

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

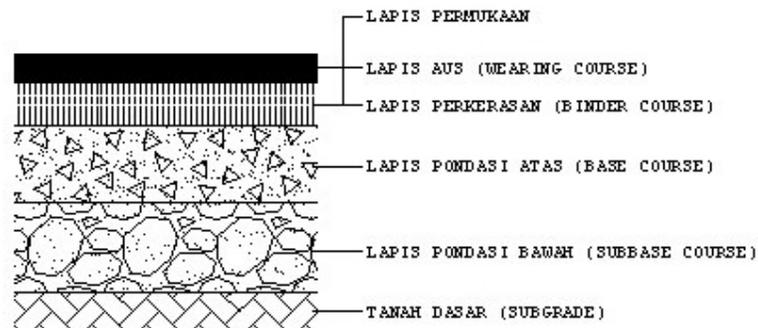
#### **2.1. Perkerasan Jalan Raya**

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman (Materi Kuliah PPJ Teknik Sipil UNDIP). 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).

##### **2.1.1. Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya**

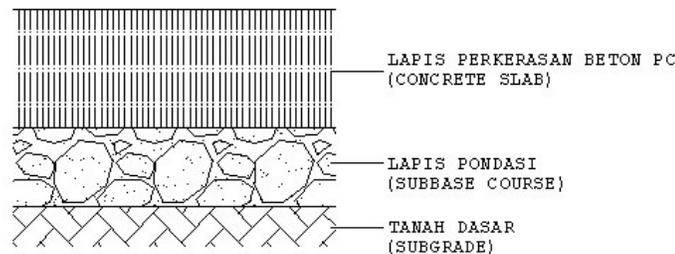
Konstruksi perkerasan terdiri dari beberapa jenis sesuai dengan bahan ikat yang digunakan serta komposisi dari komponen konstruksi perkerasan itu sendiri (Bahan Kuliah PPJ Teknik Sipil UNDIP), antara lain:

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
  - a. Memakai bahan pengikat aspal.
  - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
  - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
  - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).



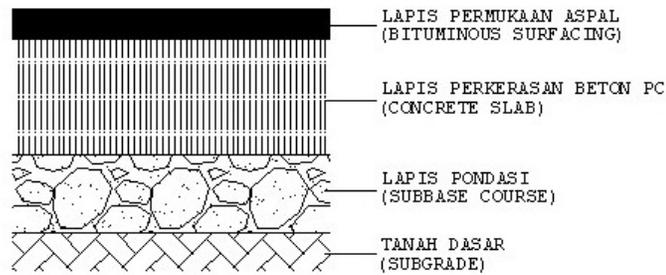
Gambar 2.1. Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)
  - a. Memakai bahan pengikat semen *portland* (*PC*).
  - b. Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
  - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
  - d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok di atas permukaan.



Gambar 2.2. Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)
  - a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
  - b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2.3. Komponen Perkerasan Komposit

### 2.1.2. Fungsi Lapis Perkerasan

Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis. 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 (Suprpto, 2004).

#### 1. Lapis Permukaan (LP)

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, dalam hal ini mencakup :

- 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*). Fungsi dari lapis aus adalah (Nono, 2007) :

- a) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- b) Menyediakan permukaan yang halus.
- c) Menyediakan permukaan yang kesat.

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*). Fungsi dari lapis antara adalah (Nono, 2007):

- a) Mengurangi tegangan.
- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

2. Lapis Pondasi Atas (LPA) atau *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. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- b. Pemikul beban horizontal dan vertikal.
- c. Lapis perkerasan bagi pondasi bawah.

3. Lapis Pondasi Bawah (LPB) atau *Subbase Course*

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis ini adalah :

- a. Penyebar beban roda.
- b. Lapis peresapan.
- c. Lapis pencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi.
- d. Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

#### 4. Tanah Dasar (TD) atau *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.

### 2.2. 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. Sedang untuk bahan ikat untuk perkerasan bisa berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, *portland cement*, atau kapur/ *lime*.

#### 2.2.1. 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 (*Kerbs and Walker*, 1971). Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (*Silvia Sukirman*, 2003).

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.

#### **2.2.1.1. Aspal Minyak**

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang mengandung banyak parafin, atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Berikut adalah klasifikasi dari aspal buatan:

1. Menurut Bahan Dasar Aspal. Aspal dibedakan menjadi (Suprpto, 2004):
  - a. Dari bahan hewani (*animal origin*), yaitu diperoleh dari pengolahan *crude oils*. Dari proses pengolahan *crude oils* akan diperoleh bahan bakar dan residu, yang jika diproses lanjut akan diperoleh aspal/bitumen.
  - b. Dari bahan nabati (*vegetable origin*), yaitu diperoleh dari pengolahan batu bara/*coal*, dalam hal ini akan diperoleh tar.
2. Menurut Tingkat Kekerasannya, aspal minyak/ aspal murni/ *petroleum asphalt*, diklasifikasikan menjadi :
  - a. Aspal Keras/ Aspal Panas/ Aspal Semen (*Asphalt Cement*), merupakan aspal yang digunakan dalam keadaan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan dalam temperatur ruang ( $25^0$ - $30^0$ C). Merupakan jenis aspal buatan yang langsung diperoleh dari penyaringan minyak dan merupakan aspal yang terkeras. Berdasarkan tingkat kekerasan/kekentalannya, maka aspal semen dibedakan menjadi :
    - 1) AC 40-50
    - 2) AC 60-70
    - 3) AC 85-100
    - 4) AC 120-150
    - 5) AC 200-300

Angka-angka tersebut menunjukkan kekerasan aspal, yaitu yang paling keras adalah AC 40-50 dan yang terluak adalah AC 200-300. Angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi ke dalam contoh aspal. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal dengan penetrasi 60-70 dan 80-100.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt / Liquid asphalt*)

Aspal cair bukan merupakan produksi langsung dari penyaringan minyak kasar (*crude oil*), melainkan produksi tambahan, karena harus melalui proses lanjutan terlebih dahulu. Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang.

Berdasarkan beban pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dapat dibedakan menjadi :

1) *RC (Rapid Curing cut back)*

Merupakan suatu produksi campuran dari aspal semen dengan penetrasi relatif agak keras (biasanya AC 85/100) yang dilarutkan dengan *gasoline* (bensin atau premium). *RC* merupakan *cut back asphalt* yang paling cepat menguap.

2) *MC (Medium Curing cut back)*

Merupakan suatu produksi campuran dari aspal semen dengan penetrasi yang lebih lunak (biasanya AC 120-150) dengan minyak, yang tingkat penguapannya lebih kecil dari *gasoline*, yaitu *kerosene*.

3) *SC (Slow Curing cut back)*

Merupakan suatu produksi campuran dari aspal semen dengan penetrasi lunak (biasanya AC 200-300) dengan minyak diesel, yang hampir tidak mempunyai penguapan. Aspal jenis ini merupakan *cut back asphalt* yang paling lama menguap.

Untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*) digunakan aspal cair jenis *MC-30*, *MC-70*, dan *MC-250*, sedangkan untuk lapis pengikat (*tack coat*) digunakan aspal cair jenis *RC-70* dan *RC-250* (Laporan Praktikum Bahan Perkerasan Jalan, 2004).

c. Aspal Emulsi

Aspal emulsi suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas (Subekti, 2006):

- 1) Kationik disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positif.
- 2) Anionik disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatif.
- 3) Nonionik merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak menghantarkan listrik.

Aspal yang umum digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah aspal emulsi anionik dan kationik. Berdasarkan kecepatan pengerasannya aspal emulsi dapat dibedakan atas :

- 1) *RS (Rapid Setting)*, aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat.
- 2) *MS (Medium Setting)*.
- 3) *SS (Slow Setting)*, jenis aspal emulsi yang paling lambat menguap.

#### **2.2.1.1.1. Karakteristik Aspal Minyak**

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen dan logam lain, sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal ditentukan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal.

Secara garis besar komposisi kimia aspal terdiri dari *asphaltenese*, *resins* dan *oils*. *Asphaltenese* terutama terdiri dari senyawa hidrokarbon, merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-heptane*. *Asphaltenese* menyebar di dalam larutan yang disebut *maltenese*. *Maltenese* larut dalam

*heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resin*. *Maltenes* merupakan komponen yang mudah berubah sesuai dengan perubahan temperatur dan umur pelayanan.

Tabel 2.1. Contoh Komponen Fraksional Aspal di Indonesia

Komponen Fraksional Aspal	Aspal Pen 60	Aspal Pen 80
<i>Asphaltenes</i>	22,41	24,34
<i>Nitrogen Bases</i>	24,90	27,60
<i>Accidafin I (A<sub>1</sub>)</i>	14,50	7,96
<i>Accidafin II (A<sub>2</sub>)</i>	18,97	18,76
<i>Parafin</i>	19,22	21,34

Sumber: Silvia Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, 2003.

### 2.2.1.2. 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 material perkerasan jalan telah dimulai sejak tahun 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 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 material *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 tertentu dan pencampurannya dilakukan 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 temperatur 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 makin lama.
- b. Kadar air yang terkandung dalam Asbuton.

- c. Cuaca setempat.
  - d. Kekentalan bahan pelunak, makin encer peresapan akan makin 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 campuran diatas 100°C
  - b. Secara hangat: suhu campuran dibawah 100°C

#### **2.2.1.2.1. 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.

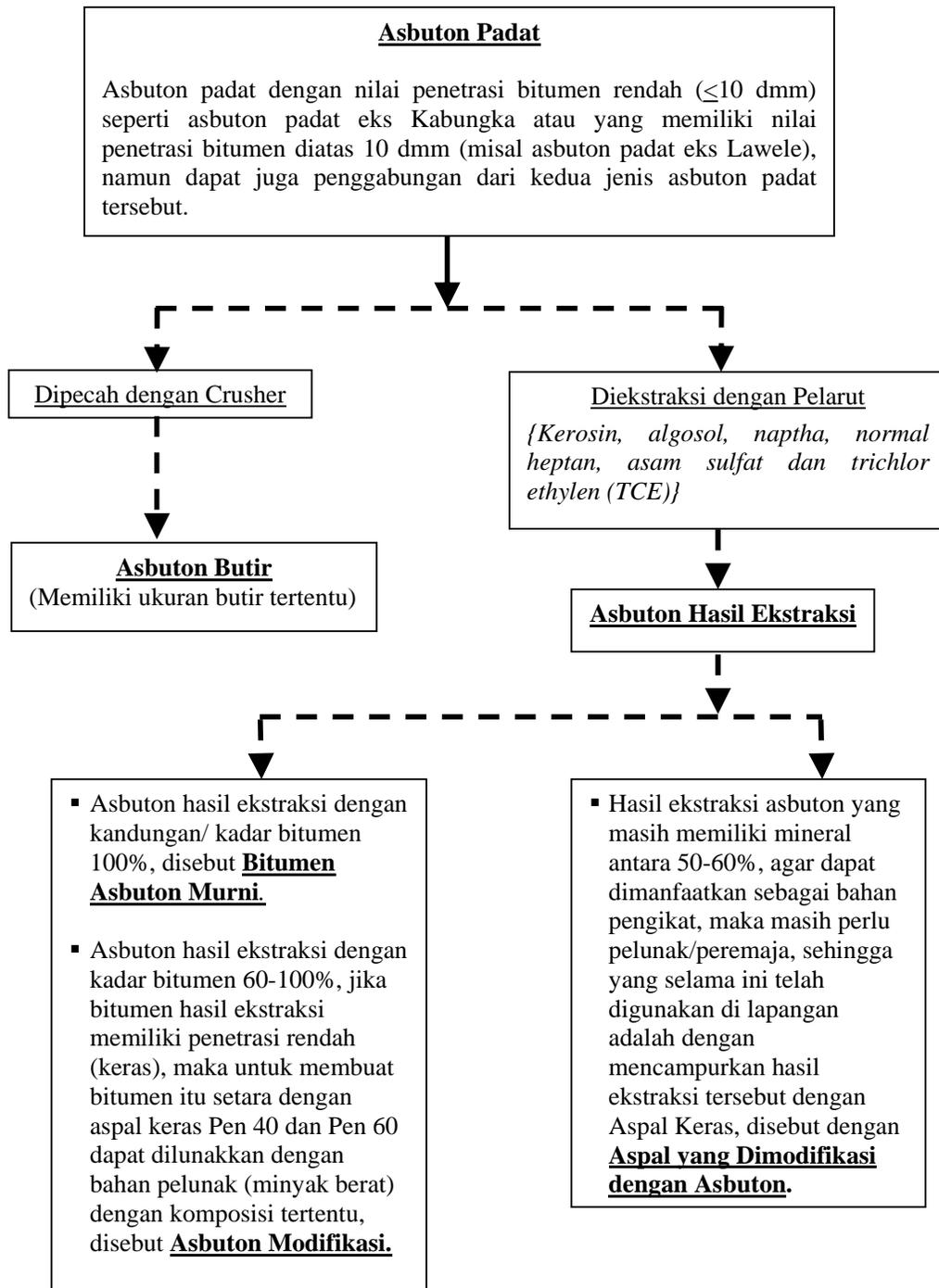
Bahan baku untuk membuat aspal hasil ekstraksi asbuton ini dapat dilakukan dari asbuton dengan nilai penetrasi rendah (misal asbuton eks Kabungka) atau asbuton dengan nilai penetrasi tinggi (misal asbuton eks Lawele).

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 dilapangan 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 yang diproduksi oleh PT. Olahbumi Mandiri dengan nama produk *Retona Blend*.



Gambar 2.4. Bagan Alir Pengolahan Asbuton

### 2.2.1.2.2. Karakteristik Asbuton

Seperti telah diketahui, di dalam Asbuton terdapat dua unsur utama, yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Didalam pemanfaatannya untuk pekerjaan peraspalan, kedua unsur tersebut akan sangat dominan 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 diperlihatkan pada Tabel 2.2 dan Tabel 2.3.

Tabel 2.2. Sifat Fisik Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele

Jenis Pegujian	Hasil pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
Kadar aspal, %	20	30,08
Penetrasi, 25°C, 100gr, 5 detik, 0,1mm	4	36
Titik lembek, °C	101	59
Daktilitas, 25°C, 5 cm/menit, cm	< 140	>140
Kelarutan dalam C <sub>2</sub> HCL <sub>3</sub> , %	-	99,6
Titik nyala, °C	-	198
Berat jenis	1,046	1,037
Penurunan berat (TFOT), 16,3°C, 5 jam	-	0,31
Penetrasi setelah TFOT, % asli	-	94
Titik lembek setelah TFOT, °C	-	62
Daktilitas setelah TFOT, cm	-	>140

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

Tabel 2.3. Sifat Kimia Aspal Asbuton dari Kabungka dan Lawele

Jenis pengujian	Hasil Pengujian	
	Asbuton padat dari Kabungka	Asbuton padat dari Lawele
Nitrogen (N),%	29,04	30,08
Acidafins (A1), %	9,33	6,60
Acidafins (A2), %	12,98	8,43
Parafin (P), %	11,23	8,86
Parameter Maltene	1,50	2,06
Nitrogen/Parafin, N/P	2,41	3,28
Kandungan Asphaltene, %	39,45	46,92

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

Dilihat dari komposisi kimianya, aspal Asbuton dari 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 didominasi 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 lokasi Kabungka dan Lawele diperlihatkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Komposisi Kimia Mineral Asbuton Kabungka dan Lawele

Senyawa	Hasil Pengujian	
	Asbuton dari Kabungka	Asbuton dari Lawele
CaCO <sub>3</sub>	86,66	72,90
MgCO <sub>3</sub>	1,43	1,28
CaSO <sub>4</sub>	1,11	1,94
CaS	0,36	0,52
H <sub>2</sub> O	0,99	2,94
SiO <sub>2</sub>	5,64	17,06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,52	2,31
Residu	0,96	1,05

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

### 2.2.2. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan (Petunjuk Pelaksanaan Laston Untuk Jalan Raya SKBI -2.4.26.1987).

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 (Silvia Sukirman, 2003, Beton Aspal Campuran Panas).

Pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu gradasi, kekuatan, bentuk butir, tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan atau stabilitas suatu perkerasan jalan (*Kerbs, and Walker, 1971*).

### **2.2.2.1. Klasifikasi Agregat**

Agregat dapat diklasifikasikan sebagai berikut (Silvia Sukirman, 1999) :

1. Berdasarkan proses pengolahannya, agregat dapat dibedakan menjadi :

a. Agregat Alam

Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahannya dinamakan agregat alam. Dua bentuk agregat yang sering digunakan yaitu :

- 1) Kerikil adalah agregat dengan ukuran partikel lebih besar dari 1/4 inch (6,35 mm).
- 2) Pasir adalah agregat dengan ukuran partikel kecil dari 1/4 inch tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan no.200).

b. Agregat yang melalui proses pengolahan

Di gunung-gunung atau di bukit-bukit dan di sungai sering ditemui agregat berbentuk besar-besar melebihi ukuran yang diinginkan, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi perkerasan jalan. Agregat ini harus melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh :

- 1) Bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus.
- 2) Permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik.
- 3) Gradasi sesuai yang diinginkan.

Proses pemecahan agregat sebaiknya menggunakan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga ukuran partikel-partikel yang dihasilkan dapat

terkontrol, berarti gradasi yang diharapkan dapat dicapai spesifikasi yang telah ditetapkan.

c. Agregat buatan

Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran <0,075 mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen dan pemecah batu.

2. Berdasarkan besar partikel-partikel (ukuran butiran) agregat, dapat dibedakan menjadi :

- a. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm).
- b. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.4 dan tertahan no.200 (0,075 mm).
- c. Abu batu/mineral *filler*, merupakan bahan berbutir halus yang mempunyai fungsi sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. *Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral/ agregat halus yang umumnya lolos saringan no.200, bisa berupa kapur, debu batu atau bahan lain, dan harus dalam keadaan kering (kadar air maksimal 1%).

#### 2.2.2.2. Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Agregat yang paling baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tidak ada, maka agregat yang memiliki minimal satu bidang pecahan, dapat digunakan sebagai alternatif berikutnya.

Partikel agregat dapat berbentuk sebagai berikut :

1. Bulat (*rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

2. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih panjang dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking*-nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

3. Kubus (*cubical*)

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan *interlocking*/saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

4. Pipih (*flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas.

5. Tak beraturan (*irregular*)

Partikel agregat tak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas.

Tekstur permukaan berpengaruh pada ikatan antara batu dengan aspal.

Tekstur permukaan agregat terdiri atas :

1. Kasar sekali (*very rough*)

2. Kasar (*rough*)

3. Halus

4. Halus dan licin (*polished*)

Permukaan agregat yang halus memang mudah dibungkus dengan aspal, tetapi sulit untuk mempertahankan agar *film* aspal itu tetap melekat, karena makin kasar bentuk permukaan maka makin tinggi sifat stabilitas dan keawetan suatu campuran aspal dan agregat.

Campuran aspal beton (AC) dapat dibuat bergradasi halus (mendekati batas titik-titik kontrol atas), tetapi akan sulit memperoleh rongga dalam agregat (VMA) yang disyaratkan. Lebih baik digunakan aspal beton bergradasi kasar (mendekati batas titik-titik kontrol bawah).

### 2.2.2.3. Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu. Gradasi agregat ini diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm), dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. Satu saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup (Silvia Sukirman, 1999).

#### 2.2.2.3.1. Jenis Gradasi Agregat

Gradasi dibedakan menjadi tiga macam, yaitu gradasi rapat, gradasi seragam dan gradasi timpang.

##### 1. Gradasi Rapat (*Dense Graded/ Well Graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).

Agregat dinamakan bergradasi baik bila persen yang lolos setiap lapis dari sebuah gradasi memenuhi :

$$P = 100 (d/D)^{0,45}$$

Dimana : P = persen lolos saringan dengan ukuran bukaan d mm.

d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan

D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut.

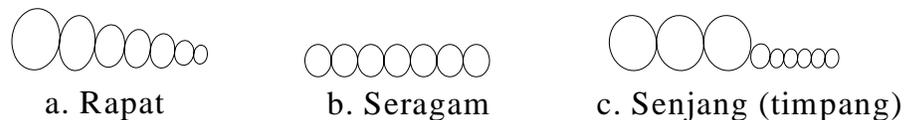
Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

2. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

3. Gradasi Timpang/Senjang (*Poorly Graded/ Gap Graded*)

Gradasi timpang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat bergradasi timpang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi senjang, merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang dan 1 fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak diantara kedua jenis di atas.



Gambar 2.5. Ilustrasi Macam Gradasi Agregat

### 2.3. Beton Aspal

Beton aspal adalah tipe campuran pada lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural dengan kualitas yang tinggi, terdiri atas agregat yang berkualitas yang dicampur dengan aspal sebagai bahan pengikatnya. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan.

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (*viskositas*) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan

digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

### 2.3.1. Jenis Beton Aspal

Jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal, dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal campuran panas (*hot mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas:

1. Beton aspal untuk lapisan aus/ *wearing course (WC)*, adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan.
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi/ *binder course (BC)*, adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus.tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk *crown*.

(Silvia Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, 2003)

### 2.3.2. Karakteristik Campuran Aspal Beton

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

1. Stabilitas, yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (*VMA*) yang kecil. Tetapi akibat *VMA* yang kecil maka pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya *bleeding* karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik.
2. Durabilitas atau ketahanan, yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (*VIM*) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga *VMA* yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.
3. Fleksibilitas atau kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*). Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan *VMA* yang besar, *VIM* yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi.
4. Kekesatan (*skid resistance*), yaitu kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip, baik diwaktu jalan basah maupun kering. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. Ketahanan leleh (*fatigue resistance*), yaitu kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (*rutting*).
6. Permeabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal dirembesi udara dan air.

7. Workabilitas, yaitu kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi workabilitas antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan *filler*, dimana *filler* yang banyak akan mempersulit pelaksanaan.

#### **2.4. Campuran Beraspal Panas**

Merupakan campuran yang terdiri dari kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Untuk mengeringkan agregat dan memperoleh kekentalan aspal yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya dipanaskan pada temperatur tertentu. Umumnya suhu pencampuran dilakukan pada suhu  $145^{\circ}\text{C} - 155^{\circ}\text{C}$ .

Saat ini di Indonesia terdapat berbagai macam bentuk aspal campuran panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Pemilihan jenis beton aspal yang akan digunakan di suatu lokasi sangat ditentukan oleh jenis karakteristik beton aspal yang lebih diutamakan. Sebagai contoh, jika perkerasan direncanakan akan digunakan untuk melayani lalu lintas berat, maka sifat stabilitas lebih diutamakan. Ini berarti jenis beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik. Pemilihan jenis beton aspal ini mempunyai konsekuensi pori dalam campuran menjadi lebih sedikit, kadar aspal yang dapat dicampurkan juga berkurang, sehingga selimut aspal menjadi lebih tipis (Silvia Sukirman, 2003).

Jenis beton aspal campuran panas yang ada di Indonesia saat ini adalah:

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Laston dikenal pula dengan nama *AC (Asphalt Concrete)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm.

Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *AC-WC* adalah 4 cm.
  - b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Tebal nominal minimum *AC-WC* adalah 5 cm.
  - c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)*. Tebal nominal minimum *AC-BC* adalah 6 cm.
2. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton), adalah beton aspal bergradasi senjang. Lataston biasa pula disebut dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:
- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum *HRS-WC* adalah 3 cm.
  - b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *HRS-Base (Hot Rolled Sheet-base)*. Tebal nominal minimum *HRS-Base* adalah 3,5 cm.
3. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir), adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. Latasir biasa pula disebut sebagai *SS (Sand Sheet)* atau *HRSS (Hot Rolled Sand Sheet)*. Sesuai gradasi agregatnya, campuran latasir dapat dibedakan atas:
- a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama *HRSS-A* atau *SS-A*. Tebal nominal minimum *HRSS-A* adalah 1,5 cm.
  - b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama *HRSS-B* atau *SS-B*. Tebal nominal minimum *HRSS-A* adalah 2 cm. Gradasi agregat *HRSS-B* lebih kasar dari *HRSS-A*.
4. Lapisan perata adalah beton aspal yang digunakan sebagai lapisan perata dan pembentuk penampang melintang pada permukaan jalan lama. Semua jenis campuran beton aspal dapat digunakan, tetapi untuk membedakan dengan

campuran untuk lapis perkerasan jalan baru, maka setiap jenis campuran beton aspal tersebut ditambahkan huruf *L* (*Leveling*). Jadi ada jenis campuran *AC-WC(L)*, *AC-BC(L)*, *AC-Base(L)*, *HRS-WC(L)*, dan seterusnya

5. *SMA* (*Split Mastic Asphalt*) adalah beton aspal bergradasi terbuka dengan selimut aspal yang tebal. Campuran ini mempergunakan tambahan berupa fiber selulosa yang berfungsi untuk menstabilisasi kadar aspal yang tinggi. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Ada 3 jenis *SMA*, yaitu:
  - a. *SMA* 0 / 5 dengan tebal perkerasan 1,5 – 3 cm.
  - b. *SMA* 0 / 8 dengan tebal perkerasan 2 – 4 cm.
  - c. *SMA* 0 / 11 dengan tebal perkerasan 3 – 5 cm.

(Silvia Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, 2003)

## **2.5. Laston**

Laston adalah lapis permukaan atau lapis fondasi yang terdiri atas laston lapis aus (*AC-WC*), laston lapis permukaan antara (*AC-BC*) dan laston lapis fondasi (*AC-Base*).

Pembuatan Lapis Aspal Beton (LASTON) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya. Sebagai lapis permukaan, Lapis Aspal Beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya, SKBI – 2.4.26.1987)

### **2.5.1. Fungsi dan Sifat Laston**

Laston adalah aspal campuran panas yang bergradasi tertutup (bergradasi menerus) yang berfungsi sebagai berikut:

- a. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
- b. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya.
- c. Sebagai lapisan aus.
- d. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Sedangkan sifat-sifat dari Laston antara lain:

- a. Kedap air.
- b. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
- c. Mempunyai nilai struktural.
- d. Mempunyai stabilitas tinggi
- e. Peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

(Bahan Kuliah PPJ Fakultas Teknik Sipil Undip)

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

Sifat-Sifat Campuran			Laston		
			WC	BC	Base
Penyerapan kadar aspal		Maks.	1,2 untuk Lalu Lintas > 1 juta ESA 1,7 untuk Lalu Lintas < 1 juta ESA		
Jumlah tumbukan per bidang			75		112
Rongga dalam campuran (%)	Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA	Min.	4,9		
		Maks.	5,9		
	> 0.5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min.	3,9		
		Maks.	4,9		
	Lalu Lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min.	3,0		
		Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)		Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA	Min.	65	63	60
	> 0.5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min.	68		
	Lalu Lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min.	75		73
Stabilitas Marshall (Kg)		Min.	800		800
		Maks.	-		-
Kelelehan (mm)		Min.	2		2
		Maks.	-		-
Marshall Quotient (Kg/mm)		Min.	200		200
Stabilitas Marshall Sisa setelah perendaman selama 24 jam, 60°C		Min.	85 untuk Lalu Lintas > 1 Juta ESA 80 untuk Lalu Lintas < 1 Juta ESA		
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	Lalu Lintas (LL) > 1 juta ESA	Min.	2.5		
	> 0.5 juta ESA & < 1 juta ESA	Min.	2		
	Lalu Lintas (LL) < 0.5 juta ESA	Min.	1		

Sumber: Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, edisi Agustus 2001

### 2.5.2. Bahan penyusun Laston

Dalam penelitian kami kali ini, campuran aspal yang akan kami buat sebagai bahan komparasi adalah Laston pada lapisan aus (*AC-WC*). Bahan penyusun dari kedua benda uji pada umumnya sama. Yang membedakan hanya pada bahan pengikatnya. Benda uji pertama menggunakan aspal Pertamina pen 60/70. Dan benda uji kedua menggunakan Asbuton Modifikasi (*Retona blend*). Berikut adalah penyusun dari kedua campuran tersebut.

#### 1. Agregat

##### a. Umum

- 1) Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal panas dengan asbuton olahan, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumus perbandingan campuran dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.
- 2) Setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal panas dengan asbuton olahan, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran beraspal panas dengan asbuton olahan satu bulan berikutnya.
- 3) Penyerapan air oleh agregat maksimum 3 %.
- 4) Berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat kasar dan halus minimum 2,5 dan perbedaannya tidak boleh lebih dari 0,2.

##### b. Agregat Kasar

- 1) Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.6.
- 2) Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum (*nominal maximum size*). Ukuran nominal maksimum

adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10 %.

- 3) Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.6. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan bidang pecah satu atau lebih.
- 4) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke Unit Pencampur Aspal melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.6. Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	SNI 03-3407-1994	Maks. 12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas	SNI 03-6877-2002	95/90(*)
Partikel Pipih dan Lonjong(**)	ASTM D-4791	Maks. 10 %
Material lolos Saringan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Catatan :

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

(\*\*) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

Sumber: *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*

c. Agregat Halus

- 1) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri atas pasir atau pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm) sesuai SNI 03-6819-2002.
- 2) Fraksi agregat kasar, agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditumpuk terpisah.
- 3) Pasir boleh digunakan dalam campuran aspal. Persentase maksimum yang disarankan untuk Laston (AC) adalah 10%.

- 4) Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih.
- 5) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan dipasok ke Unit Pencampur Aspal dengan melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah sedemikian rupa sehingga rasio agregat pecah halus dan pasir dapat dikontrol dengan baik.
- 6) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 45%
Material Lolos Saringan No. 200 (0,075mm)	SNI 03-4142-1996	Maks. 8%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min 45%

Sumber: Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas

d. Bahan Pengisi (*Filler*)

- 1) Bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus dari semen *Portland*. Bahan tersebut harus bebas dari bahan yang tidak dikehendaki.
- 2) Debu batu (*stonedust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-4142-1996 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (0,075mm) tidak kurang dari 75% dari yang lolos ayakan No. 30 (0,600mm) dan mempunyai sifat non plastis.

e. Gradasi agregat gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam Tabel 2.8. Laston harus berada di luar zona larangan (*restriction zone*) dan berada dalam batas-batas titik kontrol (*control point*) yang diberikan dalam Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran saringan		% Berat yang lolos		
		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base Course
1 <sup>1/2</sup> "	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
<sup>3</sup> / <sub>4</sub> "	19	100	90-100	Maks. 90
<sup>1</sup> / <sub>2</sub> "	12,5	90-100	Maks. 90	-
3/8"	9,5	Maks. 90	-	-
No.8	2,36	28-58	23-49	19-45
No.30	0,600	-	-	-
No.200	0,075	4-10	4-8	3-7
ZONA LARANGAN				
No.4	4,75	-	-	39,5
No.8	2,36	39,1	34,6	26,8-30,8
No.16	1,18	25,6-31,6	22,3-28,3	18,1-24,1
No.30	0,600	19,1-23,1	16,7-20,7	13,6-17,6
No.50	0,300	15,5	13,7	11,4

Sumber: Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas, edisi Agustus 2001.

## 2. Aspal

- a. Aspal keras pen 60/70 yang digunakan harus memenuhi persyaratan pada Tabel 2.9. Untuk campuran beraspal panas dengan asbuton olahan, aspal yang digunakan harus salah satu dari jenis, aspal yang dimodifikasi dengan Asbuton, bitumen Asbuton modifikasi dan aspal keras Pen 60 apabila menggunakan Asbuton butir. Persyaratan untuk bitumen Asbuton modifikasi bisa dilihat pada Tabel 2.10.
- b. Pengambilan contoh aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 03-6399-2000. Pengambilan contoh bahan aspal dari tiap truk tangki harus dilaksanakan pada bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah. Contoh pertama yang diambil harus langsung diuji di laboratorium lapangan untuk memperoleh nilai penetrasi dan titik lembek. Pengambilan contoh pertama tersebut memenuhi ketentuan dari pedoman ini. Bilamana hasil pengujian contoh pertama tersebut lolos ujian, tidak berarti aspal dari truk tangki yang bersangkutan diterima secara final kecuali aspal dan contoh yang mewakili telah memenuhi semua sifat-sifat yang disyaratkan dalam pedoman ini.

- c. Aspal harus di ekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994. Setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 ml, partikel mineral yang dianggap terkandung dipindahkan dengan alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi kadar abu dalam aspal yang diperoleh kembali tidak lebih dari 1% (dengan pengapian). Aspal harus diperoleh kembali dari larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-6894-2002.

Tabel 2.9. Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2.	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	48 - 58
3.	Titik Nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4.	Daktalitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6.	Kelarutan dalam Trichlor Etylen, % berat	RSNI M -04-2004	Min. 99
7.	Penurunan Berat (dengan TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8
8.	Penetrasi setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 54
9.	Daktalitas setelah penurunan berat, % asli	SNI 06-2432-1991	Min. 50
10.	Uji noda aspal – Standar naptha – Naptha xylene – Heptane xylane	SNI 03-6885-2002	negatif

Sumber: Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas.

Tabel 2.10. Persyaratan Asbuton Modifikasi

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100gr, 5 detik, 0,1mm	SNI 06-2456-1991	40-60
2	Titik lembek, °C	SNI 06-2434-1991	Min. 55
3	Titik nyala, °C	SNI 06-2433-1991	Min. 225
4	Daktilitas, 25°C, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
6	Kelarutan dalam Trichlor Etylen, % berat	RSNI M-04-2004	Min. 90
7	Penurunan berat (TFOT), % berat	SNI 06-2440-1991	Maks. 2
8	Penetrasi setelah kehilangan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 55
9	Daktilitas setelah TFOT, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50
10	Mineral lolos saringan no. 100, % *	SNI 03-1968-1990	Min. 90

Catatan: \* hasil ekstraksi

Sumber: *Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas dengan Asbuton.*

## 2.6. Karakteristik Marshall

Karakteristik campuran panas agregat aspal dapat diukur dari sifat-sifat *Marshall* yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut :

### 1. Kerapatan (*Density*)

*Density* merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan *additive* dalam campuran.

Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin kedap terhadap air dan udara.

## 2. Stabilitas (Stability)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*wash boarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran.

Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Nilai stabilitas yang disyaratkan adalah lebih dari 800 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 800 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

## 3. Void In Mineral Aggregate (VMA)

*Void in Mineral Aggregate (VMA)* adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara pengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika *VMA* terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika *VMA* terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai *VMA* dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VMA* ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran.

Dapat juga dikatakan bahwa nilai *VMA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai *VMA* yang disyaratkan adalah minimum 15 %.

4. *Void in The Mix (VIM)*

*Void in The Mix (VIM)* merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai *VIM* berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai *VIM* menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Nilai *VIM* yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapis perkerasan. Nilai *VIM* yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

5. *Void Filled With Asphalt (VFA)*

*Void Filled With Asphalt (VFA)* merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai *VFA* berpengaruh pada sifat kedap air terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain *VFA* menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai *VFA* berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap air terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai *VFA* yang terlalu tinggi akan menyebabkan *bleeding*.

Nilai *VFA* yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan *film* aspal akan menjadi tipis dan akan

mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

6. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, *VIM* dan *VFA*. Nilai *VIM* yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai *VFA* yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan.

Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

7. Hasil bagi *Marshall* (*Marshall Quantient*)

*Marshall Quantient* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *Marshall Quantient* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quantient* berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai *Marshall Quantient* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai *Marshall Quantient*

yang disyaratkan minimal 200 kg/mm. Nilai *Marshall Quantient* dibawah 200 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*.

## 2.7. Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini, antara lain adalah I Nengah Riba (2005) dengan judul “*Pemanfaatan Kombinasi Ampas Ekstrak Asbuton Dan Kapur Padaman Sebagai Filler Pengganti Campuran Panas Aspal Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Berdasarkan Uji Marshall*”. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa penambahan proporsi filler kapur padaman pada campuran beton aspal (AC) memperlihatkan adanya beberapa perubahan pada karakteristik *Marshall* diantaranya nilai *density*, *void filled with asphalt (VFWA)* , *flow* dan tingkat kepadatan mengalami kenaikan. Sedangkan nilai *void in mineral aggregate (VMA)* dan *void in the mix (VITM)* mengalami penurunan.

Kemudian penelitian lain pernah dilakukan oleh Hendri Nofrianto (2005) dengan judul “*Kajian Modulus Kekakuan Campuran Beton Aspal Yang Mengandung Bitumen Asbuton Dengan Pengujian Tarik Tak Langsung*”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh kadar bitumen asbuton dalam campuran aspal minyak (Pertamina) terhadap sifat rheologi aspal dan nilai modulus kekakuan dengan pengujian laboratorium pada temperatur 45°C, 50°C dan 55°C dan lama pembebanan 89 ms, 104 ms dan 124 ms. Hasil analisis multivarians terhadap nilai modulus kekakuan menunjukkan pada tingkat signifikansi  $\alpha = 1\%$  dan  $\alpha = 5\%$ , untuk pengaruh utama (*main effect*) yaitu lama pembebanan, temperatur dan kadar bitumen asbuton yang berlainan menghasilkan nilai modulus kekakuan campuran beton aspal yang berbeda.