

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Umum dan Susunan Perkerasan Jalan

2.1.1. Pengertian Umum

Perkerasan jalan sudah sejak lama dikenal manusia saat ditemukannya roda yang berfungsi mengubah kecepatan dengan gaya rotasi searah sebagai penggerak pada alat pengangkut barang maupun manusia. Perkerasan jalan kemudian didefinisikan sebagai struktur perkerasan yang diletakkan diatas tanah dasar dan berfungsi menampung beban lalu lintas yang melewatinya.

Menurut Sukirman (2016), Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berat. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis dan tiap lapisan atas dari badan jalan dibuat dari bahan-bahan khusus yang bersifat baik/konstruktif untuk badan jalannya sendiri.

Berdasarkan klasifikasi struktural jalan, dimana lapisan perkerasan harus dapat menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri, berbagai kajian gencar dilakukan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada struktur jalan sebagai antisipasi dini guna memperkecil kerusakan-kerusakan pada perkerasan jalan.

2.1.2. Fungsi Perkerasan Jalan

Fungsi utama perkerasan jalan adalah:

1. Adanya ketersediaan lahan yang efisien untuk pergerakan barang dan manusia sesuai kebutuhan dengan rasa aman dan nyaman.

2. Melindungi tanah dasar dengan lapisan kedap air untuk mencegah infiltrasi/perembesan air permukaan kedalam tanah dasar sebagai akibat melemahkan daya dukungnya.
3. Menahan tegangan, regangan yang disebabkan oleh terdistribusinya beban berlebihan akibat terkonsentrasinya beban lalu lintas kelapisan tanah dasar hingga batas-batas tertentu.

Untuk memenuhi tuntutan dari suatu perkerasan jalan dalam mendukung beban lalu lintas sebagaimana uraian diatas, konstruksi perkerasan jalan kemudian dibuat berapis-lapis yang mana lapisan teratas dari struktur jalan tersebut dapat klasifikasikan menjadi :

1. Konstruksi pekerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat yang dimana lapis perkerasannya bersifat menopang beban lalulintas atau mengalirkan ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*ridgit pavement*) ialah struktur jalan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Dapat berupa pelat beton dengan tulangan atau tanpa tulangan yang diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah, dan dapat menopang hampir seluruh beban lalu lintas.
3. Konstruksi perkerasan komposit atau lapisan yang merupakan gabungan perkerasan kaku dan perkerasan lentur, dimana perkerasan kaku diatas perkerasan lentur, begitupun sebaliknya.

Perbedaan dari dua jenis perkerasan tersebut diuraikan dalam **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Komponen perkerasan terdiri dari lapis permukaan, pondasi atas dan pondasibawah	Komponen perkerasan terdiri dari plat beton yang terletak pada tanah atau lapisan material granuler pondasi bawah
2	Digunakan untuk semua kelas jalan dandingkat volume lalu lintas	Kebanyakan digunakan untuk jalan kelastinggi
3	Pengontrolan kualitas campuran lebihrumit	Pencampuran adukan beton mudah dikontrol

Lanjutan Tabel 2.1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

No	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
4	Umur rencana lebih pendek yaitu sekitar 10-20 tahun	Umur rencana dapat mencapai 20-40 tahun
5	Kurang buruk tahan terhadap drainasi yang buruk	Lebih tahan terhadap drainasi yang buruk
6	Biaya awal pembangunan lebih rendah	Biaya awal pembangunan lebih tinggi

Sumber: Christady, 2015.

2.1.3. Susunan Perkerasan Jalan

Umumnya struktur perkerasan jalan lentur terdiri dari lapisan-lapisan dengan fungsi dari masing-masing lapisan dapat diuraikan, sebagai berikut:

2.1.3.1. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar pada pengertian ini dapat berbentuk sebagai tanah yang belum ada campurannya atau sebagaimana adanya, timbunan, galian, atau hasil stabilisasi, yang kegunaannya:

1. Sebagai permukaan yang dipersiapkan untuk peletakan lapisan perkerasan di atasnya.
2. Sebagai lapisan yang mampu mendukung beban yang disebarkan dari lapisan perkerasan di atasnya.

Berbagai persoalan yang timbul menyangkut tanah dasar, diantaranya:

1. Pada jenis tanah tertentu dapat mengalami perubahan bentuk secara permanen akibat beban lalu lintas.
2. Ada juga keadaan tanah yang sebagai akibat perubahan kadar air dapat menyusut dan mengembang.
3. Sifat daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan dengan pasti akibat didaerah tertentu terdapat jenis tanah yang berbeda-beda sifatnya.
4. Pada jenis tanah yang dominan berbutiran kasar jika pemadatan yang tidak baik saat pelaksanaannya dapat terjadi penurunan akibat beban lalu lintas.

2.1.3.2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan ini adalah lapisan berbutir yang merupakan bagian dari konstruksi perkerasan dan diletakkan diatas lapisan tanah dasar (*Sub Grade*). Pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 3 diklasifikasikan sebagai Lapis Pondasi Agregat Kelas B dan mempunyai fungsi:

1. Sebagai lapisan yang dipersiapkan untuk pelaksanaan lapis pondasi atas.
2. Mendukung dan menyebarkan beban lalu lintas diatasnya.
3. Mengalihkan infiltrasi atau perembesan air dari lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pemisah yang mencegah naiknya butiran halus dari tanah dasar kelapisan pondasi.
5. Dan menjadi lapisan yang efisien untuk penghematan biaya dikarenakan ketebalan pondasi atas yang dapat dikurangi ketebalannya

2.1.3.3. Lapis Pondasi Atas (*Base course*)

Lapisan ini adalah lapisan berbutir yang merupakan bagian dari konstruksi perkerasan dan diletakkan diatas lapis pondasi bawah (*Base Course*). Pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 3 diklasifikasikan sebagai Lapis Pondasi Agregat Kelas A, yang mempunyai fungsi:

1. Sebagai perletakan Lapis Permukaan (*Surface*)
2. Sebagai lapisan yang mendukung beban pada lapis permukaan.
3. Sebagai lapisan yang mengurangi tegangan maupun regangan dari beban roda yang diteruskan dari lapis permukaan (*Surface*), kemudian mendistribusikannya kelapis pondasi bawah (*Sub Base Course*).
4. Mengalihkan infiltrasi atau perembesan air dari lapis pondasi bawah.

2.1.3.4. Lapis Permukaan (*Surface*)

Sebagai bagian perkerasan yang paling atas yang pada umumnya ditutupi oleh aspal, lapisan pada permukaan ini bila diklasifikasikan berdasarkan jenis, pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 3 dikenal adanya:

1. Stone Matrix Asphalt (SMA) yang diantaranya disebutkan sebagai *SMA* Tipis, *SMA* Halus dan *SMA* Kasar.

2. Laston yang urut-urutannya dari lapisan terbawah, terdiri dari Laston Lapis Pondasi (*HRS-Base*) dan Laston Lapis Aus (*HRS –WC*)
3. Laston yang urut-urutannya dari lapisan terbawah terdiri dari Laston Lapis Pondasi (*AC-Base*), Laston Lapis Antara (*AC-BC*) dan Laston Lapis Aus (*AC-WC*).

Secara umum, kegunaan dari lapis permukaan antara lain :

- a. Pada Lapis Pondasi mempunyai fungsi:
 - 1) Mengurangi tegangan atau regangan sebagai akibat beban lalu lintas yang kemudian diteruskan kelapisan di bawah yang mempunyai ketebalan serta kekakuan yang memadai.
 - 2) Memiliki kekakuan yang tinggi pada bagian perkerasan untuk memikul beban tertinggi dari lalu lintas yang terjadi.
- b. Pada Lapis Aus permukaan mempunyai fungsi:
 - 1) Menutupi perkerasan dari pengaruh air
 - 2) Menyediakan permukaan yang halus
 - 3) Menyediakan permukaan yang memiliki sifat yang tidak licin, rata dan membari keamanan dan kenyamanan saat dilalui.
 - 4) Meneruskan beban kelapisan di bawah.

2.2. Bahan –Bahan Pembentuk Campuran Beraspal Panas Pada Lapis Permukaan Perkerasan Jalan

Menjadi salah satu jenis dari lapisan perkerasan lentur, Campuran Aspal Panas adalah campuran merata antara butiran dari hasil agregasi butiran kasar, halus, bahan pengisi dan aspal sebagai komponen pengikat.

Dalam prosesnya agregat dikeringkan diinstalasi pengering agregat (*dryer*) dari Unit Pencampur Aspal (*Asphalt Mixing Plane/AMP*) dan ditempat terpisah dari Unit Pencampur Aspal tersebut, bahan aspal pun dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu kemudian ditakar sesuai kebutuhan lalu dialirkan kedalam bagian pencampur aspal (*Mixer*) Unit Pencampur Aspal yang sudah ada agregat yang telah dipanaskan dan ditakar sesuai kebutuhan masing-masing fraksi.

Selanjutnya dimixer proses pencampuran berlangsung dalam keadaan panas dengan rentang waktu dan suhu tertentu. Hasil pencampuran tersebut kemudian disebut Campuran Aspal Panas (*Hot Mix*).

Berikut bahan – bahan pokok Campuran Beraspal Panas, antara lain :

2.2.1. Agregat

Butiran dari hasil agregasi adalah bahan baku (granular), seperti pasir, kerikil, atau batu pecah, yang digunakan sebagai bahan dasar dalam konstruksi jalan, trotoar, jembatan, dan bangunan lainnya *American Society of Testing and Material (ASTM)* mendefinisikan hasil agregasi sebagai suatu bahan yang terdiri dari material padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa pecahan-pecahan.

Hasil agregasi merupakan komponen utama dari bahan campuran dalam konstruksi jalan, seperti campuran aspal beton, beton semen, dan campuran tanah stabil. Dari itu kualitas sebuah konstruksi jalan sangat ditentukan dari sifat hasil agregasi itu sendiri.

Adapun pengelompokan sifat agregat yang perlu diperhatikan dalam menentukan kualitas bahan pada struktur perkerasan jalan adalah :

1. Kekuatan dan Keawetan lapisan perkerasan sangat ditentukan oleh susunan butiran (gradasi), ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan serta bentuk butiran dan tekstur permukaan agregat.
2. Porositas, kadar air agregat, jenis agregat menjadi faktor yang menentukan kemampuan agregat tersebut dapat dilapisi aspal dengan baik.
3. Tahanan geser dalam campuran yang memudahkan pelaksanaan disaat campuran dihampar dan dipadatkan sangat berpengaruh terhadap tingkat kepadatan itu sendiri.

Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 3 menyebutkannya jelas bahwa agregat harus memenuhi standar kualitas yang ditetapkan dalam spesifikasi tersebut, seperti persyaratan ukuran butiran, susunan butiran (gradasi), nilai keausan, kadar lembab, berat jenis dan penyerapan agregat, kandungan partikel halus, dan sebagainya dengan standar rujukan pengujian laboratorium adalah Standar Nasional Indonesia (SNI).

Agregat harus diperoleh dari sumber yang memenuhi persyaratan kualitas yang harus diuji secara teratur untuk memastikan bahwa agregat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan sebelum digunakan dalam konstruksi.

Disebutkan pula, agregat dari campuran beraspal panas dalam pengelompokannya secara umum terdiri dari :

2.2.1.1. Agregat Kasar

- 1) Fraksi atau kelompok hasil agregasi kasar untuk rencana campuran adalah yang komponen tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki.
- 2) Fraksi hasil agregasi kasar harus dari batu pecah dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai jenis campuran yang direncanakan.
- 3) Hasil agregasi kasar harus mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih sesuai ketentuan Spesifikasi yang berlaku. Dan ditumpuk terpisah untuk dipasok dalam pemasok dingin (*cold bin feeds*) sehingga gradasi gabungan dapat terkendali dengan baik.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407: 2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 Putaran	SNI 2417: 2008	Maks. 6 %
		500 Putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 Putaran		Maks. 8 %
		500 Putaran		Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 03-2439-2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619; 2012	100/90 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5 %	
	Lainnya		Maks. 10 %	
Material lolos Ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1 %
<p><u>Catatan :</u></p> <p>*) 100/90 menunjukkan 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih</p> <p>***) 95/90 menunjukkan 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih</p>				

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.2.1.2. Agregat Halus

- 1) Hasil agregasi halus adalah bahan yang dapat diperoleh dari berbagai sumber material manapun dan dikategorikan terdiri dari pasir atau hasil pengayakan pecahan batu dan berupa bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm) bahan yang bersih, bahan yang padat, bebas dari partikel tanah atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
- 2) Sebagai pengendalian saat pencampuran jenis butiran, Fraksi agregat halus pecah yang diproduksi oleh mesin pemecah batu atau pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar. Dan ditumpuk terpisah untuk dipasok dalam pemasok material (*cold bin feeds*) sehingga gradasi gabungan dapat terkendali dengan baik.
- 3) Pasir Alam yang dapat digunakan dalam campuran AC tidak lebih dari 15% terhadap berat campuran secara keseluruhan.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10 %

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.2.1.3. Bahan Pengisi (*Filler*) Untuk Campuran Beraspal

- 1) Bahan pengisi yang ditambahkan yang sumbernya diketahui dapat berupa abu terbang, semen, debu atau abu kapur (*limestone dust*), debu kapur padam, debu kapur magnesium, dan dolomit harus memenuhi aturan yang berlaku.
- 2) Jika bahan pengisi yang digunakan adalah semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60/70.
- 3) Bahan pengisi yang ditambahkan harus berupa bahan lolos ayakan 75 micron dengan jumlah lolos paling sedikit 75% terhadap jumlah berat dari contoh yang diuji dan bahan tersebut harus dalam kondisi kering serta bebas gumpalan-gumpalan
- 4) Jika bahan pengisi yang ditambahkan adalah semen maka jumlah kadarnya dalam campuran harus dalam rentang 1% sampai dengan 2 %.

2.2.2. Aspal

Pada temperatur ruang aspal merupakan material dengan sifat termoplastis dapat berbentuk padat sampai agak padat dan dapat mencair jika dipanaskan memiliki sifat yang dapat mencair pada suhu tertentu, kemudian kembali membeku

seiring turunnya temperatur. Aspal dan agregat yang dicampur dalam takaran-takaran tertentu dapat kemudian dianggap sebagai material pokok yang membentuk campuran pada perkerasan jalan. Kisaran 4% sampai dengan 10% aspal dapat diperbolehkan sebagai bagian material pembentuk campuran beraspal dari total berat campuran, atau 10% sampai dengan 15% terhadap isi campuran. (Sukirman, 2016).

Material aspal kemudian dibedakan menjadi 2 macam berdasarkan sumber dan tempat dimana aspal diperoleh.

2.2.2.1. Aspal alam

Disebut Aspal alam karena dengan proses pengolahan yang sedikit aspal sudah didapatkan dari suatu tempat di alam. Sebagaimana Aspal di pulau Buton yang diperoleh di gunung-gunung berupa batu-batuan yang mengandung aspal dan disebut dengan Asbuton.

2.2.2.2. Aspal minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan sebagai residu destilasi minyak bumi dan dengan hasil residu berbentuk padat serta melalui proses pengolahan diperoleh berbentuk cair dan emulsi pada suhu ruang, Aspal ini kemudian disebut sebagai aspal minyak. Berdasarkan perbedaan bentuknya aspal minyak kemudian dibedakan menjadi :

- 1) Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan.
- 2) Aspal cair (*cutback asphalt*) adalah aspal berbentuk cair pada suhu ruang dan merupakan hasil dari penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin atau solar.
- 3) Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur.

Aspal keras pada umumnya digunakan di Indonesia sebagai bahan perekat pada campuran untuk pekerjaan jalan. Aspal ini yang memiliki sifat dengan penetrasi rendah sering dipakai untuk daerah dengan cuaca panas atau volume lalu lintas yang tinggi, sedangkan pada jenis aspal keras yang memiliki sifat dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau dipakai untuk volume lalu lintas rendah.

Tabel 2.4 Ketentuan Untuk Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 06-2456-2011	60-70
2	Viskositas Kinematis 135°C(cST) ⁽³⁾	SNI 06-6441-2000 / ASTM D2170-10	≥300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-2011	≥48
4	Daktilitas pada 25°C	SNI 06-2432-2011	≥100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-2011	≥232
6	Kelarutan dlm Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011	≥1,0
8	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤2,0
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)			
9	Berat Yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤0,8
10	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456.2011	≥54
11	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432.2011	≥50

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.3. Susunan Butiran Agregat (Gradasi Agregat)

Dalam menentukan kinerja struktur perkerasan jalan, susunan butiran dalam perencanaan pekerjaan campuran beraspal panas merupakan salah satu faktor pokok yang harus diperhatikan. Dalam pemilihan agregat yang umumnya berasal dari hasil produksi mesin pemecah batu, pada dasarnya belum cukup dikatakan memenuhi unsur gradasi yang diinginkan dalam merencanakan campuran beraspal panas.

Dengan demikian, proses menghasilkan gradasi yang sesuai dengan karakteristik Lapis Aspal Beton, diperoleh dari cara penggabungan beberapa ukuran agregat yang telah dipisahkan masing-masing saat proses produksi mesin pemecah batu atau yang disebut dengan Fraksi Agregat.

Distribusi butiran agregat dengan ukuran tertentu dari beberapa fraksi agregat tersebut dikatakan sebagai Campuran Agregat dan dikelompokan menurut Silvia Sukirman (2016) sebagaimana uraian berikut :

2.3.1. Jenis Agregat Bergradasi Baik

Disebut pula hasil agregasi yang bergradasi rapat, mempunyai sedikit rongga, mudah dipadatkan dan mempunyai tingkat stabilitas tinggi yang ditentukan dari ukuran butiran terbesar yang ada. Dominasi ukuran butiran hasil agregasi dapat dibedakan berdasarkan :

1. Hasil agregasi bergradasi kasar adalah agregat yang memiliki gradasi baik dengan susunan butiran menerus dari butiran yang kasar sampai dengan butiran halus, tetapi lebih didominasi agregat yang berukuran kasar.
2. Hasil agregasi yang memiliki susunan butiran halus adalah hasil agregasi yang memiliki gradasi baik yang mempunyai susunan butiran menerus dari kasar sampai dengan halus, tetapi lebih didominasi agregat yang berukuran halus.

2.3.2. Jenis Agregat Bergradasi Buruk

Adalah gradasi agregat yang tidak memenuhi persyaratan gradasi agregat baik diantaranya :

1. Agregat yang memiliki susunan butiran yang hampir sama atau seragam adalah hasil agregasi yang terdiri dari butir-butir agregat yang berukuran serupa dan dikategorikan sebagai hasil agregasi dengan susunan butiran yang terbuka karena mempunyai rongga antar butir yang cukup besar. Rentang pembagian susunan butiran pada agregat bergradasi seragam tersebar berada pada rentang yang sempit.
2. Agregat bergradasi terbuka adalah agregat yang pembagian ukuran butirnya sedemikian rupa sehingga rongga-rongganya tidak terisi seluruhnya dengan baik.
3. Sedangkan hasil agregasi dengan susunan butiran yang senjang adalah agregat yang pembagian dalam ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran butiran yang hampir tidak ada, atau bahkan tidak ada sama sekali.

2.4. Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton (Laston)

2.4.1. Pengertian Umum Lapis Aspal Beton

Salah satu jenis Campuran aspal panas (*hot mix*) adalah Lapis aspal beton (Laston) atau disebut *Asphalt Concrete (AC)*. Lapis aspal beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. (Sukirman, 2016)

Diuraikan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3), Lapis aspal beton (Laston) terdiri dari tiga jenis campuran, antara lain

1. Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete – Wearing Course/AC-WC*) dengan ukuran maksimum agregat campuran adalah 19 mm.
2. Laston Lapis Antara (*Asphalt Concrete – Binder Course/AC-BC*) dengan ukuran maksimum agregat campuran adalah 25,4 mm.
3. Dan Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete – Base/AC-Base*) dengan ukuran maksimum agregat campuran adalah 37,5 mm.

2.4.2. Ketentuan Rentang Gradasi Lapis Aspal Beton

Dari pengujian analisa saringan ditentukan susunan butiran agregat untuk gradasi agregat gabungan campuran beraspal dimana contoh agregat harus melalui seperangkat saringan yang susunannya ditentukan kemudian dalam perhitungannya ditunjukkan dalam persentasi berat agregat dan bahan pengisi harus memenuhi rentang gradasi sebagaimana rujukan yang ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Pada Penelitian ini amplop gradasi Laston AC-BC saja yang dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan rencana dan perbandingan campuran untuk susunan hasil agregasi gabungan.

Tabel 2.5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.4.3. Ketentuan Sifat-Sifat Lapis Aspal Beton

Ketentuan ciri khas campuran beraspal Lapis Aspal Beton (Laston) merujuk pada **Tabel 2.6** berikut.

Tabel 2.6 Tabel Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (%)	Maks.	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ^(*)
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2,0		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.4.4. Karakteristik Lapis Aspal Beton

Karakteristik campuran beraspal panas yang harus dijadikan acuan merencanakan Lapis Aspal Beton adalah Stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, kelelahan, kekesatan permukaan atau tahanan geser, kedap air, dan mudah dilaksanakan. Dalam bukunya Beton Aspal Campuran Panas, Silvia Sukirman 2016, kemudian menguraikan :

2.4.4.1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Tingkat stabilitas yang dibutuhkan harus berbanding lurus dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang melintas. Stabilitas yang cukup pada campuran aspal beton padat secara visual tergambar pada permukaan jalan yang tidak ada perubahan bentuk seperti alur atau lendutan jalan sebagai akibat dorongan beban dan tingkat pengereman (*shoving*) pada roda kendaraan.

Adapun faktor yang dapat membentuk stabilitas pada campuran padat aspal beton, antara lain :

- 1) Saling menguncinya (*interlocking*) partikel dengan daya ikat yang baik pada lapisan beraspal menentukan besarnya nilai stabilitas sebagai akibat gesekan internal karena keausan butir agregat yang kecil, luas bidang pecah butiran, susunan hasil agregasi butiran, tingkat kepadatan, dan tebal film aspal pada butiran.
- 2) Kohesi adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya aspal. Hal ini ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan kekentalan akibat temperatur, tinggi rendahnya pembebanan, umur aspal.

Alasan lain yang akan timbul jika nilai stabilitas terlalu tinggi adalah permukaan aspal yang retak dikarenakan campuran beraspal yang terlalu kaku (*stiff*), volume diantara agregat (VMA) kecil sehingga kebutuhan akan kadar aspal atau film aspal tipis atau rendah untuk mengikat partikel dalam campuran.

2.4.4.2. Keawetan atau Durabilitas

Adalah ketahanan aspal beton yang secara kontinu menerima beban lalu lintas, gesekan roda kendaraan, dan menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim serta perubahan temperatur. Durabilitas pada aspal beton dipengaruhi oleh tebalnya lapis film aspal, ruang dalam campuran yang cenderung banyak, kepadatan dan kedekatan air.

VMA yang kecil menjadikan campuran beraspal tidak kedap air, mudah teroksidasi (proses terlepas atau terurainya aspal dari agregat) akibat udara, lalu lintas. Hal ini dikarenakan ketidakcukupannya film aspal pada agregat yang dapat mempengaruhi durabilitas pada campuran padat aspal beton.

2.4.4.3. Kelenturan atau Fleksibilitas

Adalah kemampuan untuk dapat mengikuti perubahan bentuk akibat beban lalu lintas berulang tanpa menimbulkan retak dan perubahan volume, serta dapat menyesuaikan diri akibat penurunan lapisan dibawahnya (konsolidasi atau *settlement*).

Meningkatnya kelenturan didapat dengan cara menggunakan agregat yang bergradasi senjang untuk dapat memperoleh VMA besar atau agregat yang bergradasi terbuka dan jumlah besaran aspal yang tinggi.

2.4.4.4. Ketahanan terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Merupakan ketahanan atau kemampuan dari lapis aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban berulang akibat lalu lintas tanpa terjadi alur (*rutting*) dan atau retak.

Faktor yang mengakibatkan ketahanan terhadap kelelahan adalah campuran aspal beton yang memiliki rongga dalam campuran yang tinggi dengan kadar aspal yang rendah, dan atau campuran aspal beton yang memiliki rongga diantara agregat yang tinggi dengan kadar aspal yang tinggi sehingga perkerasan menjadi fleksibel.

2.4.4.5. Kekesatan atau Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh permukaan aspal beton sebagai kemampuan permukaan aspal beton menahan gaya gesek yang terjadi pada roda kendaraan sehingga tidak tergelincir terutama disaat permukaan perkerasan basah.

Faktor yang dapat menjadikan permukaan aspal beton mendapatkan kekesatan tinggi adalah gradasi agregat dengan kekasaran permukaan butir agregat yang sama sebagaimana mendapatkan nilai stabilitas yang tinggi, luas bidang kontak antar butir, kepadatan campuran, bentuk butir yang kubikal dan awet, ketebalan selimut aspal karena penggunaa kadar aspal yang tepat atau cukup dengan tetap memperhatikan rongga dalam campuran tetap terpenuhi.

2.4.4.6. Kedap Air (*Impermeability*)

Kedap Air adalah kemampuan aspal beton untuk tidak dimasuki air atau udara yang dapat mempercepat penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal akibat teroksidasi (proses terlepas atau terurainya aspal dari agregat) akibat udara, lalu lintas. Jumlah rongga yang tersisa setelah aspal beton dipadatkan yang menjadi indikator kekedapan campuran. Tingkat impermeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

2.4.4.7. Mudah dilaksanakan (*Workability*)

Adalah kemampuann campuran aspal beton untuk mudah dikerjakan. Mudah digelar dan dipadatkan saat pelaksanaannya, menentukan tingkat ketepatan cara pelaksanaan pekerjaan yang tentunya bertalian erat dengan kekekentalan aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, kandungan bahan pengisi (*filler*) atau penambahan bahan pengisi yang tepat dan gradasi serta sifat-sifat fisik agregat lainnya.

2.4.5. Temperatur atau Suhu

Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur atau suhu dikarenakan sifat aspal yang termoplastis (sifat yang dapat berubah bentuk akibat suhu).

Akibat suhu, aspal akan menjadi keras atau lebih kental seiring menurunnya temperatur kemudian disaat temperatur bertambah aspal menjadi lunak bahkan mencair.

Kepekaan aspal terhadap temperatur pun berbeda-beda sesuai jenis aspal tersebut akibat komposisi kimiawi aspal yang berbeda sekalipun sifat fisik aspal seperti viskositas, penetrasi aspal yang sama pada temperatur tertentu.

Dalam pelaksanaan pekerjaan campuran beraspal, pemeriksaan sifat-sifat aspal sangat diperlukan sebagai penunjang dalam pelaksanaan baik disaat proses perencanaan campuran dilaboratorium maupun pelaksanaan dilapangan. Dalam **Tabel 2.7** jelas memperlihatkan rentang viskositas aspal dan temperatur yang harus diperhatikan selama proses pengujian campuran secara menyeluruh dan proses pengerjaan perkerasan campuran beraspal tersebut dilokasi.

Tabel 2.7 Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pematatan

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (Pa.s)	Suhu Campuran (°C)
			Tipe I
1	Pencampuran Benda Uji Marshall	0,17 ± 0,02	155 ± 1
2	Pematatan Benda Uji Marshall	0,28 ± 0,03	145 ± 1
3	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	0,2 - 0,5	145 - 155
4	Menuangkan campuran beraspal dari alat pencampur kedalam truk	± 0,5	135 - 150
5	Pemasokan ke Alat Penghampar	0,5 - 1,0	130 - 150
6	Pemadatan Awal (roda baja)	1 - 2	125 - 145
7	Pemadatan Antara (roda karet)	2 - 20	100 - 125
8	Pemadatan Akhir (roda baja)	< 20	< 90

Catatan :

- 1). Perkiraan temperatur Aspal Tipe I harus disesuaikan dengan korelasi Viskositas dan Temperatur.
- 2). $1 \text{ Pa.s} = 1.000 \text{ cSt} = 1.000 \text{ mm}^2/\text{s}$ dimana :
Pa.s : Pascal seconds
cSt : Centistokes
 mm^2/s : Square milimeter per second

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

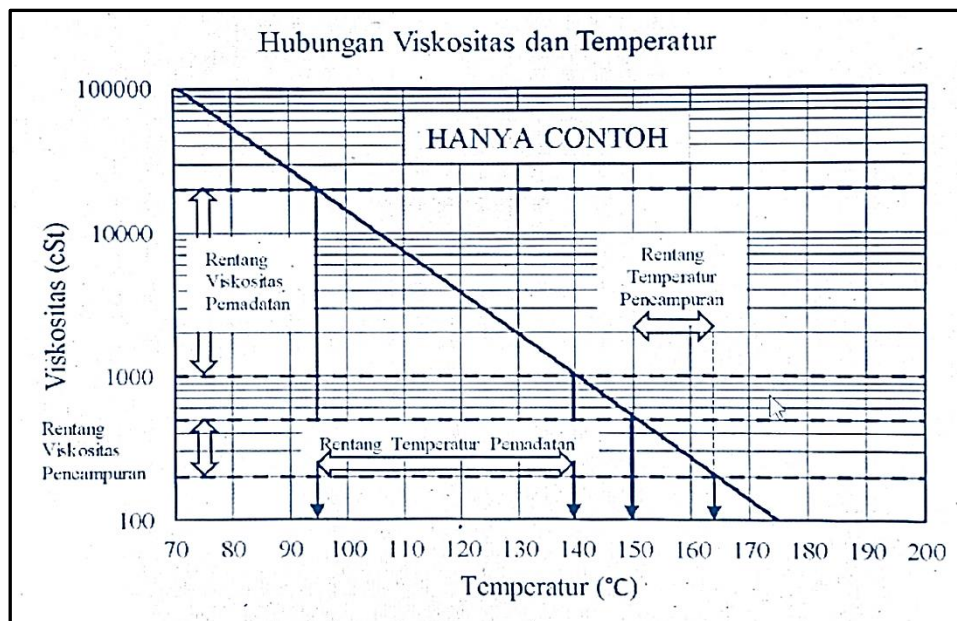
Ketentuan viskositas aspal untuk masing-masing prosedur pelaksanaan perkerasan campuran beraspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan aspal.

Tingkat kekentalan aspal ini dipandang penting untuk diperhatikan dalam menentukan suhu saat pencampuran dan pemadatan campuran beraspal panas.

Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan viskositas aspal ketika pencampuran dilaksanakan, yaitu sebesar 170 ± 20 centistokes, dan suhu pemadatan adalah suhu pada saat aspal nilai viskositas kinematis sebesar $280 + 30$ centistokes sebagaimana contoh pada **Gambar 2.1** yang menggambarkan korelasi antara temperatur dan nilai viskositas (cSt). Nilai viskositas kinematis digambarkan dengan menggunakan skala logaritma, dan temperatur digambarkan dengan menggunakan skala linear.

Prinsip dari pemeriksaan viskositas aspal adalah menentukan waktu yang dibutuhkan suatu benda uji mengalir lewat lubang kapiler didalam viskometer dari benda uji pada suhu tersebut,

Agar bahan aspal menjadi bahan pengikat yang maksimal sehingga proses pencampuran dan pemadatan menghasilkan campuran yang baik, pada **Tabel 2.7** dapat dilihat rentang absolut yang merinci bahwa kekentalan aspal menjadi parameter penting yang harus diperhatikan.



Gambar 2.1 Contoh Grafik hubungan viskositas dan temperatur.
Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 (Revisi 3)

2.4.6. Sifat – Sifat Volumetrik Campuran Beraspal sebagai Parameter *Marshall*

2.4.6.1. Sifat-Sifat Agregat

Untuk menentukan sifat-sifat volumetrik campuran beraspal, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk dalam menentukan sifat-sifat agregat pembentuk campuran beraspal.

Terdapat dua jenis pengujian berat jenis dan penyerapan air pada agregat yang berkaitan dengan volumetrik campuran beraspal, antara lain:

1. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969 : 2016)

a) Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.1)}$$

b) Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*)

$$= \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.2)}$$

c) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.3)}$$

d) Penyerapan (*Absorpsi*) = $\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\%$ (Pers. 2.4)

Dimana :

Bk = Berat benda uji kering (gram)

Bj = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

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

2. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970 : 2016)

a) Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.5)}$$

b) Berat jenis permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry*)

$$= \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.6)}$$

c) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$= \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots \dots \dots \text{(Pers. 2.7)}$$

d) Penyerapan (*Absorpsi*) = $\frac{500-Bt}{Bk} \times 100\%$ (Pers. 2.8)

Dimana :

B = Berat Piknometer berisi air (gram)

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

Bk = Berat benda uji kering oven (gram)

500 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (gram)

2.4.6.2. Sifat-Sifat Volumetrik Campuran Beraspal

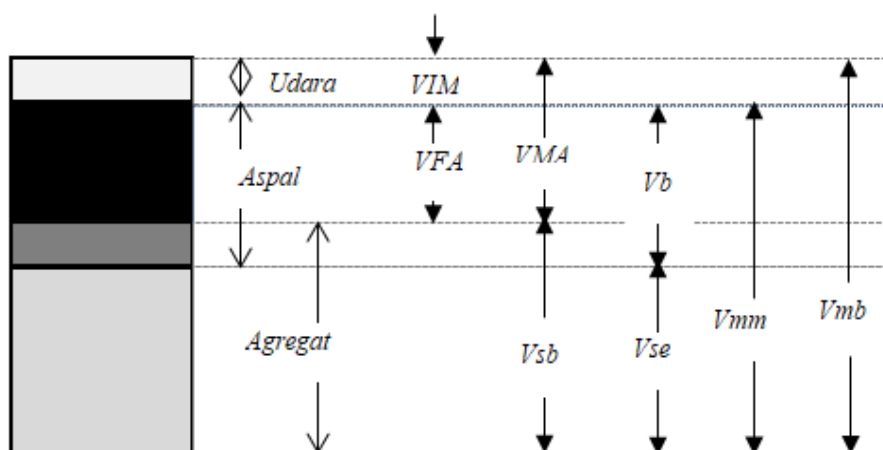
Kinerja campuran beraspal sangat ditentukan oleh volumetrik campuran dalam keadaan padat, yang terdiri dari rongga udara dalam campuran (VIM), rongga diantara agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA).

VMA adalah volume rongga diantara butir-butir agregat dalam campuran padat yang meliputi rongga udara (VIM) dan volume aspal efektif, VMA dinyatakan persen terhadap volume total.

VIM adalah kantung-kantung udara diantara agregat yang diselimuti aspal, VIM dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran.

VFA adalah kandungan aspal efektif yang mengisi rongga diantara agregat dan dinyatakan dalam perbandingan antara (VMA-VIM) terhadap VMA.

Dari **Gambar 2.2.** berikut dapat dilihat ilustrasi semua sifat yang berhubungan pengukuran volume campuran beraspal.



Gambar 2.2. Skematis berbagai jenis rongga beton aspal padat
Sumber: Silvia Sukirman, 2016

dimana :

VMA = volume rongga diantara mineral agregat

Vmb = volume bulk/curah campuran padat

Vmm = volume campuran tanpa rongga udara

VIM = volume rongga dalam campuran

Vb = volume aspal

VFA = Volume aspal terabsorpsi/yang diserap agregat

Vba = Volume aspal yang diserap agregat

Vsb = Volume agregat (berdasarkan Berat Jenis Bulk/Curah)

Vse = Volume agregat (berdasarkan Berat Jenis Efektif)

Wb = Berat aspal

Ws = Berat agregat

γ_w = Berat Isi air 1.0 g/cm³ (62.4 lb/ft³)

Gmb = Berat Jenis

Untuk memahami besaran-besaran volumetrik, perlu dahulu memahami konsep mengenai berat jenis dalam perencanaan campuran beraspal, antara lain:

1. Berat Jenis

Terdapat empat besaran berat jenis yang berkaitan dengan volumetrik campuran beraspal diantaranya:

a. Berat Jenis Bulk Agregat Campuran (Gsb)

Berat Jenis Bulk Agregat merupakan rasio dari berat benda uji diudara terhadap volume benda uji yang dapat ditembusi atau jenuh air (*permeable*), termasuk didalamnya rongga udara *permeable* dan *impermeable* pada temperatur tertentu dibagi dengan berat isi air pada temperatur tertentu.

Didalam campuran beraspal terdapat komponen utama campuran beraspal berupa agregat terdiri dari beberapa fraksi agregat. Berdasarkan gradasi tertentu agregat tersebut telah ditumpuk terpisah untuk kemudian digabungkan berdasarkan komposisi yang telah diketahui dan dihitung sebelumnya sesuai susunan butiran dari amplop gradasi campuran aspal yang direncanakan.

Dari tiap fraksi agregat tersebut, mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga untuk menghitung berat campuran beraspal padat dibutuhkan keseluruhan berat jenis agregat dalam campuran.

Berat Jenis Agregat Campuran kemudian dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} \times B_1 + \frac{P_2}{G_{sb2}} \times B_2 + \frac{P_3}{G_{sb3}} \times B_3 + \frac{P_n}{G_{sbn}} \times B_n} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.9)}$$

Keterangan :

- B = Berat campuran agregat
- B₁, B₂... B_n = berat masing-masing fraksi agregat
- B = B₁, B₂... B_n
- P₁, P₂... P_n = % berat masing-masing fraksi terhadap berat total campuran
- B = (P₁ x B₁) + (P₂ x B₂) +... P_n x B
- V = volume agregat
- V₁, V₂... V_n = Volume tiap-tiap fraksi agregat
- G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat campuran
- G_{sb1}, G_{sb2}...P_{sbn} = Berat jenis *bulk* dari tiap-tiap fraksi

b. Berat Jenis Semu (Gsa)

Berat Jenis dari agregat merupakan rasio dari berta benda uji diudara terhadap volume benda uji yang tidak dapat ditembusi atau diisi air (*impermeable*), yang pada temperatur tertentu dibagi dengan berat isi air pada temperatur tertentu.

Digunakannya berat jenis semu saat merencanakan campuran beraspal diduga sebagai landasan anggapan yang tepat dan dapat diterima bahwa aspal seutuhnya dapat terserap kedalam agregat sehingga penggunaan berat jenis semu dapat menghasilkan kadar aspal yang relatif banyak, padahal kenyataannya hanya ada sebagian aspal yang terserap kedalam rongga agregat sehingga hasil dari

perencanaan campuran akan menghasilkan nilai rongga yang lebih kecil dari anggapan semula.

Apabila dalam perencanaan campuran diterapkan berat jenis semu, akan terjadi kerusakan dini berupa deformasi plastis pada campuran beraspal yang telah dipadatkan.

Berat jenis semu dapat dihitung dengan persamaan :

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.10)}$$

Keterangan :

- G_{sa} = Berat Jenis Semu total agregat
- P₁, P₂, P_n = Persen berat semu masing-masing fraksi agregat 1, 2, n
- G₁, G₂, G_n = berat jenis Semu masing-masing fraksi agregat 1, 2, n.

c. Berat Jenis Efektif agregat

Berat Jenis efektif agregat dihitung berdasarkan perhitungan untuk campuran beraspal yang belum dipadatkan seberat = 100 gram.

- 1) Berat aspal didalam campuran = P_a gram
 Volume campuran minimum sebelum dipadatkan = $\frac{100}{G_{mm}} \text{ cm}^3$
- 2) Volume aspal didalam campuran = $\frac{P_a}{G_a} \text{ cm}^3$
- 3) Volume efektif agregat campuran = $\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}$
- 4) Berat Jenis Efektif Agregat Campuran = $\frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.11)}$

Keterangan :

- G_{se} = Berat jenis efektif agregat campuran
- G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran aspal
- P_a = Kadar aspal terhadap campuran, %
- G_a = Berat jenis aspal

Berat jenis efektif agregat dapat pula dihitung dengan menggunakan berat jenis dari fraksi agregat yang dicampur sebagaimana persamaan:

$$G_{se} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n}{\frac{P_1}{G_{se1}} + \frac{P_2}{G_{se2}} + \frac{P_3}{G_{e3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sen}}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.12)}$$

Nilai G_{se} umumnya konstan untuk agregat campuran karena hanya dipengaruhi oleh absorpsi masing-masing fraksi agregat.

d. Berat Jenis Maksimum Campuran (Gmm)

Berat jenis maksimum campuran adalah berat jenis maksimum campuran dimana rongga udara dalam campuran dianggap nol. Padahal dalam kenyataannya rongga udara akan selalu ada walaupun dalam campuran yang paling padat sekalipun.

Berdasarkan kenyataan berat jenis maksimum teoritis tidak digunakan dalam spesifikasi campuran dengan kepadatan mutlak. Besarnya nilai berat jenis maksimum (Gmm) didapat dari hasil pengujian pada kadar aspal melalui pengujian berdasarkan standar (SNI 03-6893-2002).

Nilai G_{mm} dihitung dengan persamaan yang mensubstitusikan berat, volume dan berat jenis sebagaimana dengan persamaan berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.13)}$$

Keterangan :

- G_{mm} = Berat jenis maksimum
- P_{mm} = Persen berat terhadap total campuran (= 100 %)
- P_s = Kadar agregat total, % agregat terhadap berat total campuran
- P_b = Kadar aspal total, % aspal terhadap berat total campuran
- V_s = Volume efektif agregat
- V_b = Volume aspal
- G_{se} = Berat jenis efektif agregat
- G_b = Berat jenis aspal:

2. Kadar Aspal yang diserap Agregat (Pab)

Kadar aspal yang diserap agregat adalah aspal yang terserap atau terabsorpsi kedalam pori-pori agregat pada campuran padat. Selain berfungsi menyelimuti agregat, sebagian aspal pun terserap kedalam pori agregat sebesar banyaknya pori dari agregat campuran padat tersebut. Jika jumlah aspal yang hampir sama banyaknya, dapat dipastikan selimut aspal menjadi tipis akibat agregat yang memiliki pori yang lebih banyak mengabsorpsi aspal dari pada campuran padat dengan agregat yang memiliki pori lebih sedikit mengabsorpsi aspal.

Dampak dari tipisnya selimut aspal adalah kurangnya sifat ketahanan dan durabilitasnya. Sebaliknya jika selimut aspal yang tebal pada campuran padat durabilitas lebih baik tetapi lebih besar kemungkinan terjadinya *bleeding*.

Jumlah aspal yang diserap oleh agregat biasanya dinyatakan dalam persentase berat terhadap berat total agregat. Dengan demikian definisi banyak aspal yang diserap agregat dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{ab} = 100 \times \frac{(G_{se} - G_{sb})}{(G_{sb} - G_{se})} \times G_a \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.14)}$$

Keterangan :

P_{ab} = Absorpsi aspal kedalam agregat, % dari berat agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* Agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_a = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis Bulk dari Campuran Padat (Gmb)

Berat Jenis *bulk* campuran padat dihitung berdasarkan persamaan Archimedes yaitu :

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} + B_a} \dots\dots\dots \text{(Pers. 2.15)}$$

Keterangan :

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari campuran padat

B_k = Berat kering, gram

- B_{ssd} = Berat kering permukaan, gram
- B_a = Berat di dalam air, gram
- $B_{ssd} - B_a$ = Volume bulk campuran padat, diasumsikan berat jenis air = 1

4. Volume Rongga Diantara Butir Agregat (VMA)

Volume Rongga Diantara Butir Agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*) adalah rongga udara diantara partikel pada campuran padat termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase terhadap volume bila campuran padat.

Faktor-faktor yang secara langsung mempengaruhi nilai VMA hingga sifat kekedapan campuran adalah proses pemadatan, temperatur pemadatan, susunan butir agregat dan jumlah aspal. Hakikatnya stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas sangat ditentukan oleh nilai VMA itu sendiri.

Nilai VMA dihitung dengan persamaan berikut:

$$VMA = 100 - \left(\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_a} \times 100 \right). \dots\dots\dots (Pers. 2.16)$$

Keterangan :

- VMA = Volume rongga agregat dalam campuran padat, % volume *bulk* campuran padat
- G_{mb} = Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)
- G_{sb} = Berat Jenis curah agregat
- P_a = Kadar/kandungan agregat, % berat total campuran

5. Volume Rongga Dalam Campuran Padat (VIM)

Volume Rongga Dalam Campuran Padat (*Void In Mixture / VIM*) adalah volume ruang yang ada didalam campuran aspal yang telah dipadatkan yang dinyatakan dalam persentasi terhadap volume campuran padat.

VIM dibutuhkan didalam campuran beraspal yang telah dipadatkan sebagai ruang kosong pergerakan/pergeseran material akibat pemadatan harian lalu lintas

yang berulang dan ruang tempat mengalirnya aspal akibat perubahan temperatur selama umur rencana.

Beberapa faktor yang dapat pula ditimbulkan sebagai akibat VIM yang terlalu besar adalah berkurangnya kekedapan airnya campuran beraspal padat yang menyebabkan meningkatnya oksidasi aspal sehingga mempercepat penuaan lapisan beraspal. Sebaliknya jika VIM yang kecil memudahkan permukaan perkerasan jalan beraspal mengalami *bleeding*.

VIM didalam campuran beraspal padat dihitung dengan persamaan:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (Pers. 2.17)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara didalam campuran padat, % dari volume *bulk* campuran aspal padat

G_{mm} = Berat Jenis maksimum campuran, (tidak ada rongga udara)

G_{mb} = Berat jenis curah campuran padat

6. Volume Rongga Dalam Campuran Padat Yang Terisi Oleh Aspal (VFA)

Volume Rongga Dalam Campuran Padat Yang Terisi Oleh Aspal (*Volume of void Filled with Asphalt / VFA*) merupakan volume rongga antar agregat campuran padat (VMA) ada yang terisi aspal dan sisanya sebagai VIM. Volume yang terisi aspal dari VMA dinamakan VFA. Jadi VFA adalah bagian dari VMA yang terisi aspal. Dan dinyatakan dalam persentasi rongga VMA yang terisi aspal.

VFA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VFA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (Pers. 2.18)$$

Keterangan :

VFA = Volume rongga agregat yang terisi aspal, % dari VMA

VMA = Volume rongga agregat campuran padat, % volume *bulk* campuran padat

VIM = Rongga udara didalam campuran padat, % dari volume *bulk* campuran aspal padat

2.4.7. Parameter *Marshall* Yang Berkaitan Erat dengan Volumetrik Campuran Beraspal

2.4.7.1. Stabilitas

Perlu adanya pengujian stabilitas adalah untuk mengukur kesanggupan benda uji menerima beban. Nilai Stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang dinyatakan oleh pembacaan pada arloji pembacaan (*dial*) yang menunjukkan nilai perhinggaan yang paling tinggi atau nilai maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan pada benda uji yang dinyatakan dalam kilogram.

Pengukuran nilai stabilitas pada uji *Marshall* yang dilakukan pada benda uji harus mempunyai tebal standar 2,5 in (63,5 mm), apabila diperoleh tinggi benda uji tidak standar, maka perlu dilakukan koreksi, yaitu dengan mengalikan hasil yang diperoleh dari uji stabilitas dengan nilai yang telah ditetapkan, sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel 2.8.** berikut ini :

Tabel 2.8 Koreksi Nilai Stabilitas Dengan Tebal/Volume Yang Berbeda

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal benda uji (mm)	Angka koreksi
200 – 213	25,4	5,56
214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	35,5	3,03
302 – 216	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47

Lanjutan Tabel 2.8 Koreksi Nilai Stabilitas Dengan Tebal/Volume Yang Berbeda

Isi Benda Uji (cm ³)	Tebal benda uji (mm)	Angka koreksi
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 – 456	55,6	1,25
457 – 470	57,2	1,19
471 – 482	58,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04
509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93
547 – 559	68,3	0,89
560 – 573	69,9	0,86
574 – 585	71,4	0,83
586 – 598	73,0	0,81
599 – 610	74,6	0,78
611 - 625	76,2	0,76

Sumber : SNI 06-2489-1991

2.4.7.2. Kelelehan Plastis (*Flow*)

Adalah besarnya perubahan bentuk secara vertikal dari contoh uji yang terjadi pada awal pembebanan yang mengakibatkan durabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *marshall* yang lain seperti VIM dan VMA.

Nilai VIM yang besar menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pengikat antar butiran. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat dan temperatur pemadatan.

Campuran yang memiliki angka kelelehan yang besar dan stabilitas yang kecil, cenderung plastis dan mudah berubah bentuk akibat beban lalu lintas yang terjadi.

Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik menjadi faktor menurunnya nilai *flow*. Nilai *flow* yang terlalu rendah dapat

mengakibatkan campuran menjadi kaku dan kecenderungan perkerasan beraspal mengalami retak dini pada usia layanan. Sebaliknya jika nilai *flow* yang tinggi akan mengakibatkan perkerasan beraspal mudah mengalami perubahan bentuk seperti bergelombang (*washboarding*) dan alur (*ruting*) dikarenakan plastis yang tinggi pada perkerasan beraspal.

Seperti halnya mengetahui nilai dari stabilitas, nilai *flow* juga ditunjukkan oleh bacaan pada arloji pembacaan (*dial*) yang dinyatakan dalam satuan milimeter (mm).

2.4.7.3. Marshall Quotient (MQ)

Semakin tinggi nilai Nilai Marshall Quotient (*MQ*) maka akan semakin tinggi pula kekakuan suatu campuran yang menjadi rentan terhadap keretakan. Sebaliknya nilai *MQ* yang kecil, dibawah 250 kg/mm sebagaimana yang disyaratkan, perkerasan akan menjadi lebih mudah mengalami *washboarding*, *ruting* dan *bleeding*.

$$\text{Nilai } MQ = \frac{\text{Nilai Stabilitas}}{\text{Nilai Flow}} \quad (\text{kg/mm}) \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.19})$$

2.4.7.4. Rasio Antar Partikel Lolos Saringan No. # 200 dengan Kadar Aspal Efektif

Rasio Partikel lolos saringan no # 200 dengan kadar aspal efektif adalah jumlah bahan pengisi (*filler*) yang diperlukan dan besarnya pengaruh yang dapat diakibatkan ketika ditambahkan pada jumlah kadar aspal yang tetap adalah :

- 1) Untuk memodifikasi agregat halus (*filler*), sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga yang berkurang.
- 2) Ratio partikel lolos saringan no. # 200 dengan kadar aspal efektif, secara bersamaan akan membentuk suatu campuran mencapai nilai optimal yang secara tepat menyelimuti dan mengikat agregat secara maksimal.

- 3) Mengisi rongga di antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Nilai Rasio Partikel lolos saringan no # 200 dengan kadar aspal efektif dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Rasio Partikel (\%)} = \frac{\text{Bahan lolos saringan no \#200}}{P_e - P_{ab}} \dots\dots\dots (\text{Pers. 2.20})$$

Keterangan :

P_a = Kadar aspal terhadap campuran, %

P_{ab} = Absorsi aspal kedalam agregat, % dari berat agregat

2.4.7.5. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan adalah tingkat kerapatan campuran beraspal setelah dipadatkan. Kepadatan adalah berat campuran pada setiap satuan volume.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan campuran beraspal adalah gradasi, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusutan agregat dan jumlah tumbukan atau lintasan pemadatan saat proses pemadatan berlangsung.

Masalah kepadatan campuran beraspal panas untuk perkerasan jalan yang direncanakan berdasarkan percobaan *Marshall* konvensional adalah ketergantungan terhadap pencapaian rongga udara sebagaimana yang disyaratkan didalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (Revisi 3) pada Tabel 2.6. yang menguraikan jika pengujian *Marshall* standar dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pengujian dilaboratorium sebagaimana metode pengujian pada SNI 06-2489-1991.

2.4.8. Gambaran Umum Pengaruh Kadar Aspal dalam Hubungannya dengan Parameter *Marshall*.

Secara umum gambaran grafis hubungan antara kadar aspal dan masing-masing sifat yang jadi parameter perhitungan *marshall* dikarenakan campuran agregat gabungan yang baik memiliki kecenderungan berupa lengkung grafis yang dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Stabilitas akan meningkat seiring bertambahnya kadar aspal dan setelah mencapai nilai yang maksimum, stabilitas berangsur menurun disaat kadar aspal yang makin tinggi.
2. Kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
3. Grafik yang menggambarkan variabel nilai berat volume hampir identik dengan kurva stabilitas disaat bertambahnya kadar aspal. Akan tetapi nilai kepadatan cenderung mencapai nilai maksimum disaat kadar aspal yang lebih sedikit dari kadar aspal disaat nilai stabilitas maksimum.
4. Grafik yang menggambarkan variabel nilai dari VIM akan terus menurun disaat bertambahnya kadar aspal sampai mencapai nilai minimum dari spesifikasi bahkan dapat mencapai akhir dimana rongga dalam campuran adalah nol.
5. Grafik yang menggambarkan variabel nilai dari VMA akan turun hingga mencapai nilai minimum kemudian kembali bertambah seiring bertambahnya kadar aspal.
6. Grafik yang menggambarkan variabel nilai dari FVA akan bertambah seiring bertambahnya kadar aspal akibat makin banyaknya rongga yang terisi oleh aspal.

2.5. Gambaran Penelitian.

Penelitian tentang **“Perbandingan Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Laston Lapis Antara Yang Menggunakan Fraksi Kasar Butiran Maksimum Agregat Berukuran 25 mm Dan Butiran Maksimum Agregat Berukuran 19 mm”** dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan berikut, yaitu :

1. Gradasi agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 25 mm.
2. Menentukan perkiraan aspal (Pb) dari agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 25 mm.
3. Gradasi agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 19 mm.
4. Menentukan perkiraan aspal (Pb) dari agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 19 mm.
5. Pengujian sifat *Marshall* dari gradasi agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 25 mm.

6. Pengujian sifat *Marshall* dari gradasi agregat gabungan dengan ukuran agregat maksimum 19 mm.
7. Evaluasi karakteristik *Marshall* berdasarkan nilai dari hubungan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan parameter *Marshall* pada percobaan Campuran Laston Lapis Antara dengan ukuran agregat maksimum 25 mm dan Campuran Laston Lapis Antara dengan ukuran agregat maksimum 19 mm