

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang jalan yaitu:

1. Pengelompokan jalan berdasarkan sistem jaringan jalan
 - a. Sistem jaringan jalan primer, disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
 - b. Sistem jaringan jalan sekunder, disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder.
2. Pengelompokan jalan berdasarkan fungsi jalan
 - a. Jalan arteri, jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi.
 - b. Jalan kolektor, jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jalan masuk dibatasi.
 - c. Jalan lokal, jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
 - d. Jalan lingkungan, jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.
4. Pengelompokan jalan berdasarkan status jalan.
 - a. Jalan bebas hambatan (*freeway*), jalan umum untuk lalu lintas menerus yang memberikan pelayanan menerus/tidak terputus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh, dan tanpa adanya persimpang sebidang.

- b. Jalan raya (*highway*), jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara terbatas dan dilengkapi dengan median, paling sedikit 2 lajur setiap arah.
- c. Jalan sedang (*road*), jalan umum dengan lalu lintas jarak sedang dengan pengendalian jalan masuk tidak dibatasi, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah dengan lebar paling sedikit 7 meter.
- d. Jalan kecil (*street*), jalan umum untuk melayani lalu lintas setempat, paling sedikit 2 lajur untuk 2 arah dengan lebar paling sedikit 5,5 meter.

Kerusakan jalan dibedakan menjadi dua yaitu kerusakan struktural dan kerusakan fungsional.

1. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural yaitu kerusakan jalan yang sudah mencapai kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih dari komponen perkerasan sehingga menyebabkan perkerasan tidak dapat lagi menanggung beban lalu lintas. Kerusakan ini ditandai dengan kerusakan pada sebagian atau keseluruhan lapisan perkerasan jalan, lebih bersifat progresif. Pada umumnya apabila kerusakan struktural tidak segera ditangani maka akan berkembang cepat menjadi kerusakan yang lebih besar dan berat. Kerusakan struktural biasanya harus diperbaiki dengan membangun ulang perkerasan.

2. Kerusakan Fungsional

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang dapat mengganggu fungsi jalan tersebut. Kerusakan fungsional ini khususnya tergantung pada tingkat kekasaran permukaan. Sifat kerusakan fungsional umumnya tidak progresif, perkerasan masih mampu menahan beban yang bekerja, hanya menyebabkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan terganggu dan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) meningkat. Kerusakan ini dapat berhubungan atau tidak dengan kerusakan struktural.

Secara garis besar, kerusakan pada perkerasan beraspal dapat dikelompokkan atas empat modus kejadian, yaitu retak, cacat permukaan, deformasi, dan cacat tepi perkerasan (Departemen Pekerjaan Umum, 2005).

2.2 Perkerasan Jalan Aspal

2.2.1 Lapisan Aspal Beton

Laston adalah beton aspal bergradasi meneerus umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Laston dikenal pula dengan nama AC (Asphalt Concrete) Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6cm. Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston berfungsi untuk lapisan permukaan aus, dikenal dengan nama Asphalt Concrete- Wearing Course. Tebal minimum AC-WC adalah 4cm.
2. Laston berfungsi untuk lapisan pengikat, dikenal dengan nama Asphalt Concrete- Binder Course. Tebal nominal minimum AC-BC adalah 5cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete- Base). Tebal nominal minimum AC-Base adalah 6cm.

Tabel 2.1 Tebal Nominal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Laston sebagai lapis aus adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Selain itu, Bina Marga 2018 juga memberikan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada tabel:

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	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 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min.	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Campuran Beton Aspal AC-WC

Ayakan		Gradasi
No. Saringan	Ukuran Saringan (mm)	AC-WC
1 1/2"	3,750	-
1"	25,000	-
3/4"	19,000	100
1/2"	12,500	90-100
3/8"	9,500	77-90
No.4	4,750	53-69
No.8	2,360	33-53
No.16	1,180	21-40
No.30	0,600	14-30
No.50	0,300	9-22
No.100	0,150	6-15
No.200	0,075	4-9

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.3 Material Campuran Beton Aspal

2.3.1 Agregat Kasar

Pengertian agregat kasar tertahan pada saringan #8 (2,36mm), fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. Memberikan stabilitas kekuatan campuran dari kondisi saling mengunci (*interlocking*) dari masing-masing agregat kasar dan dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.
2. Stabilitas berdasarkan oleh ukuran dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar).

Tabel 2.4 Spesifikasi Agregat Kasar

Pengujian		Metoda 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	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 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

Sumber : Sepesifikasi Umum Bina Marga, 2018

2.3.2 Agregat Halus

Fraksi agregat halus yaitu lolos saringan #8 dan tertahan #200, fungsi agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Menambah stabilitas kekuatan dari campuran aspal dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
2. Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
3. Agregat halus pada saringan ukuran #8 sampai dengan ukuran #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
4. Pada amplop gradasi, agregat halus pada #8 sampai dengan #30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu, sehingga permukaan Gap Graded cenderung halus.
5. Agregat halus pada saringan ukuran #30 sampai dengan saringan #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
6. Penentuan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Tabel 2.5 Spesifikasi Agregat Halus

Pengujian	Metoda 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%

(Bina Marga, 2018)

Pada satu set saringan berukuran yaitu 4 inci, 3 1/2 inci, 3 inci, 2 1/2 inci, 2 inci, 1 1/2 inci, 1 inci, 3/4 inci, 1/2 inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan ukuran bukaan dalam 1 inci panjang. Gradasi agregat dari hasil analisis pemeriksaan dengan mempergunakan 1 set saringan. Saringan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas, dan yang paling halus ukuran saringan (No.200) terbawah sebelum pan (Sukirman,2003).

Tabel 2.6 Ukuran Bukaannya Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inci	100	3/8 inci	9,5
3 1/2 inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
2 1/2 inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
1 1/2 inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
3/4 inci	19	No.200	0,075
1/2 inci	12,5		

Sumber : Silvia Sukirman, 2003

2.3.3 Pemeriksaan Agregat

Agregat merupakan hasil produksi dari bahan-bahan alam, sehingga sifat-sifat agregat harus selalu diperiksa di laboratorium dan agregat yang memenuhi syarat-syarat yang telah ditetapkan.

1. Berat jenis dan penyerapan agregat ukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran agregat dan aspal, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibanding dengan perbandingan volume dan juga untuk menentukan banyak pori agregat. (Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001). Berat jenis dari 4 macam yaitu:
 - a. Berat jenis curah (*Bulk Specific Gravity*), berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada (volume pori yang dapat diresapi oleh aspal, volume pori yang tidak dapat diresapi oleh aspal, atau dapat dikatakan seluruh volume pori yang dapat dilewati air dan volume partikel).
 - b. Berat jenis permukaan jenuh (*SSD Specific Gravity*), berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya dapat diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel.

- c. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*), berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air.
- d. Berat jenis efektif, nilai tengah berat jenis curah dan semu, terbentuk dari campuran partikel kecuali pori-pori udara yang dapat menyerap aspal, yang selanjutnya akan terus diperhitungkan dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal.

Nilai penyerapan adalah perbandingan perubahan berat agregat karena penyerapan air oleh pori-pori dengan berat agregat pada kondisi kering. Prosedur untuk pengujian berat jenis agregat kasar.

Berikut metode perhitungan berat jenis dan nilai penyerapan agregat kasar:

$$\text{Berat Jenis bulk} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \dots \dots \dots 2.1$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \dots \dots \dots 2.2$$

$$\text{Berat Jenis semu} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \dots \dots \dots 2.3$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100 \% \dots \dots \dots 2.4$$

Keterangan :

Bk = Berat sampel kering oven (gram)

Bj = Berat sampel kering – permukaan jenuh (gram)

Ba = Berat uji kering – permukaan jenuh di dalam air (gram)

Prosedur untuk pengujian berat jenis agregat halus berdasarkan SK SNI M-09-1998-F atau ASTM C 128 84. Berikut perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus :

$$\text{Berat Jenis bulk} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots 2.5$$

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots 2.6$$

$$\text{Berat Jenis semu} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots \dots \dots 2.7$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots \dots \dots 2.8$$

Keterangan :

Bk = Berat sampel kering oven (gram)

B = Berat piknometer berisi air (gram)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan SSD (gram)

2. Abrasi *los angeles*

Prinsip pengujian los angeles adalah ukuran dari agregat yang terkikis dari gradasi standar akibat kombinasi abrasi, tekanan, dan penggilasan di dalam drum baja. Ketika drum berputar, bilah baja yang terdapat di dalamnya mengangkat sampel dan bola baja, membawanya berputar-putar sampai kembali jatuh, mengakibatkan efek tumbuk-tekan atau impact-crushing pada saampel. Sampel sendiri kemudian berguling dengan mengalami aksi abrasi dan penggilasan sampai bilah baja kembali menekan dan membawanya berputar. Sehingga siklus yang terjadi dalam mesin los angeles. (Buku Besar Laboratorim Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, 2001). Prosedur pengujian ini berdasarkan ASTM C 131 76 atau AASHTO T 96 - 87. Berikut perhitungan abrasi los angeles:

$$\text{Nilai keausan los angeles} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \dots \dots \dots 2.9$$

Keterangan :

A = Berat sampel semula (gram)

B = Berat sampel yang tertahan / lebih besar dari 1,7 (gram)

2.3.4 Gradasi Campuran Agregat

Gradasi agregat menentukan seberapa besar rongga atau pori yang terjadi dalam agregat campuran benda uji. Agregat campuran yang terdiri dari agregat dengan ukuran sama akan berongga atau berpori banyak, karena tak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang dapat mengisi rongga yang terjadi. Sebaliknya, jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit, disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat berukuran lebih kecil (Sukirman, 2003).



Gambar 2.1 Satu Set saringan.

Sumber : Buku Beton Aspal Campuran Panas Silvia Sukirman, 2003

Spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2018, gradasi agregat untuk campuran aspal beton berbeda-beda sesuai dengan jenis perkerasannya :

Tabel 2.7 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

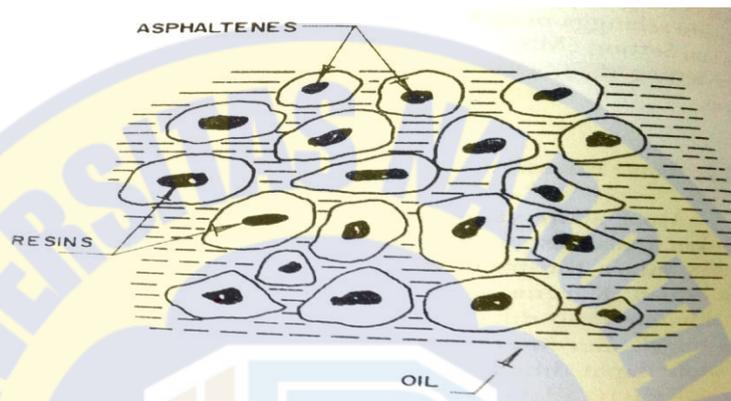
Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	Wc	Base	WC	BC	Base
1 1/2	37,5								100
1	25			100				100	90-100
3/4	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
1/2	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.3.5 Aspal

Aspal yaitu unsur hidokarbon yang kompleks, sangat sulit untuk memisahkan molekul-molekul yang membentuk aspal tersebut. Disamping itu

setiap sumber dari minyak bumi menghasilkan komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari asphaltenes dan metanes. Asphaltenes merupakan material yang berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam heptane. Maltenes larut dalam heptane, merupakan cairan kental yang terdiri dari resin dan oils. Resin merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan (Sukirman, 1999).



Gambar 2.2 Komposisi dari aspal

Sumber : Silvia Sukirman, 1999

Pemeriksaan semen aspal perlu dilakukan untuk memenuhi sifat fisik dan kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai tujuannya, pemeriksaan aspal dapat dibagi atas 6 kelompok pengujian, yaitu:

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian konsistensi aspal.
3. Pengujian berat jenis semen aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.
4. Pengujian kemampuan mengikat aspal.
5. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan
6. Pengujian durabilitas aspal.

Menurut Soehartono (2015) aspal minyak adalah campuran bahan-bahan tersisa dari proses destilasi minyak di pabrik kilang minyak, bahan sisa yang dianggap sudah tidak bisa lagi diproses secara ekonomis (dengan kemajuan teknologi dan kondisi mesin yang ada) untuk dapat menghasilkan produk-produk yang dapat dijual seperti misalnya sejenis bahan bakar, bahan pelumas dan lainnya. Bahan-bahan sisa tadi dicampurkan antaresidu padat dengan bahan cair lain,

biasanya akan dibagi dalam tiga kelas, yaitu Kelas Penetrasi (Pen 40/50, Pen 80/70, dan Pen 80/100). Di negara lain, selain Kelas Penetrasi dikenal juga Kelas Viskositas (Australia, contoh: AC-2.5, AC-5, dan sebagainya) serta kelas Performance Grade (diusulkan oleh SHRP untuk kelas aspal yang dikaitkan dengan ketahanannya terhadap suhu, contoh: PG 64-1,0, PG 70-20, dan sebagainya).

2.3.6 Jenis Aspal

Menurut Soehartono. (2015) pilihan untuk menggunakan aspal minyak dengan angka penetrasi 60/70 tidak dapat dicegah lagi, akhirnya menjadi favorit. Hal ini memudahkan produsen karena hanya akan produksi satu jenis aspal, cara mengurangi kemungkinan penyimpanan aspal berlebihan atau kekurangan dari satu jenis aspal yang tidak bisa ditutup dengan aspal jenis lain. Persyaratan aspal konvensional penetrasi 60/70 dapat dilihat pada tabel :

Tabel 2.8 : Persyaratan Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi 25 °C, 100gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 2456:2011	60-79
2	Titik Lembek ; °C	SNI 2434:2011	>48
3	Titik Nyala ; °C	SNI 2433:2011	>232
4	Daktalitas, 25 ; cm	SNI 2432:2011	Min. 100
5	Berat Jenis	SNI 2441:2011	Min. 1,0
6	Kelarutan dalam Trichlor Ethylen; % berat	AASHTO T44-14	Min. 99
7		SNI 06-2440-1991	Max. 0,8

	Penurunan Berat (dengan RTFOT); % berat		
8	Penetrasi setelah RTFOT ; % asli	SNI 2456:2011	Min. 54
9	Daktalitas setelah RTFOT ; % asli	SNI 2432:2011	Min. 50

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 – 10% berdasarkan berat atau 10 – 15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal (Sukirman, 2003).

Aspal merupakan campuran dari bitumen dan mineral, yang sering juga disebut bitumen. Hal tersebut disebabkan karena bahan dasar utama dari aspal adalah bitumen. Di Indonesia aspal padat umumnya dikelompokkan berdasarkan nilai penetrasinya. Penetrasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70, Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Soehartono, 2015).

2.3.7 Aspal Asbuton

Aspal alam merupakan aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Aspal pulau buton merupakan campuran material bitumen dengan bahan material mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

Aspal jenis ini banyak terdapat di alam, contohnya:

1. Lake Asphalt, terdapat di Trinidad, Bermuda. Aspal dari Trinidad ini, jika durasi akan didapatkan bahan – bahan dengan komposisi sebagai berikut:

- a. 40% bitumen
 - b. 30% bahan eteris
 - c. 25% bahan mineral
 - d. 5% bahan organik
2. Batu aspal (rock asphalt) di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal ini juga dikenal dengan Butas (Buton Asphalt) atau Asbuton, terdapat di dalam batu karang, sehingga aspalnya bercampur dengan batu kapur (CaCO_3). Asbuton pada umumnya tersusun dari:
- a. 30% bahan bitumen
 - b. 65% bahan mineral
 - c. 5% bahan lain

Untuk kondisi ini, dalam prosesnya minyak bumi keluar melalui material batuan yang porous, sehingga minyak bumi bersama aspal akan menguap ke lapisan batu yang porous dan terjadilah rock asphalt. Mengingat proses terjadinya batu aspal ini, maka kadar bitumen yang ada dalam batu aspal tidak merata.

Batu aspal di Pulau Buton ini di dalam eksploitasinya dikelompokkan menurut kadar bitumennya, hal ini dimaksudkan untuk memudahkan penggunaannya dalam pekerjaan jalan pengelompokkan tersebut sebagai berikut:

Tabel 2.9 kadar bitumen sesuai kelompok

Kelompok	Kadar Bitumen (%)
Asbuton 10 (B 10)	9 – 11
Asbuton 13 (B 13)	11,5 – 14,5
Asbuton 16 (B 16)	15 – 17
Asbuton 20 (B 20)	17,5 – 22,5
Asbuton 25(B 25)	23 – 27
Asbuton 30 (B 30)	27,5 – 32,5

Pada asbuton ini jumlah bahan selain bitumen dapat mencapai lebih dari 80% yang berupa pasir dan kapur. Mineral yang terkandung dalam kapur dan pasir tersebut antara lain:

Bahan susun asbuton terdiri dari:

Asphaltene : 68,42%

Maltenese : 31,58%

1. Sifat

- a. Mudah menyerap air, untuk pekerjaan jalan kadar air yang dianjurkan maksimum 10%.
- b. Bila sampai pada suhu 30°C, batu aspal masih bersifat rapuh dan mudah pecah, sehingga jika diinginkan butiran batu aspal harus dilakukan pada suhu rendah. Sedangkan pada suhu 40° - 60°C batu aspal bersifat agak plastis dan sukar pecah. Bila suhu mencapai 100° - 150°C, batu aspal akan hancur dan akan mulai terbakar pada suhu 250°C.
- c. Sebagai bahan jalan terdiri dari
 - 1) Maltenese: dapat diperbanyak dengan menambah pengencer atau aspal minyak
 - 2) Penetrasi: nilainya 3,25 akan naik berbanding lurus dengan jumlah pengencer maupun waktu.
 - 3) Daktilitas: nilainya akan naik berbanding dengan pengencerannya.

2. Bahan Pelunak

Untuk mengeluarkan bitumen dari dalam butiran asbuton, perlu ditambahkan bahan pelunak/ pengencer. Bahan pelunak ini dapat berupa flux oil, bunker oil / minyak bakar, campuran solar dan aspal semen serta aspal cair. Jumlah berat bahan pelunak yang dibutuhkan sebanyak 3 – 5% berat asbuton kering.

3. Usaha Pemanfaatan

Pemanfaatan buton selama ini telah diusulkan semaksimal mungkin. Usaha tersebut antara lain berupa perbaikan atas karakteristik bitumen dan atau bahan pengisinya. Beberapa contoh usaha pemanfaatan asbuton:

- a. Asbuton mikro
- b. Buton Epuro (BE)
- c. Butomic Mastic Aspal (BMA)
- d. Refined Asbuton (Retona)

Tabel 2.10 mineral yang terkandung

Mineral	Kandungan (%)
Kalsium Karbonat (CaCO ₃)	81,62 – 85,27
Magnesium Karbonat (MgCO ₃)	1,98 – 2,25

Mineral	Kandungan (%)
Kalsium Sulfat (CaSo4)	1,25 – 1,7
Kalsium Sulfida (CaS)	0,17 – 0,33
Air Kablen	1,3 – 2,15
Silikat Oksida (SiO2)	6,95 – 8,25
AluminiumOksida (Al2O3) dan Besi2 Oksida (Fe2O3)	2,15 – 2,84
Sisa	0,83 – 1,12

Aspal alam hanya terdapat di dua tempat di dunia, yaitu di Pulau Buton di Indonesia dan di Trinidad Tobago di Amerika Tengah. Persebaran aspal alam di Pulau Buton sendiri mencapai 700 juta ton yang diakui sebagai deposit aspal alam terbesar di dunia, yaitu sekitar 80% dari total cadangan aspal alam di dunia.

Aspal Buton sudah ditemukan sejak tahun 1924 di Pulau Buton, tetapi baru mulai digunakan untuk pengaspalan jalan sejak tahun 1926. Saat ini, aspal Buton juga dimanfaatkan untuk pembenahan dan pembangunan infrastuktur jalan, serta jembatan di wilayah Kabupaten Buton sebagai salah satu skala prioritas dalam RPJMD (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah) Kabupaten Buton tahun 2012-2017. Berdasarkan data yang ada, asbuton memiliki deposit sekitar 677 juta ton.

Aspal yang diciptakan dari lapisan minyak di perut bumi yang terperangkap di dalam lapisan bumi. Campuran yang terkandung minyak itu lama kelamaan naik dan bercampur tanah dan bebatuan di lapisan atas. Minyak bumi berada di lapisan dalam yang ada di atasnya terdapat batu-batuan dan tanah. Minyak yang terperangkap itu akan naik ke batu-batuan dan tanah. Buton merupakan daerah patahan sehingga aspal Buton mengandung minyak bumi. Aspal jenis ini hanya terdapat di kawasan Lawele di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal Buton dapat ditemukan hingga kedalaman 1.000 meter ke bawah, sedangkan aspal minyak baru bisa ditemukan setelah kedalaman 3.800 meter. Jika aspal dipisahkan dari minyak bumi, diperkirakan akan diperoleh hasil satu ton minyak pada setiap 5 ton aspal yang diolah.

2.3.8 Pengujian Ekstraksi Aspal

Ekstraksi adalah pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang dapat melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut. Cara uji ekstraksi kadar aspal dari campuran beraspal menggunakan tabung refluks gelas, sangat diperlukan. Pedoman untuk uji ekstraksi kadar aspal dari campuran beraspal menggunakan tabung refluks gelas yaitu SNI 03-6894-2002.

Tabel 2.11 Berat Benda Uji

Ukuran Agregat Maksimum		Berat benda uji minimum (gr)
(mm)	(Inci)	
4,75	0,187	500
9,5	3/8	1000
12,5	1/2	1500
19,0	3/4	2000
25,0	1	3000
38	1.5	4000

Sumber : SNI 03-6894-2002.

Rumus untuk menentukan kadar aspal adalah

$$B = \frac{(W1 - W2) - (W3 + W4)}{W1 - W2} \times 100 \% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

B : Kadar aspal (%).

W 1 : Berat benda uji (gram)

W 2 : Berat air dalam benda uji (gram)

W 3 : Berat mineral agregat hasil ekstraksi (gram)

W 4 : Berat mineral halus yang tertinggal di dalam filtrat (gram)

2.3.9 Filler

Bahan pengisi yang ditambah terdiri atas debu batu kapur (*limestone dust*), semen Portland, abu terbang, abu tanur semen atau bahan non plastis lainnya dari sumber yang disetujui oleh direksi pekerjaan. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki. Bahan pengisi yang digunakan harus kering dan

bebas dari gumpalan-gumpalan, dan bila diuji dengan pengayakan sesuai dengan SNI 03-4142-1996 harus sesuai dengan persyaratan bahan pengisi untuk campuran beraspal (SNI 03-6723-2002), yaitu mengandung bahan yang lolos ayakan 0,279 mm (No. 50) minimum 95% dan lolos ayakan 0,075 mm (No. 200) minimum 70 % terhadap beratnya, serta mempunyai sifat non plastis. Secara umum penambahan filler ini dimaksudkan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran (Bina Marga,1983). Adapun ketentuan filler pada campuran aspal menurut Bina Marga 2018 adalah:

1. Bahan pengisi yang ditambahkan (*Filler Added*) dapat berupa debu batu kapur (Limestone Dust), kapur padam (Hydrated Lime), atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014) atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan pengikat jenis aspal keras Pen.60/70
2. Bahan pengisi yang ditambahkan (*Filler Added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen.
3. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan - gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136; 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya.

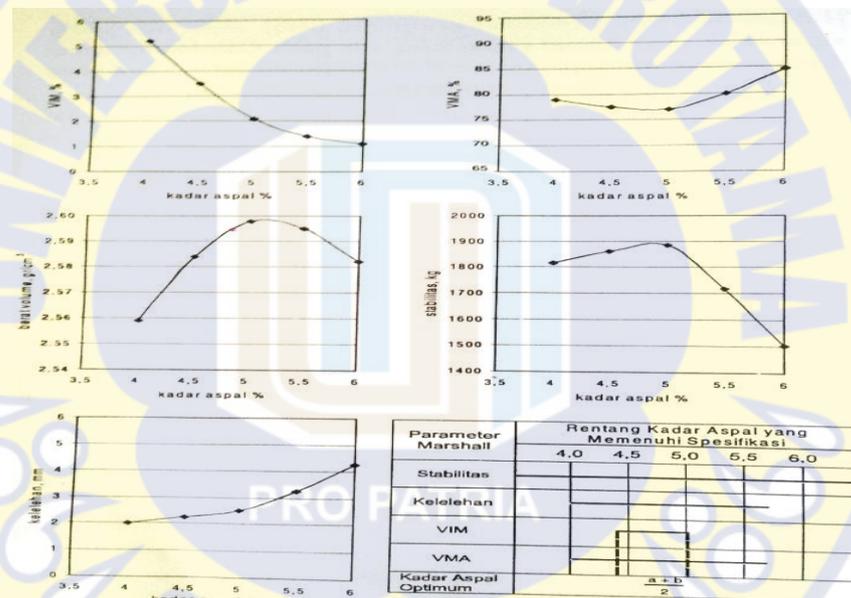
2.4 Design Mix Formula (DMF)

Terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu metode Marshall yang dikembangkan oleh The Asphalt Institute dan metode CQCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada British Standard (Sukirman, 2007).

1. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90. Langkah-langkah kerja campuran metode Marshall (Sukirman, 2007) adalah:

- a. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
- b. Merancang proporsi dari masing-masing agregat
- c. Menentukan kadar aspal total dalam campuran
- d. Membuat benda uji atau briket beton aspal
- e. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda uji.
- f. Menghitung parameter VIM, VMA, VFA, berat volume campuran, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
- g. Menggambarkan hubungan kadar aspal dan parameter Marshall.
- h. Membuat *Job Mix Formula*.



Gambar 2.3 Hubungan kadar aspal dan parameter aspal

Sumber : Buku Beton Aspal Campuran panas.Sukirman.S 2003

2. Metode Analitis

Metode Analitis adalah metode yang digunakan dalam penelitian bertujuan mendapatkan campuran aspal beton yang baik maka harus diperhatikan penggabungan agregatnya. Campuran agregat tersebut sangat berpengaruh pada resep komposisi campuran agar didapatkan suatu campuran yang homogen dan butir agregat yang sesuai standar spesifikasi berikut prinsip kerja dari metode penggabungan analitis yang digunakan:

- a. Tentukan gradasi agregat yang digunakan.

- b. Tentukan campuran agregat dan filler. Hitung butiran agregat yang lewat saringan sesuai gradasi lapisan dengan mangalikan presentase agregat.
- c. Tentukan spesifikasi ideal terhadap butiran yang lewat saringan nomor 200. Hitung kekurangan butiran yang lewat saringan nomor 200 dengan mengurangkan spesifikasi ideal dengan total butiran lewat saringan nomor 200.
- d. Tentukan komposisi campuran. Dalam perencanaan suatu campuran, kadar aspal ditentukan dengan rumus berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil 2002 seperti berikut ini:

$$P = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\text{filler}) + K \dots\dots\dots$$

2.10

Dimana :

P = kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

Ca = persen agregat tertahan saringan No 8

FA = persen agregat lolos saringan No 8 dan tertahan saringan No.200

Filler = persen agregat minimal 75% lolos No 200

K = konstanta; 0,5-1,0 untuk laston; 2,0 – 3,0 untuk Lataston

2.5 Metode Pengujian Marshall Test

Uji marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastisitas dari campuran aspal. Ketahanan (stabilitas) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastisitas. Ditemukan oleh Bruce Marshall dari Misisipi State Highway Department sekitar tahun 1940-an dibuat standard dalam ASTM D 1559-89, dengan membuat beberapa benda uji dengan kadar aspal yang berbeda kemudian di test kadar udara (*porosity*), *stability* dan *flow*. Kesimpulan test diplot terhadap kadar bitumen, kemudian kadar optimum bitumen dipilih, proses ini mengukur secara teliti: *porosity*, *stability*, *flow*, sehingga didapatkan sifat aspal yang awet dan tahan terhadap rutting (penurunan) serta *fatigue* (retak karena lelah). Perhitungan marshall dapat menggunakan rumus:

1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan merupakan perbandingan antara berat kering benda uji dengan berat air pada volume yang sama. Kepadatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$i = \frac{e}{(f-g)} \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan:

f = berat dalam kering keadaan jenuh permukaan (gr);

(f - g) = volume bulk (cm³).

g = berat dalam air (gr);

i = *density* (gr/cm³);

e = berat kering (gr);

2. Rongga dalam campuran (*void in mix*)

Sukirman (2003) menyatakan banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. Rongga dalam campuran dinyatakan dalam persen terhadap volume beton aspal padat, dapat dihitung dengan persamaan:

$$k = 100 - 100 (i / j) \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan:

k = persen rongga (%);

i = berat volume atau density (gr/cm³);

j = berat jenis teoritis.

$$j = \frac{100}{\frac{\% Agregat}{Bj Agregat} + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}} \dots\dots\dots (3.5)$$

3. Rongga dalam mineral agregat (*void in mineral aggregate*)

Rongga didalam mineral agregat atau rongga antara butiran agregat adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran perkerasan yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji. Perhitungan nilai rongga antar butir agregat (VMA) terhadap campuran dihitung dengan persamaan:

$$l = 100 - \left\{ \frac{(100-b) x i}{Bj.agregat} \right\}; \dots\dots\dots 2.13$$

Keterangan:

l = rongga di dalam mineral agregat (VMA);

- i = berat volume benda uji (gr/cm³).
- b = persen aspal terhadap campuran;

4. Rongga terisi aspal (*void filled by asphalt*)

Sukirman (2003) menyebutkan persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Aspal yang mengisi pori-pori berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain VFA merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

Besarnya nilai rongga terisi aspal dapat dihitung dengan persamaan:

$$VFA = \frac{100 \times (VMA - V_a)}{VMA} \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan:

- VFA = rongga terisi aspal, persen VMA;
- V_a atau VIM = rongga di dalam campuran, persen total campuran
- VMA = rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk;

5. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun *bleeding* (Sukirman, 2003). Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan dial stabilitas Marshall dan kemudian harus dikalikan dengan kalibrasi alat dan faktor koreksi benda uji. Besarnya nilai stabilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = n \times f_a \times f_b \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan:

- S = Stabilitas (kg);
- n = pembacaan dial stabilitas;
- f_a = faktor kalibrasi alat;
- f_b = faktor koreksi

6. Kelelahan plastis (*flow*)

Kelelahan plastis yaitu perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh. Nilai kelelahan plastis dapat langsung dibaca pada dial *flow* dan dinyatakan dalam satuan milimeter atau 0,1 *inchi*.

7. Marshall *quotient* (MQ)

Marshall *quotient* adalah perbandingan nilai stabilitas dan *flow*. Nilai stabilitas Marshall yang tinggi dan *flow* yang rendah, sehingga bila menerima beban mudah retak. Besarnya nilai Marshall *quotient* dapat diperoleh dengan persamaan:

$$MQ = \frac{S}{flow} \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan:

MQ = nilai Marshall quotient (kg/mm);

Flow = pembacaan dial *flow* (mm).

S = nilai stabilitas Marshall (kg);

2.6 Metode Daur Ulang

Metode daur ulang berdasarkan tempat alat bila ditinjau dari penggunaan peralatan ada 2 macam yaitu :

1. Metode daur ulang ditempat, *In Place Recycling* Pada metode ini digunakan,

In Place Recycling Machine:

- a. Pemanas lapis permukaan perkerasan (*Road Preheater*)
- b. Alat bongkar lapis perkerasan (*Hot Milling*)
- c. Alat perata dan pematat (*Compacting Screed*)
- d. Alat pencampur bahan lama dengan bahan baru (*Pugmill Mixer*)
- e. Alat penghampar (*Paver/Finisher*)

2. Metode daur ulang *In Plant Recycling*

Pada metode ini, material RAP hasil penggarukan dengan menggunakan alat penggaruk (*Milling*) diangkut ke *Asphalt Mixing Plant* (AMP) tipe Bach atau Continous, yang telah dimodifikasi. Didalam unit pencampur ini material RAP tersebut dicampur dengan material baru yaitu agregat, aspal dan bahan peremaja bila diperlukan.

- a. Alat penggaruk (*Milling*)
- b. Unit pencampur aspal (*Asphalt Mixing Plant*)
- c. Dump truck
- d. Alat penghampar
- e. Alat pematat

Pada dasarnya perbaikan lapis keras dengan metode daur ulang dapat dilaksanakan setelah terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan perkerasan. Dari

pemeriksaan awal ini akan diketahui metode yang sesuai untuk digunakan dalam teknik daur ulang maupun cara modifikasi yang harus dilakukan untuk menghasilkan lapis keras daur ulang dengan kualitas dan kuantitas optimal yang direncanakan.

2.7 Penelitian Terdahulu

Untuk mendukung penelitian tentang material Asbuton, berikut adalah beberapa referensi penelitian tentang Asbuton pada lapisan AC-WC:

1. Pada penelitian terdahulu oleh Arief Setiawan (2011) dengan judul “Studi Penggunaan Asbuton Butir Terhadap Karakteristik Marshall Asphaltic Concrete Wearing Course Asbuton Campuran Hangat (AC-WC)”. Kesimpulan penelitian adalah Permaisya hangat yang digunakan adalah AC 60/70 dengan kadar 3,5%. Pengujian karakteristik campuran dengan menggunakan alat Marshall. Hasil yang diperoleh adalah memenuhi spesifikasi pada kadar asbuton butir 11,5% sampai dengan 14,5% dengan kadar asbuton butir optimum terpilih 12,1%.
2. Pada penelitian terdahulu oleh Nyoman Suaryana (2018) dengan judul “Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal dengan Bitumen Hasil Ekstraksi Penuh dari Asbuton”. Kesimpulan penelitian adalah Karakteristik campuran dengan asbuton murni mempunyai kinerja yang lebih baik ditinjau dari nilai stabilitas Marshall yang lebih tinggi yaitu 1871 kg berbanding 1100 kg pada campuran AC-WC, dan 1241,9 kg berbanding 1094 kg pada campuran AC-WC normal. Hasil uji ketahanan terhadap deformasi menunjukkan campuran beraspal dengan asbuton murni lebih tahan terhadap deformasi alur yang ditunjukkan dengan nilai stabilitas dinamis yang lebih tinggi yaitu 4200 berbanding 492 lintasan/mm pada campuran AC-WC, dan 2739 berbanding 325 lintasan/mm pada campuran AC-WC normal.
3. Pada penelitian terdahulu oleh Marissa Rizqi (2019) dengan judul “Perbandingan Substitusi Agregat Pada Campuran Aspal Beton Ac-Wc Pen 60/70 dengan Asbuton”. Kesimpulan penelitian adalah berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, campuran beraspal panas Asbuton Lawele Granular Asphalt (LGA) dan Buton Granular Asphalt (BGA) memiliki karakteristik stabilitas Marshall 1717,4 kg. Hal ini lebih tinggi dibanding campuran beraspal panas Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) yang memiliki stabilitas Marshall 1208,64 kg. Dengan perbedaan presentase sebesar 508,76 kg, penambahan

LGA dan BGA secara bersamaan mampu mengurangi penggunaan aspal cair pada saat Hotmix dan dibandingkan dengan penambahan RAP.

