

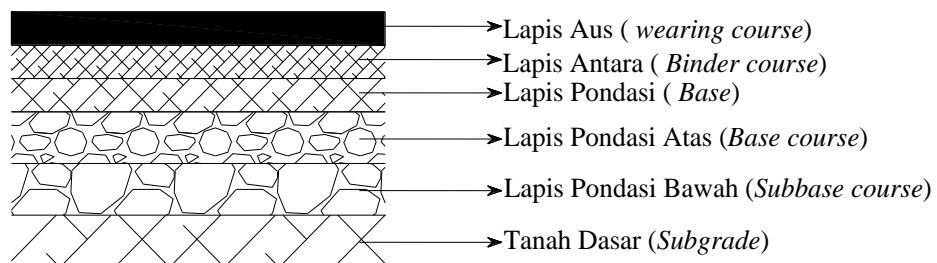
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan. (Silvia Sukirman, 2003)

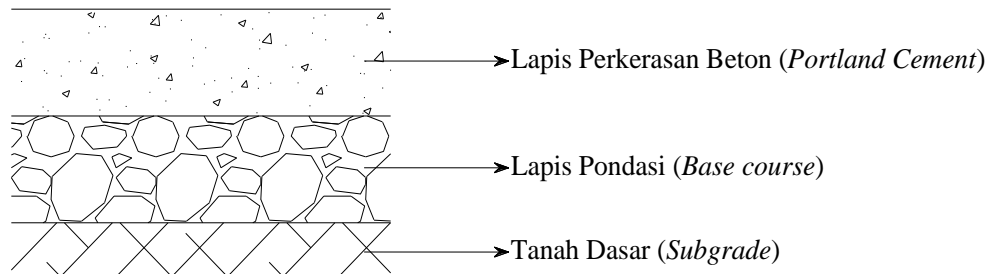
Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)



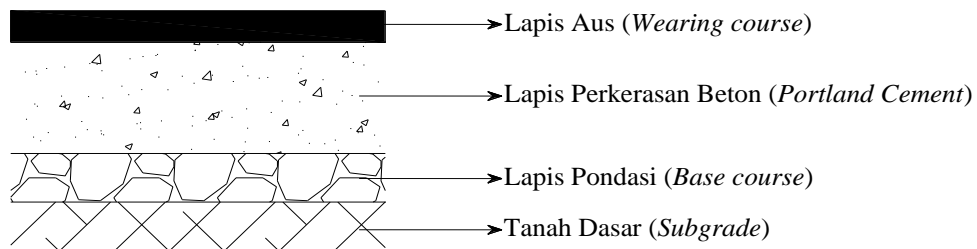
Gambar 1. Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)



Gambar 2. Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)



Gambar 3. Komponen Perkerasan Komposit

B. Fungsi Lapis Perkerasan

Adapun fungsi dari perkerasan yang berlapis–lapis agar perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Di bawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Adapun penjelasan tentang lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapis Permukaan

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi :

a. Struktural

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal (gaya geser).

Untuk hal ini persyaratan yang dituntut adalah kuat, kokoh, dan stabil.

b. Non Struktural

- 1) Lapis kedap air, mencegah masuknya air ke dalam lapisan perkerasan yang ada di bawahnya.
- 2) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- 3) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- 4) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan itu sendiri masih bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan lagi, yaitu :

1) Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis aus (*wearing course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di atas lapis antara (*binder course*).

2) Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis antara (*binder course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak di antara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*).

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi dan tanah dasar.

4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

C. Bahan Penyusun Perkerasan Lentur

Bahan penyusun lapis permukaan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah/ agregat dan lain-lain. Sedangkan untuk bahan ikat untuk perkerasan bisa berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai.

Bahan ikat bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, portland cement, atau kapur/ *lime*.

1. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

a. Sifat Aspal

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri.
- Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

Sehingga aspal yang digunakan harus memiliki syarat-syarat sebagai berikut:

1) Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa umur pelayanan.

2) Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah ikatan di dalam molekul aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3) Kepekaan terhadap *temperature*

Aspal memiliki sifat *termoplastis*, sifat ini diperlukan agar aspal tetap memiliki ketahanan terhadap temperatur.

4) Kekerasan Aspal

Pada pelaksanaan proses pencampuran aspal ke permukaan agregat dan penyemprotan aspal ke permukaan agregat terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas dan viskositas bertambah tinggi. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan aspal dan demikian juga sebaliknya. (Sukirman, 1992).

5) Sifat pengerjaan (*workability*)

Aspal yang dipilih lebih baik yang mempunyai *workability* yang cukup dalam pengerjaan pengaspalan jalan. Hal ini akan mempermudah pelaksanaan penghamparan dan pemadatan untuk memperoleh lapisan yang padat dan kuat.

b. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung – gunung seperti aspal di pulau Buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton, yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal batu Buton). Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Deposit Asbuton membentang dari kecamatan Lawele sampai Sampolawa. Penggunaan Asbuton sebagai salah satu materil perkerasan jalan telah dimulai sejak 1920, walaupun masih bersifat konvensional.

Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena Asbuton merupakan material yang 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.

Produk Asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu

1. Produk asbuton yang masih mengandung materil *filler*, seperti Asbuton kasar, asbuton halus, Asbuton mikro, dan *butonic mastic asphalt*.
2. Produk yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

Lapis Permukaan jalan yang dapat dibuat dari Asbuton ada beberapa (Suprpto, 2004), yaitu :

1. *Seal Coat Asbuton*

Lapis ini merupakan campuran antara Asbuton, bahan pelunak dan dengan perbandingan tertentu dan pencampurannya dilakukan dengan dingin (*cold mix*).

2. *Sand Sheet Asbuton*

Lapis ini merupakan campuran antara Asbuton, bahan pelunak dan pasir dengan perbandingan tertetu dan pencampurannya secara dingin/ hangat/ panas.

3. Lapis Beton Asbuton

Lapis ini merupakan campuran antara Asbuton, bahan pelunak dan agregat dengan gradasi rapat pada perbandingan tertentu yang dilaksanakan secara dingin/ hangat/ panas.

4. *Surface Treatment Asbuton*

Lapis ini seperti halnya *seal coat* Asbuton. Sedangkan perbedaannya terletak pada pelaksanaannya di lapangan, yaitu di atas lapis tersebut ditaburkan agregat *single size*.

Berdasarkan temperaturnya ketika mencampur dan memadatkan campuran, suhu pelaksanaan pencampuran bisa dilakukan secara :

1. Secara dingin

Pencampuran dilaksanakan pada suhu ruangan. Campuran secara dingin tidak dapat langsung dihamparkan di lapangan, tetapi harus diperam lebih dahulu 1-3 hari agar bahan pelunak diberi kesempatan meresap ke dalam butiran Asbuton. Lama waktu pengeraman tergantung dari :

- a) Diameter butir Asbuton, semakin besar butiran, waktu peram semakin lama.
- b) Kadar air yang terkandung dalam Asbuton.
- c) Cuaca setempat
- d) Kekentalan bahan pelunak, semakin encer peresapan akan semakin cepat, sehingga lama pemeraman lebih singkat
- e) Kadar aspal dalam Asbuton

2. Secara hangat dan panas.

Kedua cara tersebut hampir sama kecuali :

- a) Secara panas suhu pencampuran diatas 100° C
- b) Secara hangat suhu pencampuran dibawah 100° C

c. Asbuton Untuk Bahan Jalan

Jenis - jenis asbuton yang telah diproduksi, baik secara fabrikasi maupun secara manual pada tahun-tahun belakangan ini adalah asbuton butir atau mastik asbuton, aspal yang dimodifikasi dengan asbuton dan bitumen asbuton hasil ekstraksi yang dimodifikasi. (DPU, Direktorat Jenderal Bina Marga; Buku 1: Pedoman Pemanfaatan Asbuton, 2006)

1) Asbuton Butir

Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari Asbuton berbentuk padat yang di pecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu. Adapun bahan baku untuk membuat Asbuton butir ini dapat asbuton padat dengan nilai penetrasi bitumen rendah (<10 dmm) seperti asbuton

padat eks Kabungka atau yang memiliki nilai penetrasi bitumen diatas 10 dmm (misal asbuton padat eks Lawele), namun dapat juga penggabungan dari kedua jenis asbuton padat tersebut. Melalui pengolahan ini diharapkan dapat mengeliminasi kelemahan-kelemahan, yaitu ketidak seragaman kandungan bitumen dan kadar air serta dengan membuat ukuran maksimum butir yang lebih halus sehingga diharapkan dapat lebih mempermudah termobilisasinya bitumen asbuton dari dalam butiran mineralnya.

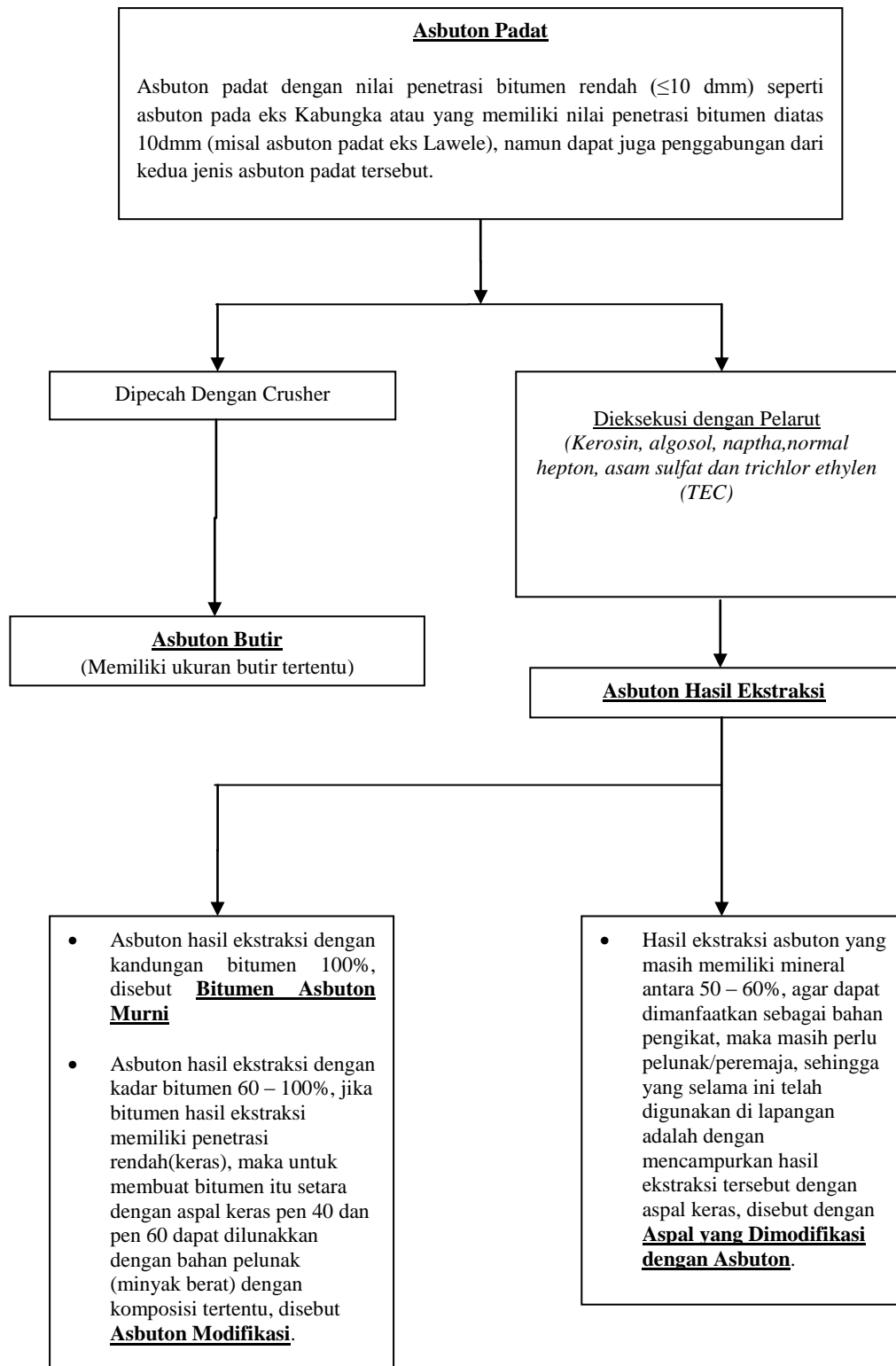
2) Asbuton Hasil Ekstraksi

Ekstraksi asbuton dapat dilakukan secara total hingga mendapatkan bitumen asbuton murni atau untuk memanfaatkan keunggulan mineral asbuton sebagai *filler*, ekstraksi dilakukan hingga mencapai kadar bitumen tertentu. Produk ekstraksi asbuton dalam campuran beraspal dapat digunakan sebagai bahan tambah (aditif) aspal atau sebagai bahan pengikat sebagaimana halnya aspal standar siap pakai atau setara aspal keras yang dikenal dengan Asbuton modifikasi.

Bahan baku untuk membuat aspal hasil ekstraksi asbuton ini dapat dilakukan dari asbuton dengan nilai penetrasi rendah (misal asbuton eks Kabungka) atau asbuton dengan nilai penetrasi tinggi (misal asbuton eks Lawele). Bahan pelarut yang dapat digunakan untuk ekstraksi asbuton diantaranya adalah kerosin, algosol, naptha, normal heptan, asam sulfat dan *trichlor ethylen (TCE)*.

Terdapat beberapa produk hasil ekstraksi (*refine*) asbuton dengan kadar/kandungan bitumen antara 60 hingga 100%. Apabila bitumen hasil ekstraksi yang keras (penetrasi rendah) maka untuk membuat bitumen tersebut setara dengan Aspal Keras Pen 40 dan Pen 60 dapat dilunakkan dengan bahan pelunak (minyak berat) dengan komposisi tertentu.

Hasil ekstraksi Asbuton yang masih memiliki mineral antara 50% sampai dengan 60%, agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengikat masih memerlukan pelunak atau peremaja sehingga yang selama ini telah digunakan di lapangan adalah dengan mencampurkan hasil ekstraksi tersebut dengan aspal keras atau dikenal dengan istilah “Aspal yang dimodifikasi dengan Asbuton”. Aspal Buton yang digunakan pada penelitian ini merupakan Asbuton modifikasi dengan nama produk *Retona Blend 55*.



Gambar 4. Bagan Alir Pengolahan Asbuton

Tabel 1. Ketentuan untuk Aspal yang dimodifikasi

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyarata
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	40 – 55
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385 - 2000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	-
4	Indeks Penetrasi	-	$\geq - 0,5$
5	Daktilitas pada 25 °C, (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam Toluene, %	ASTM D 5546	≥ 90
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	$\leq 2,2$

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2010

d. Karakteristik Asbuton

Seperti telah diketahui di dalam Asbuton terdapat dua unsur utama, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Di dalam pemanfaatannya untuk pekerjaan aspal, kedua unsur tersebut sangat mempengaruhi kinerja dari campuran beraspal yang direncanakan.

Hasil pengujian fisik dan analisis kimia dari mineral dan bitumen

Asbuton hasil ekstraksi, dari deposit di lokasi Kabungka dan Lawele dapat dilihat pada Tabel 2 Dan tabel 3.

Tabel 2. Sifat Fisik Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
		Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
1	Kadar aspal %	20	30,08
2	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	4	36
3	Titik Lembek (°C)	101	59
4	Daktilitas 25° C, 5cm/menit, cm	<140	>140
5	Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃ , %	-	99,6
6	Titik nyala, ° C	-	198
7	Berat Jenis	1,046	1,037
8	Penurunan berat (TFOT), 16,3 ° C, 5 jam	-	0,31
9	Penetrasi setelah (TFOT), % asli	-	94
10	Titik lembek setelah (TFOT), ° C	-	62
11	Daktilitas setelah TFOT, cm	-	>140

Sumber: DPU, Direktorat Jedral Bina Marga; Buku 1: Pedoman Pemanfaatan Asbuton, 2006

Tabel 3. Sifat Kimia Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
		Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
1	Nitrogen (N), %	29,04	30,08
2	Acidafins (A1), %	9,33	6,60
3	Acidafins (A2), %	12,98	8,43
4	Parafin (P), %	11,23	8,86
5	Paramter Maltene	1,50	2,06
6	Nitrogen/Parafin, N/P	2,41	3,28
7	Kandungan Asphaltene, %	39,45	46,92

Sumber: DPU, Direktorat Jedral Bina Marga; Buku 1: Pedoman Pemanfaatan Asbuton, 2006

Dilihat dari komposisi kimianya, aspal Asbuton cair kedua daerah deposit memiliki senyawa Nitrogen base yang tinggi dan parameter Malten yang baik. Hal tersebut mengindikasikan bahwa Asbuton memiliki pelekatan yang baik dengan agregat dan keawetan yang cukup. Namun dilihat dari karakteristik lainnya Asbuton dari Kabungka memiliki nilai penetrasi yang relatif rendah dibandingkan dengan Asbuton dari Lawele.

Mineral asbuton di dominasi oleh “*Globigerines Limestone*” yaitu batu kapur yang sangat halus yang terbentuk dari jasad renik binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat sangat halus, relatif keras berkadar kalsium tinggi dan baik sebagai filler pada campuran beraspal. Hasil pengujian analisis kimia mineral Asbuton hasil ekstraksi, dari Kabungka dan Lawele diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi Kimia Mineral Asbuton Kabungka dan Lawele

No.	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	
		Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
1	CaCO ₃	86,66	72,90
2	MgCO ₃	1,43	1,28
3	CaSO ₄	1,11	1,94
4	CaS	0,36	0,52
5	H ₂ O	0,99	2,94
6	SiO ₂	5,64	17,06
7	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	1,52	2,31
8	Residu	0,96	1,05

Sumber: DPU, Direktorat Jedral Bina Marga; Buku 1: Pedoman Pemanfaatan Asbuton, 2006

2. Agregat

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan

pembangunan atau pemeliharaan jalan. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk umum)

Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume (Sukirman,S., 2003).

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi, yaitu :

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 ($\varnothing 2,36$ mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 5 berikut ini.

Tabel 5. Ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)			80/75
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (\varnothing 2,36 mm). Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)		Min. 40

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat – sifat yaitu non plastis, lolos saringan no.200, dan berupa bahan *non-organik*. Fungsi *filler* dalam campuran adalah:

- 1) Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
- 2) *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.
- 3) *Mengisi* ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

D. Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat.

Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan *workabilitas* (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur. Gradasi agregat ditentukan oleh analisa saringan, dimana contoh agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran

bukaan jaringan kawatnya dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per-*inch* persegi dari saringan tersebut.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit.

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 7. berikut ini. Pada penelitian ini digunakan campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) bergradasi kasar.

Tabel 7. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5	-	-	100	-	-	100
25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
12,5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
9,5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
4,75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
2,36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
1,18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
0,600	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
0,300	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
0,150	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
0,075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2010

Note :



: Gradasi yang digunakan

E. Lapis Aspal Beton

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, S.,1992).

Tebal nominal minimum Laston adalah 4 - 6 cm (Depkimpraswil, 2002).

Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu :

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

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk Laston sebagai berikut ini :

Tabel 8. Ketentuan Sifat - Sifat Campuran Laston Yang Dimodifikasi (AC-WC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Kadar aspal efektif (%)		4,5	4,2	4,2
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,5		
	Maks	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA)(%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250
	Maks	-		-
Pelelehan (mm)	Min.	3		4,5
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	300		350
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60° C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2,5		
Stabilitas Dinamis, Lintasan/mm	Min.	2500		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Note :



: Laston modifikasi yang dipakai

F. Karakteristik Campuran Beraspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan

tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitas menjadi rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

2. *Durabilitas* (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi *durabilitas* lapis aspal beton adalah:

- a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.

- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang *durabilitas* tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. *Fleksibilitas (Kelenturan)*

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan *fleksibilitas* yang tinggi dapat diperoleh dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

4. *Skid Resistance (Kekesatan)*

Tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:

- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
- c. Penggunaan agregat berbentuk kubus.

5. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Terhadap Kelelahan)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah:

- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

6. Kedap Air (*impermeability*)

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

G. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

Berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

G_{sb} = Berat jenis *bulk* total agregat

$P_1, P_2 \dots P_n$ = Persentase masing-masing fraksi agregat

$G_1, G_2 \dots G_n$ = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

$$G_{sb} = \frac{\frac{P_{mm} - P_b}{G_{mm}}}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100) P_b = Kadar aspal
berdasarkan berat jenis maksimum

P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b \times \frac{ba}{100} \times P_s \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total agregat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga diantara Mineral Agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (6)$$

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

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

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

7. Rongga di Dalam Campuran (VIM)

Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (Nol)

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran

8. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{G_{mm}} \dots\dots\dots (9)$$

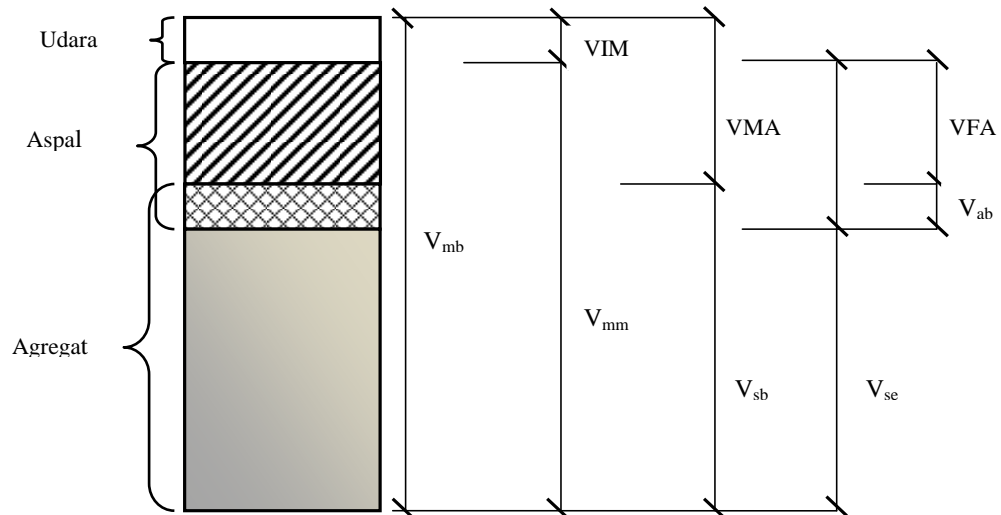
Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

Secara skematis berbagai volume yang terdapat didalam campuran beton aspal pada dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Skematis berbagai jenis volume beton aspal

Keterangan:

V_{mb} = Volume *bulk* dari campuran beton aspal padat.

V_{sb} = Volume agregat, adalah volume *bulk* dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat).

V_{se} = Volume agregat, adalah volume aktif dari agregat (volume bagian massif + pori yang tidak terisi aspal didalam masing-masing butir agregat).

VMA = Volume pori diantara butir agregat didalam beton aspal padat.

V_{mm} = Volume tanpa pori dari beton aspal padat.

V_a = Volume aspal dalam beton aspal padat.

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal.

V_{ab} = Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal padat.

H. Uji *Marshall*

Konsep uji *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan di dalam *American Society for Testing and Material* 1989 (ASTM d-1559).

Hasil uji akan menunjukkan karakteristik *Marshall* dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat-sifat campuran yaitu: kepadatan, rongga diantara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam campuran pada kepadatan mutlak, stabilitas, kelelahan serta hasil bagi *Marshall/Marshall Quotient* (MQ) yaitu merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (10)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*, (kg/mm)

MS = *Marshall Stability (kg)*

MF = *Flow Marshall, (mm)*

I. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah meninjau perubahan – perubahan yang terjadi pada ruas jalan Ketapang – Labuhan Ratu yang berda di Lampung Selatan. Pada ruas jalan tersebut dilaksanakan jalan dengan menggunakan aspal modifikasi Retona Blend 55. Pekerjaan jalan dengan panjang ± 3 km tersebut dilaksanakan pada tahun anggaran 2012 dengan PT. TRI BHAKTI sebagai kontraktor dan PT. TRIDUTA MITRAPARAMA sebagai konsultan. Proyek ini bernilai ± 7 M dengan masa kontrak selama 270 hari dengan masa pemeliharaan 730 hari dan dana dari proyek ini berasal dari APBN murni.

J. Pengambilan Sampel Perkerasan Secara Langsung

Metode pengambilan sampel secara langsung dilapangan adalah dengan cara pengambilan sampel perkerasan jalan pada ruas jalan yang dituju dengan alat khusus yaitu *core drill*. Sampel yang diambil (berbentuk lingkaran tabung) selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian antara lain Pengujian *marshall* dan ekstraksi sampel perkerasan untuk mendapatkan penyebaran gradasi agregat campuran dan kadar aspal sisa yang terdapat pada campuran tersebut.

K. Uji Saringan Agregat Hasil Ekstraksi

Agregat hasil ekstraksi adalah agregat yang diperoleh (yang akan di uji) berasal dari campuran beraspal yang dipisahkan dengan proses ekstraksi. Metode

pengujian ini mencakup prosedur untuk menentukan distribusi ukuran butir agregat halus dan kasar dari hasil ekstraksi campuran beraspal, dengan menggunakan saringan dengan lubang persegi.

Pada percobaan ini menggunakan benda uji hasil dari sampel perkerasan di lapangan. Hasil uji ekstraksi akan menunjukkan distribusi gradasi ukuran butir agregat halus dan kasar pada perkerasan aspal tersebut. Pada percobaan tersebut akan didapat grafik distribusi ukuran butiran agregat halus dan kasar.

L. Analisis Data

Penelitian ini dilakukan untuk melihat perubahan pada ruas jalan yaitu ruas jalan Ketapang – labuhan Ratu sebagai study kasus, sehingga membutuhkan data – data penunjang sebagai pembanding untuk analisis. Data penunjang yang dipakai antara lain adalah data *trial compaction* yaitu data yang didapat dari lapangan secara langsung pada awal trial penghamparan. Kemudian data yang dipakai sebagai analisis dalam penelitian ini adalah data dari pengujian laboratorium saudara Puja Sutrisna angkatan 2006 yang melakukan penelitian dengan judul “PERBANDINGAN KARAKTERISTIK *MARSHALL* ASBUTON MODIFIKASI DENGAN ASPAL PENETRASI 60/70 PADA CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE* (AC-WC)”. Pada penelitian saudara Puja Sutrina, menggunakan data rencana yang sama dengan data pada perencanaan jalan pada ruas jalan Ketapang – Labuhan ratu tersebut yang kemudian di variasikan dengan persentase kadar aspal yang berbeda. Setelah itu data pada penelitian saudara Puja Sutrina, akan dibandingkan dengan aspal minyak Pen 60/70 sebagai pembanding antara

Asbuton dan aspal minyak. Data trial compaction pada ruas jalan tersebut dan penelitian dari saudara Puja Sutrisna adalah sebagai berikut.

Tabel 9. Hasil Uji *Trial Compaction* dan Laboratorium

Parameter Marshall	<i>Trial Compaction</i>*	Laboratorium***
VMA	16,29	15,833
VFA	72,19	67,5483
VIM	4,53	5,138
Stabilitas	1206,07	1077,898
<i>Flow</i>	3,7	3,23
MQ	325,96	333,296
<i>Density</i>	2,276	2,31

* = Trial Compaction AMP Pancur Senin, 2 okt 2012

** = Laboratorium percobaan sodara Puja Sutrisna angkatan 2006 periode 2012/2013

Tabel 10. Hasil Uji Gradasi Agregat *Trial Compaction* dan Laboratorium

Gradasi (% Tertahan)				
mm	Spesifikasi 2010		Trial Compaction*	Laboratorium **
	B.atas	B.bawah		
Pan	0	0	0	0
0,075	10	4	6,12	6,85
0,15	13	6	10,22	11,41
0,3	15,5	9	13,05	14,34
0,6	19,1	13	17,44	16,16
1,18	25,6	19	22,47	21,47
2,36	39,1	28	33,57	33,87
4,75	63	43	60,22	59,95
9,5	90	72	86,12	80,06
12,5	100	90	93,27	92,13
19	100	100	100	100
25	-	-	-	-
37,5	-	-	-	-

* = Trial Compaction AMP Pancur Senin, 2 okt 2012

** = Laboratorium percobaan sodara Puja Sutrisna angkatan 2006 periode 2012/2013

M. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penggunaan Asbuton sebagai bahan lapis perkerasan beraspal telah dilakukan para peneliti terdahulu dan dapat dijadikan acuan atau literatur untuk penelitian ini diantaranya:

Tabel 11. Penelitian Terkait

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1	Mega Yunanda	Evaluasi Test Marshall Aspal Minyak Esso 60/70 Dan Retona Blend 55 Pada Campuran AC-WC	mengetahui sifat <i>marshall</i> antara aspal minyak esso 60/70 dengan aspal retona blend 55	karakteristik <i>marshall</i>	Stabilitas, VIM serta VMA dari aspal minyak esso 60/70 lebih kecil dari pada aspal retona blend 55
2	Furqon Affandi	Pengaruh Asbuton Semi Ekstraksi Pada Campuran <i>Stone Mastic Asphalt</i>	mengetahui pengaruh asbuton semi ekstraksi terhadap campuran SMA	mengecek sifat - sifat rheologi seperti penetrasi, titik lembek, viskositas pada aspal sebelum dan setelah <i>Rolling Thin Film Over Test</i> (RTFOT)	Penambahan aspal asbuton semi ekstraksi terhadap aspal pen 60, menjadikan aspal lebih kaku, lebih tahan terhadap perubahan temperatur, tetapi cenderung lebih rapuh, dan memerlukan temperatur yang lebih tinggi untuk pencampuran maupun pemadatan

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
3	Furqon Affandi	Pengaruh Kandungan Mineral Asbuton Dalam Campuran Beraspal	mengetahui perbedaan-perbedaan antara asbuton murni dan asbuton semi ekstraksi	sifat - sifat rheologi aspal berdasarkan kinerja yang berhubungan dengan ketahanan terhadap deformasi dan alur	perbedaan nilai stabilitas dan kelelahan antara asbuton semi ekstraksi dan asbuton murni adalah 0,7% dan 10%. Kadar mineral yang terkandung dalam asbuton hasil semi ekstraksi harus diperhitungkan sebagai bagian mineral dari agregat
4	1. Harmein Rahman 2. Bambang Sugeng Subagio 3. Agung Hari Widiyanto	Analisa Pengaruh Gradasi Pada Campuran <i>Split Mastic Asphalt</i> (SMA) yang Menggunakan Aditif ASBUTON Murni Untuk Perkerasan Bandara	mengetahui karakteristik dan kinerja pada perkerasan bandara serta membandingkan kinerja campuran perkerasan dengan tingkat ketahanan fatigue dari campuran SMA menggunakan aspal minyak (pen 60/70) dan dengan ditambah Asbuton murni sebagai bahan aditif di laboratorium	memakai metode pengujian karakteristik <i>marshall</i>	dari pengujian sifat fisik aspal pen 60/70 produksi Shell menunjukkan bahwa aspal menjadi lebih keras jika ditambah dengan asbuton murni. Hal ini ditunjukkan dengan nilai penetrasi yang menurun dari 66 untuk aspal pen 60//70 menjadi 41 dengan penambahan aditif asbuton sebesar 6%.

No.	Nama	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
5	Arief Setiawan	Studi Penggunaan Asbuton Butir Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> AC-WC Asbuton Campuran Hangat	mengetahui berapa kadar asbuton butir optimum sehingga memberikan kinerja campuran yang baik sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan	memakai metode pengujian karakteristik <i>marshall</i>	Penambahan asbuton butir akan menambahkan mineral asbuton dengan berat jenis yang relatif rendah sehingga perlu dicermati perubahan gradasi agregat akibat perbedaan berat jenis
6	1. Nunung Martina 2. Eka Sasmita Mulya	Penggunaan Asbuton Modifikasi - Pada Perkerasan Lentur Jalan untuk lapisan permukaan	mengetahui pengaruh asbuton modifikasi terhadap kerkerasan lentur untuk lapisan permukaan	memakai metode pengujian karakteristik <i>marshall</i>	Upaya Perbaikan untuk kondisi ini dapat dilakukan dengan merombak komposisi agregat, yaitu dilakukan dengan merombak komposisi agregat, yaitu dengan mencoba memperbesar jumlah fraksi agregat kasar
7	1. Eva Wahyu Indriyati 2. Bambang Sugeng Subagio 3. Sony Sulaksono Wibowo 4. Harmein Rahman	Kajian Perbaikan Sifat Reologi <i>Visco-Elastic</i> Aspal Dengan Penambahan Asbuton Murni Menggunakan Parameter Complex <i>Shear Modulus</i>	Mengkaji potensi perbaikan sifat reologi <i>visco-elastic</i> dari penambahan Asbuton murni ke dalam aspal pen 60/70		terdapat peningkatan/perbaikan dari aspal pen 60/70 setelah ditambahkan asbuton murni dilihat dari segi sifat reologi <i>visco-elastic</i> pada aspal tersebut