Marshall Sisa
25%		2324	3	2	10,9	67,7	731,8	2,2	77,1%
50%		2622	3	2	13	63,7	872,9	2,2	74,2%
75%		3549	3	2	13,4	63	904	2,1	53,2%

Berikut pembahasan dari nilai parameter marshall pada variasi campuran

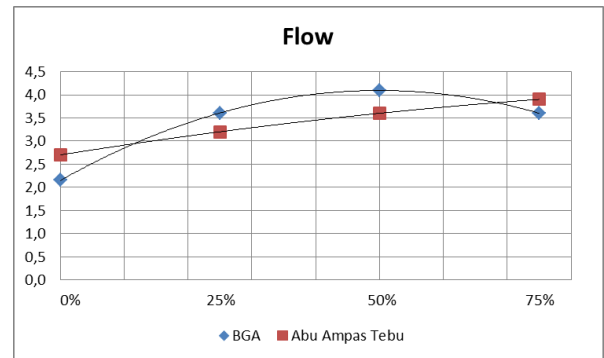
1) Stabilitas



Gambar 2. Grafik Stabilitas Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

Stabilitas diperlukan untuk mengetahui besarnya kemampuan perkerasan agar dapat menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap. Gambar 1 menunjukkan nilai stabilitas semakin tinggi dengan bertambahnya persentase agregat halus *Buton Granular Asphalt*. Hal ini disebabkan karena *Buton Granular Asphalt* adalah aspal alam yang berbentuk padat, sehingga memiliki ketahanan terhadap beban.

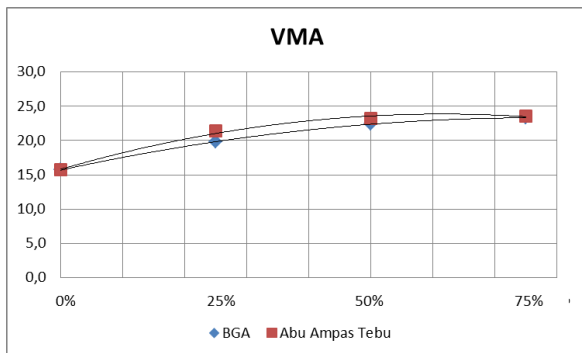
2) Kelelahan/Flow



Gambar 3. Grafik Flow Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

*Flow* merupakan besarnya deformasi benda uji pada awal pembebanan sampai kondisi kestabilan maksimum sehingga batas runtuh dinyatakan dalam satuan mm. *Flow* menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran. Nilai *flow* yang tinggi menandakan campuran bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai *flow* pada semua persentase agregat halus *Buton Granular Asphalt* dan *filler* abu ampas tebu mengalami kenaikan, dari variasi 0% sampai 75%. Karena semakin besar persentase agregat halus *Buton Granular Asphalt* dan *filler* abu ampas tebu semakin besar pula nilai plastis dan kelenturan pada suatu campuran.

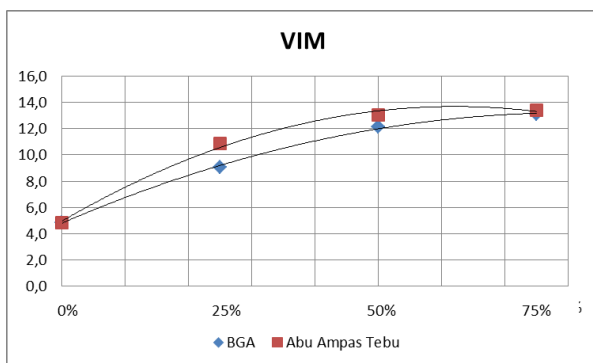
3) VMA (Voids in Mineral Agregate)



Gambar 4. Grafik VMA Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat apabila seluruh aspal ditiadakan. Nilai VMA menunjukkan banyaknya rongga yang terisi aspal pada campuran sehingga sangat mempengaruhi keawetan campuran. Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VMA semakin meningkat seiring dengan bertambahnya persentase agregat halus *Buton Granular Asphalt* dan *filler* abu ampas tebu. Persentase 25% - 75% nilai abu ampas tebu lebih tinggi dari BGA, karena *filler* abu ampas tebu memiliki massa yang lebih ringan dari abu batu yang terkandung pada campuran agregat halus BGA, sehingga jumlahnya lebih banyak dan hal ini mengakibatkan selimut aspal lebih tebal.

4) VIM (Voids in Mix)

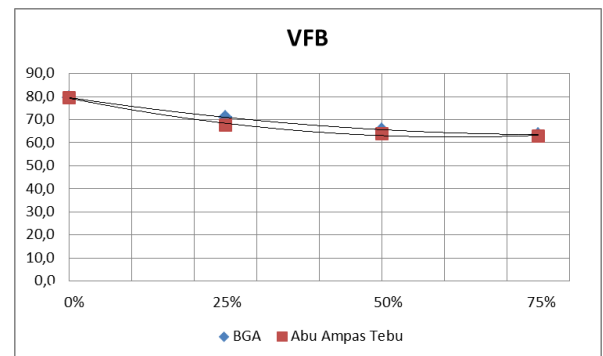


Gambar 5. Grafik VIM Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

VIM merupakan rongga yang terdapat dalam total campuran. VIM dibutuhkan untuk mengetahui persentase volume pori yang masih tersisa setelah campuran aspal dipadatkan. Nilai VIM yang besar menunjukkan bahwa rongga pada benda uji besar dan kurang kedap terhadap air. Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai VIM semakin meningkat seiring bertambahnya persentase agregat halus

*Buton Granular Asphalt* dan *filler* abu ampas tebu. Nilai VIM pada variasi 0% agregat halus *Buton Granular Asphalt* dan *filler* abu ampas tebu memenuhi Spesifikasi Umum yang disyaratkan yaitu sebesar 3 – 5%, sedangkan pada variasi 25%, 50% dan 75% nilai VIM tidak memenuhi persyaratan. Peningkatan nilai VIM menunjukkan rongga udara yang semakin besar.

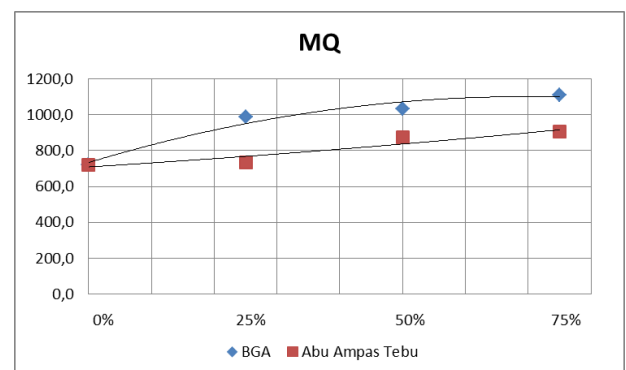
5) VFB (Voids Filled with Bitumen)



Gambar 6. Grafik VFB Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

VFB merupakan persentase rongga yang terisi aspal dalam campuran setelah mengalami proses pemadatan. VFB biasa disebut dengan rongga terisi aspal. Semakin tinggi nilai VFB menunjukkan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap udara dan air. Pada grafik dapat dilihat terjadi penurunan nilai VFB . karena semakin besar persentase BGA dan abu ampas tebu maka akan semakin banyak diselimuti oleh aspal dan mengurangi jumlah aspal yang seharusnya mengisi rongga yang ada dalam campuran.

6) MQ (Marshall Quotient)

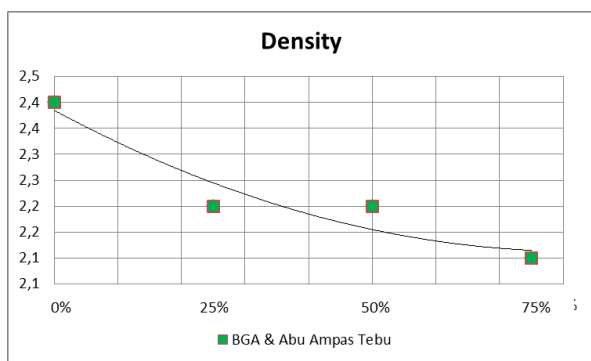


Gambar 7. Grafik MQ Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

*Marshall Quotient* (MQ) mengidentifikasi campuran beton aspal terhadap kekakuan dan fleksibilitas. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi

menunjukkan bahwa lapisan tersebut kurang lentur bersifat kaku dan bila nilainya lebih rendah maka campuran beton aspal semakin lentur dan fleksibel. Pada grafik dapat dilihat terjadi kenaikan nilai MQ. Nilai MQ terbesar terdapat pada variasi 75%. Dari grafik diatas dapat kita ketahui bahwa nilai agregat halus *Buton Granular Asphalt* lebih tinggi dari *filler* abu ampas tebu karena pada agregat halus *Buton Granular Asphalt filler* yang digunakan adalah 100% abu batu, sedangkan pada *filler* abu ampas tebu, abu batu yang terkandung adalah 50%. Diketahui bahwa abu ampas tebu memiliki massa yang lebih ringan dan lentur dari abu batu.

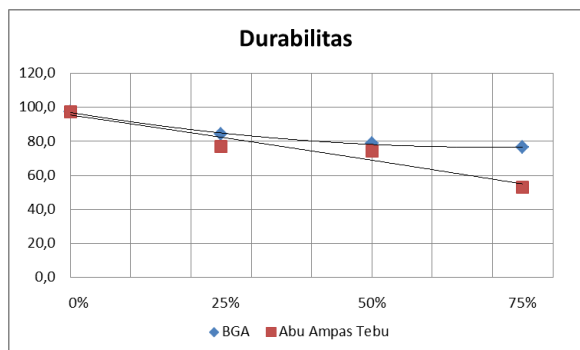
7) *Kepadatan (Density)*



Gambar 8. Grafik Density Dengan Persentase Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

Nilai density merupakan besarnya kerapatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin tinggi nilai stabilitas, maka nilai kepadatan juga naik sampai dengan kepadatan maksimumnya, karena pada kondisi tersebut campuran sudah dalam keadaan padat. Dari hasil pengujian Marshall pada masing – masing variasi agregat halus *Buton Granular Asphalt filler* abu batu dan abu ampas tebu yang ditampilkan pada Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa keduanya sama-sama mengalami penurunan. Namun semuanya masih memenuhi pada Spesifikasi Umum 2018 yaitu  $>2 \text{ gr/cm}^3$

E. *Pengujian Durabilitas*



Gambar 9. Grafik Durabilitas Pada Agregat Halus Buton Granular Asphalt dan Filler abu ampas tebu

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 akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Lebih jelas dapat dilihat grafik durabilitas untuk campuran agregat halus *Buton Granular Asphalt* dan abu ampas tebu di gambar 8. Dari gambar di atas diketahui nilai durabilitas semakin menurun seiring bertambahnya. hanya pada variasi 0% yang sesuai dengan syarat spesifikasi yaitu  $>90$ . Menurunnya nilai durabilitas maka kemampuan aspal menerima beban lalu lintas semakin rendah.

IV. **KESIMPULAN**

Hasil pengujian sifat fisis agregat dan sifat fisis aspal memenuhi syarat dan dapat digunakan sebagai material campuran aspal AC-WC. Persentase komposisi *Mix Design* yang diperoleh agregat *split* 10%, *screen* 30%, *dust* 38% (dengan di substitusikan *Buton Granular Asphalt* dengan variasi 25%, 50%, dan 100%), pasir 20%, dan filler 2% dengan substitusi abu ampas tebu 50% dari total *filler* dan kadar aspal optimum (KAO) 6,6%. Parameter marshall agregat halus *Buton Granular Asphalt filler* abu batu dan *filler* abu ampas tebu nilai stabilitas, *flow*, VMA, VIM, dan MQ mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar *Buton Granular Asphalt* dengan *filler* abu batu. Nilai pada VFB, *density*, dan durabilitas mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar *Buton Granular Asphalt*. Nilai optimum parameter *Marshall* pada campuran 25% *Buton Granular Asphalt*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alik Ansyori, A. 2017. *Pemanfaatan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash of Sugar Cane) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Dengan Variasi Tumbukan Pada Campuran Aspal ATB (Asphalt Treatd Base)*. Skripsi. Malang : Universitas Muhammadiyah Malang.
- [2] Amsuri, N. 2019. *Pemanfaatan Crumb Rubber dan Limbah Bongkaran Laston Untuk Daur Ulang Campuran AC-WC*. Skripsi. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- [3] Dimas Arief, S. 2012. *Pengaruh Penggunaan Penggunaan Buton Granulal Asphalt (BGA) 15/20 Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC*. Skripsi. Jember :Universitas Jember.
- [4] Ditjen Bina Marga Kemen PU RI. 2010, Divisi 6 Pekerjaan Aspal, Spesifikasi Umum 2018 ,Jakarta
- [5] Fajar Himawan, W. Dan M Bachtiar, M. 2012. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal Beton Jenis "Hot Rolled Sheel Wearing Course"*. Jurnal. Semarang : Universitas Diponegoro.
- [6] Soehartono, 2015. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Pekerjaan Jalan*. Yogyakarta : Andi.
- [7] Misbah, dan Sugeng Hartono. 2014. *Kajian Campuran Aspal Panas Agregat (AC-BC) Dengan Tambahan Aspal Asbuton Berbutir BGA (Buton Granular Asphalt) Dengan Pengujian Aspal*. Jurnal. Padang : Institut Teknologi Padang.
- [8] Mubazar, A. 2019. *Fleksibilitas Lateks pada Bongkaran Laston AC-BC Menggunakan Metode Marshall Test*. Skripsi. Lhokseumawe: Politeknik Negeri Lhokseumawe.

- [9] Yusup, A.M. 2018. *Pengaruh Penggunaan BGA (Buton Granular Asphalt) Pada Perencanaan Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 dengan Menggunakan Fly –Ash Sebagai Filler*. Skripsi. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.
- [10] Raden Hendra A., dan Andri Imani Darma. 2012. *Pengaruh Penambahan Filler Abu Ampas Tebu Pada Campuran Aspal Terhadap Sifat Marshall*. Jurnal. Medan: Institut Teknologi Medan.
- [11] Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- [12] Iqbal Arsyad Arfan. 2018. *Studi Eksperimental Penentuan Kadar Aspal Buton Optimum Tipe LGA 50/30 Menggunakan Agregat Batu Gamping*. Skripsi. Makassar : Universitas Hasanuddin