

BAB II STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Salah satu bahan perkerasan jalan yang telah banyak digunakan di Indonesia adalah campuran lapis aspal beton (laston) bahan ini umumnya digunakan sebagai lapis permukaan jalan. Campuran Lapis aspal beton juga termasuk jenis konstruksi perkerasan lentur yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat terdiri dari agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*) dimana dalam proses pencampuran dilakukan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Hasil campuran merupakan bahan yang padat dan kompak, tahan terhadap beban lalu lintas dan kedap air.

Pada penelitian ini dilakukan terhadap salah satu jenis konstruksi perkerasan lentur. Bahan – bahan campuran aspal beton yang digunakan harus memenuhi ketentuan Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya (SKBI 1987). Suatu campuran aspal agar dapat berfungsi dengan baik maka harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Kaku (*stiff*)

Sifat tersebut diperlukan oleh campuran untuk dapat memikul / membagi beban lalu lintas sehingga dapat mengurangi *rutting* dan mengurangi *horisontal stress* (retak)

b. Lentur (*flexible*)

Kemampuan campuran untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*), masuknya air, dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan ini akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Agar diperoleh sifat fleksible maka kebutuhan campuran yaitu permukaan agregat kasar / batu pecah, kadar aspal tinggi.

c. Awet (*durabel*)

Diperlukan untuk memperlambat *embitterment* / perapuhan dari mix juga mempertahankan fleksibilitas, *polishing* dari agregat / *skid resistan*. Agar

diperoleh sifat tersebut maka campuran disamping kadar aspal tinggi agregat gradasi rapat air *void* juga harus kecil.

d. Tahan terhadap Tekanan (*stabe*)

Diperlukan campuran untuk tahan terhadap deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan oleh beban lalu lintas, sehingga mengurangi *rutting* dan *bleeding*. Stabilitas tergantung dari gesekan *internal* dan kohesi. Gesekan *internal* berasal dari kekasaran permukaan, luas bidang kontak antar butir atau bidang butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, tebal film aspal, dan kemampuan saling mengunci dari agregat pada campuran. Aspal yang digunakan aspal keras dengan penetrasi kecil.

e. Kedap Air (*impermeable*)

Mencegah masuknya air dan udara, karena jika masuk akan mempercepat proses oksidasi sehingga proses pelapukan akan berlangsung lebih cepat.

f. Kekasaran (*skid resistant*)

Kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga, tidak menimbulkan slip, serta memberikan sifat kenyamanan terhadap pengendara. Agar diperoleh sifat *skid resistant* maka kebutuhan campuran agregat gradasi rapat dan kadar aspal sedikit .

g. Mudah dikerjakan (*work ability*)

Mudah dihamparkan dan dipadatkan agar cepat pengerjaan dilapangan sehingga mempengaruhi tingkat efisiensi pekerjaan.

h. *Tyre noise*

Mengurangi aus pada ban kendaraan dan memberikan sifat kenyamanan terhadap pengguna kendaraan untuk memperoleh sifat *tyre noise* maka kebutuhan campuran agregat gradasi kecil dan kadar aspal besar.

i. Percikan api (*spray reduction*)

Menghindari apabila terjadi kecelakaan tidak akan terjadi percikan api, untuk itu kebutuhan campuran kadar aspal besar penetrasi kecil.

2.2 Bahan Perkerasan

Bahan lapis perkerasan beton terdiri dari agregat dan bahan ikat aspal yang diikat menjadi suatu campuran yang solid dan biasanya digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan raya.

Pada pekerjaan perkerasan diperlukan bahan-bahan penyusun perkerasan antara lain sebagai berikut :

2.2.1 Aspal

Aspal sebagai bahan pengikat merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur – unsur asphaltenes, resins dan oli. Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing – masing agregat. (Kerbs and Walker, 1971).

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat atau yang diperoleh dari hasil pemurnian minyak bumi, atau yang merupakan kombinasi dari bitumen-bitumen tersebut, satu dan yang lainnya atau dengan minyak bumi atau turunan-turunan dari padanya (Standard ASTM D-8).

Bitumen adalah suatu campuran hidrokarbon dari alam atau yang terjadi karena proses pemanasan bumi, atau kombinasi keduanya, seringkali disertai turunan-turunan non metal yang mungkin bersifat gas, cair, setengah padat atau padat dan larut semua dalam sulfida. Hidrokarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang bersifat *thermoplastis*. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan 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.

Fungsi aspal dalam campuran aspal beton, pertama sebagai bahan pelapis dan perekat agregat, kedua sebagai lapis resap pengikat (*prime coat*)

adalah lapis tipis aspal cair yang diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya. Ketiga lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar berfungsi sebagai pengikat diantara keduanya, dan sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, halus dan *filler*.

Secara umum aspal dibagi menjadi dua kelompok yaitu aspal alam dan aspal buatan.

a. Aspal Alam

Aspal ini langsung terdapat di alam, memperolehnya tanpa proses pemasakan. Di Indonesia terdapat dipulau Buton diistilahkan sebagai Asbuton (*Aspal Batu Buton*). Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dan mineral dari ukuran debu sampai ukuran pasir yang sebagian besar merupakan mineral kapur. Sifat mekanis Asbuton menunjukkan pada temperatur <30 °C rapuh dipukul pecah dan pada tempertur 30°C - 60°C menjadi plastis apabila dipukul akan menjadi lempeng (pipih) selanjutnya pada temperatur 100 °C -150 °C akan menjadi cair (Departemen P.U.,1980).

b. Aspal Buatan

Aspal buatan dihasilkan dari hasil terakhir penyaringan minyak tanah kasar (*crude oil*), sehingga merupakan bagian terberat dari minyak tanah kasar dan terkental. Oleh karena itu untuk memperoleh aspal dengan mutu baik dipilih bahan baku minyak bumi dengan kadar parafin rendah.

Berdasarkan nilai penetrasi atau kekerasan aspal, AASHTO membagi aspal kedalam lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300. Yang dimaksud angka kekerasan adalah berapa dalam masuknya jarum penetrasi kedalam contoh aspal.

Penelitian ini menggunakan aspal pertamina penetrasi 60/70 yang merupakan aspal minyak karena tingkat penetrasi ini dianggap cocok dengan iklim di Indonesia, hal ini dikarenakan di Indonesia merupakan daerah dengan iklim tropis dimana memiliki suhu yang lebih besar dari 24 °C.

Aspal penetrasi 60/70 diperkirakan memiliki kemampuan untuk menghindari terjadinya pelunakan pada temperatur tinggi saat musim kemarau.

2.2.1.1. Sifat Aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

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

Berdasar uraian tersebut diatas berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi serta sifat elastis yang baik.

Sifat-sifat yang dimiliki aspal antara lain (Sukirman, 1999) :

a. Daya tahan aspal (durability)

Daya tahan aspal disandarkan pada daya tahan lama terhadap perubahan sifatnya apabila mengalami "*proccesing*" dan juga pengaruh cuaca. Semuanya ini berpengaruh terutama atas daya tahannya terhadap pengerasan sesuai dengan jalannya waktu. Faktor-faktor yang menyebabkan pengerasan ini yang sesuai dengan jalannya waktu antara lain :

1. Oksidasi

Adalah reaksi oksigen dengan aspal, proses ini tergantung dari sifat aspal dan temperaturnya. Oksidasi akan memberikan suatu lapisan film yang keras pada aspal itu.

2. Penguapan

Penguapan adalah evaporasi dari bagian-bagian yang lebih ringan dari aspal, karena aspal merupakan campuran persenyawaan hidrokarbon yang kompleks dan mempunyai perbedaan berat molekul yang besar.

3. Polimerisasi

lalah penggabungan dari molekul-molekul sejenis untuk membentuk molekul yang lebih besar. Aspal adalah penggabungan molekul-molekul hidrokarbon dengan berat molekul besar. *Polimerisasi* sangat merugikan

karena menyebabkan aspal lebih getas sehingga perkerasan jalan mudah retak-retak.

4. *Thixotrophy*

Thixotrophy adalah perubahan dari viscositas sesuai dengan jalannya waktu.

5. Pemisahan

Pemisahan adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan pemindahan bagian-bagian minyak (*oil*) atau resin atau alphaltenes dari aspal sebagai akibat dari penyerapan (*absorption*) yang selektif dari batuanannya dimana dapat diletakkan dan peristiwa ini mengakibatkan kerasnya dan kadang juga menjadi lunaknya aspal tadi.

6. *Syneresis*

Syneresis adalah reaksi penyebaran yang terjadi di aspal karena pembentukan atau penyusunan struktur didalam aspal itu. Cairan minyak yang tipis yang berisi bagian yang sedang atau yang lebih berat disebarkan pada permukaan.

b. Adhesi dan kohesi

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

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang *termoplastis*, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Aspal yang cair dapat masuk ke pori – pori agregat pada penyemprotan / penyiraman lapis perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat aspal pada tempatnya.

d. Pengaruh pengerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran, dipanaskan, dan dicampur dengan agregat. Agregat dapat dilapisi dengan penyemprotan / penyiraman aspal panas

ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Terjadi proses oksidasi selama proses pelaksanaan, menyebabkan aspal menjadi getas (*viskositas* bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi. (Silvia Sukirman, 1999).

2.2.1.2. Pengujian Bahan Aspal

Pemeriksaan bahan aspal atau bitumen bermaksud untuk menentukan nilai di bawah ini :

- a. Penetrasi Bahan – Bahan Bitumen (*penetration*), kedalaman (0.1 mm) suatu jarum masuk ke dalam aspal pada suhu yang dibebani 100 gr selama 5 detik.
- b. Titik Lembek Aspal dan Ter (*softening point*), suhu pada saat aspal menjadi lembek karena pembebanan tertentu dengan kecepatan pemanasan 5°C/menit.
- c. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar, titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik dipermukaan aspal. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang kurangnya 5 detik pada suatu titik dipermukaan aspal.
- d. Pemeriksaan Daktilitas (*ductility*), panjang benang aspal dapat ditarik hingga putus didalam larutan air dan gliserin pada suhu 25°C dan kecepatan tarik 5 cm/menit.
- e. Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dengan Carbon Tetra Clorida (CCL₄).
- f. Pelekatan Dalam Air.
- g. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal Keras (*specific gravity*), perbandingan berat aspal dengan isi tertentu terhadap berat air dengan isi yang sama pada suhu tertentu.
- h. Viscositas.

2.2.2 Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume (Silvia Sukirman, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya).

Agregat adalah komponen utama dalam konstruksi jalan raya. Lebih dari 600 juta ton agregat dalam tiap tahunnya, dibutuhkan untuk penggunaan konstruksi jalan raya, dan belum termasuk tambahan 200 juta ton yang digunakan untuk perbaikan konstruksi jalan raya.

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 menjadi :

- a Berdasarkan Proses pengolahannya agregat yang dipergunakan dalam perkerasan lentur dapat dibedakan :
 1. Agregat alam, agregat yang dapat dipergunakan sebagai mana bentuknya di alam dengan cara sedikit proses pengolahan, yaitu pasir dengan ukuran partikel $<1/4$ inch tetapi lebih besar dari 0.075 mm (saringan no.200), kerikil dengan ukuran partikel $>1/4$ inch (6.35).
 2. Agregat yang melalui proses pengolahan atau agregat yang melalui proses pemecahan terlebih dahulu supaya diperoleh bentuk partikel bersudut, diusahakan berbentuk kubus, permukaan partikel kasar sehingga mempunyai gesekan yang baik dan 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 diinginkan dapat dicapai sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan.

3. Agregat buatan, agregat yang merupakan mineral *filler* / pengisi (partikel dengan ukuran <0.075 mm), diperoleh dari terak hasil pencairan pabrik besi dan baja, pabrik semen dan pemecah batu.
- b Berdasarkan ukuran butiran agregat dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah butiran yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm). Fungsi agregat kasar dalam campuran aspal beton adalah

- a. Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing-masing agregat kasar dan tahanan suatu aksi perpindahan
- b. Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar)

Agregat yang digunakan dalam pembuatan aspal beton adalah batu pecah atau kerikil dalam keadaan kering dengan persyaratan sebagai berikut :

- a. Keausan agregat yang diperiksa dengan mesin los angeles pada 500 putaran harus mempunyai nilai maksimum 40%.
- b. Kelekatan terhadap aspal harus lebih besar dari 95%
- c. Indeks kepipihan agregat maksimum 25%
- d. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%
- e. Berat jenis semu agregat minimum 2,50
- f. Gumpalan lempung agregat maksimum 0,25%
- g. Bagian-bagian batu yang lunak dari agregat maksimum 5%

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan No. 200 (0,075mm). Fungsi agregat halus dalam campuran aspal beton adalah :

- a. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.

- b. Semakin besar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan perkerasan jalan.
- c. Agregat halus pada saringan No. 8 sampai dengan saringan No. 30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan.
- d. Pada *gap graded*, agregat halus saringan No. 8 sampai dengan saringan No. 30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu sehingga permukaan gap graded cenderung halus.
- e. Agregat halus pada saringan No. 30 sampai dengan No. 200 penting untuk menaikkan kadar aspal, sehingga akan bertambah awet.
- f. Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Agregat halus harus terdiri dari bahan-bahan berbidang kasar, bersudut tajam, dan bersih dari kotoran-kotoran. Agregat halus terdiri dari pasir, bahan-bahan halus hasil pemecahan batu atau kombinasi bahan-bahan tersebut dalam keadaan kering.

Agregat halus harus memenuhi syarat-syarat :

- a. Nilai *sand equivalent* dari agregat maksimal 40%
- b. Berat jenis semu minimum 2,50
- c. Dari pemeriksaan Atterberg, agregat harus non plastis
- d. Peresapan agregat terhadap air maksimum 3%

3. *Filler*

Filler adalah bahan berbutir halus yang mempunyai fungsi sebagai pengisi pada pembuatan campuran aspal. *Filler* didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,074 mm) bisa berupa kapur, debu batu, atau bahan lain, dan harus dalam keadaan kering (kadar air maksimal 1%). Dalam penelitian ini *filler* yang digunakan adalah batu lintang dan abu batu sebagai komparasinya seperti yang dijelaskan di bawah ini.

a. *Filler* Batu Lintang

Batu lintang merupakan hasil restrukturasi batu gamping yang mengkristal setelah mengalami proses pelarutan. Umumnya terjadi pada batu gamping dalam masa kristalin yang berlapis dan berupa stalaktit dan stalakmit. Batu lintang termasuk batuan sedimen atau metamorf.

Batu lintang terdiri dari berbagai komposisi, antara lain:

1. Komposisi kimia

Komposisi kimia batu lintang terdiri dari CaCO_3 , MgO , Al_2SO_3 , SiO_2 .

Untuk kandungan yang terdapat pada batu lintang antara lain:

i. CaCO_3	=	99,7%
ii. MgO	=	0,4%
iii. Al_2SO_3	=	0,15%
iv. SiO_2	=	0,8%

(Direktori Produsen Bahan Galian Industri Di Indonesia, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum Pusat Pengembangan Teknologi Mineral 1992)

Dilihat dari komposisi kimianya, maka batu lintang mempunyai kesamaan sifat dengan batu gamping, dimana mayoritas kandungannya adalah CaCO_3 .

2. Komposisi fisika

Komposisi fisika batu lintang mempunyai ciri – ciri sebagai berikut:

- i. tidak memiliki warna (transparan)
- ii. memiliki system kristal hexagonal
- iii. mempunyai kekerasan berdasarkan skala Mohs (tingkat kekerasan) 3 dari 10 dari tingkat kekerasan yang ada.

Tabel 2.1. Karakteristik Batu Lintang

No	Batu Lintang
1	Merupakan hasil restrukturisasi batu gamping yang mengkristal setelah mengalami proses pelarutan
2	Termasuk batuan sedimen atau metamorf
3	Terdapat didaerah perbukitan atau pegunungan kapur (di daerah Ponjong, Gunung Kidul DIY)
4	Tidak memiliki warna (transparan)
5	Memiliki tingkat kekerasan skala Mohs 3 (dari 10 tingkat kekerasan)

Sumber : Supriatna Suhala dan M. Arifin, 1997, Bahan Galian Industri, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.

b. *Filler* Abu Batu

Mineral *filler* abu batu merupakan hasil samping produksi pemecah batu *stone crusher* yang lolos saringan no. 200. *Filler* abu batu pada umumnya yang paling sering digunakan pada perkerasan jalan raya. Kualitas abu batu sangat tergantung dari kualitas bahannya, bahan abu batu khususnya batu kali untuk idealnya bahan abu batu yang dipakai adalah hasil dari batuan yang keras dan kuat.

Tabel 2.2. Karakteristik Abu Batu

No	Abu Batu
1	Berasal dari magma yang keluar ke permukaan bumi kemudian mendingin dan membeku
2	Termasuk batuan beku
3	Terdapat didaerah sungai dan gunung berapi
4	Berwarna abu-abu kehitaman
5	Memiliki tingkat kekerasan skala Mohs 7-8 (dari 10 tingkat kekerasan)

Sumber: Silvia Sukirman, 1999, Perkerasan Jalan Raya.

Penggunaan *filler* dalam campuran aspal beton sangat mempengaruhi karakteristik aspal beton tersebut, efek tersebut dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

1. Efek Penggunaan *filler* terhadap Karakteristik Campuran
 - a. *Filler* terhadap viscositas campuran:
 - i. efek penggunaan berbagai jenis *filler* terhadap *viscositas* campuran tidak sama.
 - ii. luas permukaan *filler* yang semakin besar akan menaikkan viscositas campuran dibandingkan dengan yang berluas permukaan kecil.
 - b. *Filler* terhadap daktilitas dan penetrasi campuran:
 - i. kadar *filler* yang semakin tinggi akan menurunkan daktilitas, hal ini juga terjadi pada berbagai suhu.
 - ii. jenis *filler* yang akan menaikkan *viscositas* aspal, akan menaikkan penetrasi aspal.
 - c. Efek suhu dan pemanasan
Jenis dan kadar *filler* memberikan pengaruh yang berbeda pada berbagai temperatur.
2. Efek penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal beton

Kadar *filler* dalam campuran akan mempengaruhi dalam proses pencampuran, penghamparan, dan pemadatan. Selain itu, kadar dan jenis *filler* akan berpengaruh terhadap sifat elastik campuran dan sensitifitas terhadap air. Pemberian *filler* pada campuran lapis perkerasan sebagai agregat mengakibatkan lapis perkerasan mengalami berkurangnya kadar pori. Partikel *filler* menempati rongga diantara partikel – partikel besar menjadi berkurang. Secara umum penambahan *filler* ini bertujuan untuk menambah stabilitas serta kerapatan dari campuran. Bila dicampur dalam aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama – sama.

Kelompok mineral *filler* dalam campuran beton aspal yang mempunyai partikel dengan diameter yang lebih besar dari ketebalan selaput bitumen pada permukaan batuan akan memberikan pengaruh saling mengunci antar agregat. Sedangkan kelompok yang lain, yaitu partikel yang mempunyai diameter lebih kecil dari selaput bitumen akan tersuspensi dalam selaput bitumen tersebut. Bagian mineral *filler* yang tersuspensi ini akan mempengaruhi perilaku system *filler* bitumen.

2.2.2.2 Sifat Agregat

Sifat dan bentuk agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga (Sukirman, 1999).

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*).
2. Kemampuan dilapisi aspal yang baik,
3. Kemampuan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman.

2.2.2.3 Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dari agregat dapat berpengaruh terhadap kemampuan kerja (*workability*) dari pada pepadatan juga campuran lapis perkerasan dan jenis perkerasan. Bentuk partikel juga mempengaruhi kekuatan dari suatu lapis perkerasan selama masa layanan.

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut (Sukirman, 1999).

Partikel agregat dapat berbentuk :

a. 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 menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

b. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya > 1.8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking* nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

c. Kubus (*cubical*)

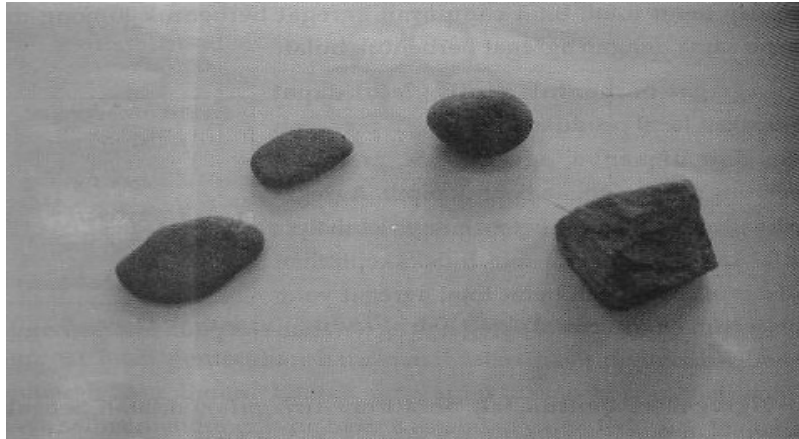
Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan *interlocking* / sifat saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus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

d. Pipih (*flacky*)

Partikel agregat berbentuk pipih juga 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.

e. Tak beraturan (*irregular*)

Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan diatas.



Gambar 2.1 Bentuk – Bentuk Agregat

Tekstur permukaan berpengaruh pada ikatan antara batu dengan aspal.

Tekstur permukaan agregat biasanya terdiri atas :

- a. Kasar sekali (*very rough*)
- b. Kasar (*rough*)
- c. Halus
- d. 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 makin tinggi sifat stabilitas dan keawetan suatu campuran aspal dan agregat. Untuk mendapatkan nilai stabilitas dari campuran lapis aspal beton (LASTON) dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat dan tahan terhadap suatu reaksi perpindahan dipakai agregat berbentuk kubus dengan tekstur permukaan yang kasar (bidang kontak lebih besar), karena semakin kasar *surface* tekstur agregat maka konstruksi lebih stabil dibandingkan dengan permukaan halus.

2.2.2.4 Kebersihan Permukaan

Kebersihan permukaan dari bahan-bahan yang tidak dikehendaki seperti sisa tumbuhan , lumpur, partikel lempung dan lain lain sangat penting karena bahan-bahan tersebut dapat memberikan efek yang sangat merugikan pada kinerja lapis perkerasan, seperti mengurangi daya lekat aspal pada batuan.

2.2.2.5 Daya Lekat terhadap Aspal

Daya lekat terhadap aspal (*affinity of asphalt*) dari suatu agregat yaitu kecenderungan agregat untuk menerima atau menolak suatu pelapisan aspal. Dalam kaitannya dengan daya lekat terhadap aspal, agregat terbagi menjadi dua yaitu agregat yang menyukai air (*hidrophilic*) dan agregat yang menolak air (*hidrophobic*). Agregat *hidrophilic* apabila dilapisi aspal akan mudah mengelupas, sedangkan agregat *hidrophobic* daya lekatnya terhadap aspal tinggi sehingga tidak mudah mengelupas bila dilapisi aspal. Jadi pemakaian untuk lapis aspal beton sebaiknya menggunakan agregat *hidrophobic* agar aspal dapat melekat baik. Contoh dari agregat *hidrophobic* adalah batu kapur, sedang contoh *hidrophilic* adalah granit dan batuan yang mengandung silika.

2.2.2.6 Porositas Agregat

Porositas suatu agregat mempengaruhi nilai ekonomi suatu campuran (agregat dengan aspal), karena makin tinggi porositas makin banyak aspal yang terserap sehingga kebutuhan aspal makin besar.

2.2.2.7 Pengujian Agregat

Agregat yang akan dipergunakan sebagai material campuran perkerasan jalan harus memenuhi persyaratan sifat dan gradasi agregat seperti yang telah ditetapkan dalam spesifikasi pekerjaan jalan. Maka agregat yang akan digunakan harus di uji terlebih dahulu :

- a. Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar
- b. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar
- c. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus
- d. Berat Isi Agregat
- e. Kelekatan Agregat terhadap Aspal
- f. Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing – masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

The Asphalt Institut dan Depkimpraswil dalam spesifikasi baru Campuran Panas, 2002 membedakan agregat menjadi:

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 8 (=2.36mm).
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 8 (=2.36mm).
- c. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan no. 30 (=0.60mm).

Bina Marga membedakan agregat menjadi:

- a. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (=4.75mm).
- b. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (=4.75mm).
- c. Bahan Pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan No. 200 (=0.075mm).

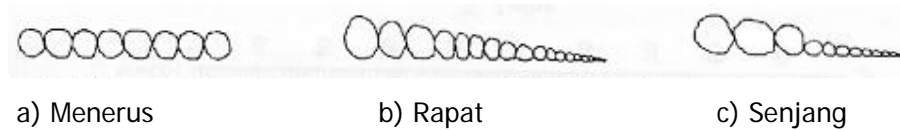
2.3 Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan campuran dari berbagai diameter butiran agregat yang membentuk susunan campuran tertentu. Gradasi agregat ini diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan (dengan ukuran saringan 19.1mm; 12.7mm; 9.52mm; 4.76mm; 2.38mm; 1.18mm; 0.59mm; 0.279mm; 0.149mm; 0.074mm;), dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. Satu set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup.

Untuk menunjukkan klasifikasi agregat yang disebut gradasi (*grading*) umumnya digunakan suatu grafik. Absis menunjukkan ukuran butiran (dalam skala logaritma) dan ordinat menunjukkan prosentase dari berat yang melalui nomor saringan tertentu.

2.3.1 Gradation Master Bands

Susunan butiran agregat atau yang disebut dengan gradasi agregat dibedakan dalam 3 macam, dengan ilustrasi susunan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gambar Ilustrasi Macam Gradasi Agregat

- a. Gradasi menerus (*uniform graded*)
 Gradasi menerus atau 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 menerus akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
- b. Gradasi rapat (*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 Rumus Fuller dibawah ini :

Rumus Fuller :

$$P = 100(d/D)^{0.45}$$

Dimana :

- P = persen lolos saringan dengan bukaan d mm
- d = ukuran agregat yang sedang diperhitungkan
- D = ukuran maksimum partikel dalam gradasi tersebut

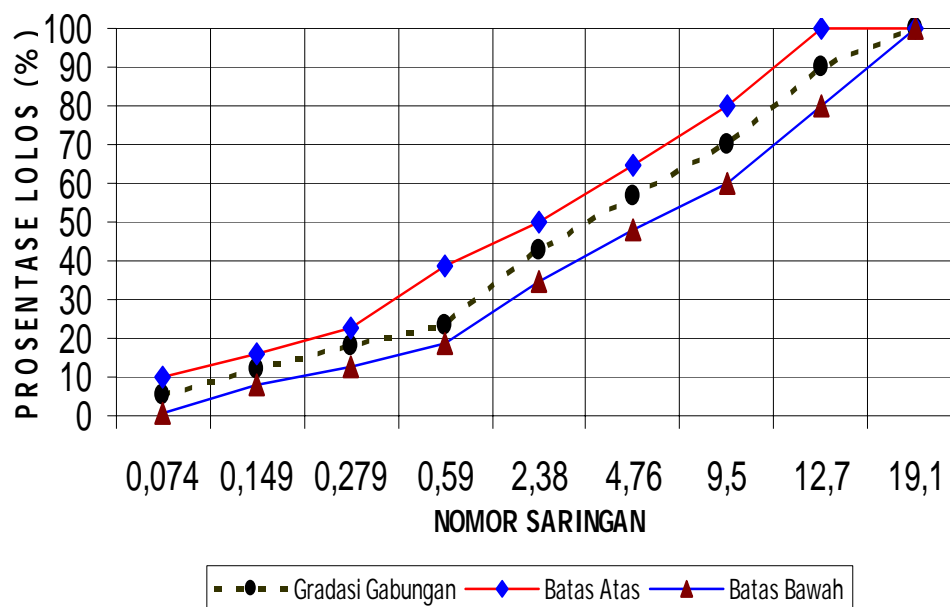
Tabel 2.3 menunjukkan spesifikasi gradasi campuran agregat bergradasi baik yang memenuhi rumus fuller. Gradasi sebaiknya diarahkan mendekati bagian bawah batas spesifikasi atau dibawah kurva gradasi kasar dapat juga dibagian kanan berada diatas kurva, kemudian memotong kurva dan dibagian kiri berada dibagian bawah kurva seperti terlihat pada Gambar 2.3 spesifikasi gradasi agregat Laston sesuai Tabel 2.3

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Laston

Ukuran Saringan		Lolos Saringan (%)	Nilai Tengah (%)
3/4"	19,1	100	100
1/2"	12,7	80-100	90
3/8"	9,5	60-80	70
#4	4,76	48-65	56,5
#8	2,38	35-50	42,5
#30	0,59	18-29	23,5
#50	0,279	13-23	18
#100	0,149	8-16	12
#200	0,074	1-10	5,5

Sumber : Silvia Sukirman ;Beton Aspal Campuran Panas

GRAFIK ANALISA SARINGAN



Gambar 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Laston

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi gradasi menerus dan gradasi rapat. Agregat bergradasi menerus umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi timpang, campuran merupakan agregat dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit sekali. Agregat dengan gradasi timpang akan menghasilkan lapis

perkerasan yang mutunya terletak antara kedua pengaruh jenis gradasi rapat dengan gradasi menerus

2.3.2 Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik campuran

Gradasi agregat pada dasarnya sangat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan memberikan kemudahan selama proses pelaksanaan.

Gradasi agregat merupakan kondisi agregat yang dapat dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. Untuk gradasi menerus masuk kedalam kategori agregat bergradasi baik, sedangkan gradasi seragam dan senjang masuk dalam kategori agregat bergradasi buruk. Efek pengaruh gradasi terhadap karakteristik campuran dapat dilihat pada Tabel 2.4 dibawah ini.

Tabel 2.4 Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik Campuran

Karakteristik	Agregat bergradasi buruk	Agregat bergradasi baik
Stabilitas	buruk	baik
Permeabilitas	baik	buruk
<i>Density</i>	buruk	baik
VITM	besar	kecil

Sumber : Silvia Sukirman ;Beton Aspal Campuran Panas

Oleh karena itu diperlukan ketelitian saat melakukan analisa saringan untuk memperoleh gradasi sesuai dengan yang diinginkan. Dalam penelitian ini menggunakan tipe gradasi Bina Marga dengan ukuran butiran maksimum 19 mm untuk menghasilkan nilai karakteristik *Marshall* yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga.

2.4 Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis aspal beton (Laston) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan berbitumen bergradasi menerus cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Aspal beton dicampur dan dihamparkan pada temperatur tinggi dan membutuhkan bahan pengikat semen aspal. Agregat minimal yang digunakan yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi di dalam batasan yang ketat. Spesifikasi untuk pencampuran, penghamparan, kepadatan akhir, dan ketepatan

penyelesaian akhir permukaan memerlukan pengawasan atas seluruh tahap konstruksi.

Bahan Laston terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*. Bahan harus diteliti mutu dan gradasinya dan selanjutnya digabungkan menurut perbandingan yang akan menghasilkan agregat campuran gradasi yang baik. Pada agregat campuran tersebut ditambahkan aspal secukupnya sehingga diperoleh campuran yang memenuhi persyaratan. Kadar aspal yaitu persentase berat aspal terhadap berat campuran berkisar antara 4% sampai 7%. Kadar aspal yang tepat harus ditentukan berdasarkan pengujian cara *Marshall* sehingga didapatkan campuran yang memenuhi persyaratan. Penggunaan hasil pencampuran aspal dari beberapa pabrik yang berbeda tidak dibenarkan, walaupun jenis aspalnya sama.

2.5 Karakteristik *Marshall*

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

2.5.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan campuran beton aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) 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.

Pemakaian 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.

Syarat nilai stabilitas adalah lebih dari 550 kg. Lapis perkerasan dengan nilai stabilitas kurang dari 550 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.

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *Marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan factor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus (2.1) di bawah ini

$$S = p \times q \quad (2.1)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah besarnya penurunan atau 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 diterima. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, VITM dan VFWA, Nilai VITM yang besar menyebabkan berkurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Nilai VFWA 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.

Akan tetapi campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan

mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Syarat nilai *flow* antara 2 - 4 mm. 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*).

2.5.3 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 susun, faktor pemadatan dan 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 dimiliki nilai *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kotak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antara butiran agregat menjadi besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar nilai *density* campuran, maka campuran tersebut akan semakin kedap terhadap air dan udara.

Nilai kepadatan / *density* dihitung dengan rumus (2.2) dan (2.3) di bawah ini

$$q = c/h \quad (2.2)$$

$$f = d - e \quad (2.3)$$

Keterangan : g = Nilai kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji jenuh air (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

f = Volume benda uji (cc)

c = Berat kering / sebelum direndam (gr)

2.5.4 VITM (*Void In The Mix*)

Void In The Mix (VITM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VITM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VITM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *pourous*. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Air akan melarutkan komponen-komponen yang akan teroksidasi sehingga mengakibatkan terus berkurangnya kadar aspal dalam campuran. Penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan lekatan antara butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*revelling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Syarat dari nilai VITM adalah 3% - 5%. Nilai VITM yang terlalu rendah akan menyebabkan *bleeding* karena pada suhu yang tinggi 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 VITM yang lebih dari 5% akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

VITM adalah persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai VITM akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. Nilai VITM dihitung dengan rumus (2.4) – (2.7) di bawah ini

$$\text{VITM} = (100 - i - j) \quad (2.4)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (2.5)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (2.6)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

I = Persen rongga terisi aspal

I dan j = rumus substitusi

2.5.5 VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

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

Nilai VFWA 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. Nilai VFWA yang disyaratkan antara minimal 75% - 82%.

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh. Artinya rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Nilai VFWA dihitung dengan rumus (2.8) – (2.12) di bawah ini

$$\text{VFWA} = 100 \times \frac{i}{j} \quad (2.8)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (2.9)$$

$$i = \frac{b \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (2.10)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{\text{BJ. agregat}} \quad (2.11)$$

$$l = 100 - j \quad (2.12)$$

Keterangan :

a = Persentase aspal terhadap batuan

b = Persentase aspal terhadap campuran

l = Persen rongga terisi aspal

l dan j = rumus substitusi

2.5.6 VMA (*Void In Mineral Agregate*)

Void In Mineral Agregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh 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 nilai stabilitas, flesibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang disyaratkan adalah 14%.

2.5.7 *Marshall Quotient*

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

Nilai *Marshall Quotient* yang disyaratkan adalah antara 200 kg/mm sampai 350 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* dibawah 200 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *bleeding*, sedangkan nilai *Marshall Quotient* 350 kg/mm mengakibatkan perkerasan menjadi kaku dan mudah mengalami retak.

Nilai dari *Marshall Quotient* diperoleh dengan rumus (2.13) di bawah ini

$$M = S / R \quad (2.13)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

R = Nilai *flow*

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

Setelah dilakukan analisis dari pengujian *Marshall*, dan didapat nilai-nilai karakteristik *Marshall*, dibuat grafik hubungan antara kadar aspal terhadap nilai karakteristik tersebut. Berdasarkan grafik dan perbandingan terhadap spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga, ditentukan kadar aspal optimum campuran.

2.6 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang *filler* juga pernah dilakukan oleh M. Burhanudin dan Enur Mutakin (1997) dengan judul " *Pengaruh Penggunaan Semen Portland dan Batu Andesit Sebagai Filler Terhadap Perilaku Campuran Split Mastic Asphalt* ". Dalam penelitian tersebut dikatakan bahwa pengaruh penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran beton aspal kadar *filler* dalam campuran akan berpengaruh pada proses pencampuran, penggelaran dan pemadatan. Kadar dan jenis *filler* juga akan berpengaruh pada sifat elastik dan sensitifitas campuran terhadap air. Dan pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa pengaruh

penggunaan semen portland sebagai *filler* dalam campuran SMA memberikan kualitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan batu Andesit sebagai *filler*.

Penelitian lain yang berhubungan dengan *filler* juga dilakukan oleh saudara Anita Handayaniputri dan Andi Triwijaya MN, dengan judul " *Pengaruh–Pengaruh Jenis Filler dan Temperatur Terhadap Modulus Kekakuan Resilien Campuran Panas Aspal Beton*". Dari penelitian tersebut kita dapat mengetahui pengaruh jenis *filler* serta variasi temperatur terhadap modulus kekakuan resilien campuran panas aspal beton sehingga kita dapat mendesain perkerasan jalan sesuai dengan prinsip-prinsip yang ada.

Penelitian tentang bahan pengganti abu batu dengan judul " *Penelitian Campuran Aspal Panas (Hotmix) dengan Abu Tempurung Kelapa sebagai Filler* " yang dilakukan oleh Lutfika M dan Sofian Budi Santoso (98), didapat kesimpulan bahwa penggunaan abu tempurung kelapa sebagai filler dalam campuran beton aspal (AC) tidak dapat menggantikan kinerja abu batu secara struktural. Ketidakmaksimalan ini dapat dilihat dari penambahan *filler* abu tempurung kelapa dapat meningkatkan kadar aspal optimum, menurunkan nilai kepadatan (*density*). Stabilitas, nilai ketahanan durabilitas campuran terhadap air dengan *filler* 100% abu tempurung kelapa menurun, kelelahan *flow* menurun.