

II. TINJAUAN PUSTAKA

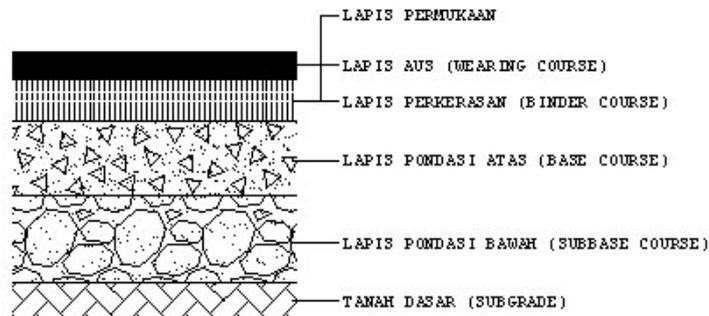
A. Perkerasan Jalan Raya

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

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

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)
 - a. Memakai bahan pengikat aspal.
 - b. Sifat dari perkerasan ini adalah memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
 - c. Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting*.

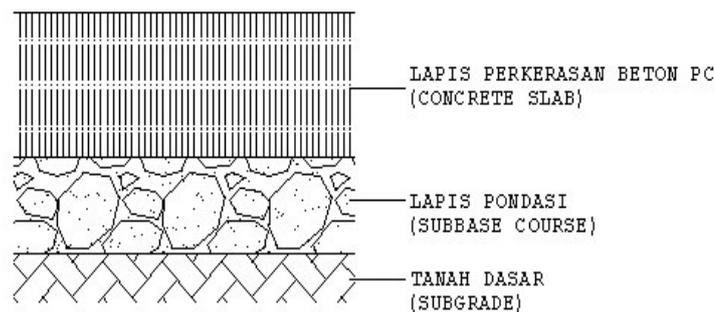
- d. Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu, jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).



Gambar 1. Komponen Perkerasan Lentur

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

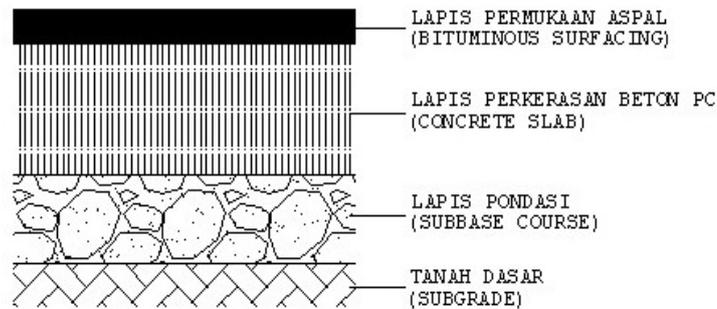
- Memakai bahan pengikat semen *portland* (PC).
- Sifat lapisan utama (plat beton) yaitu memikul sebagian besar beban lalu lintas.
- Pengaruhnya terhadap repitasi beban adalah timbulnya retak-retak pada permukaan jalan.
- Pengaruhnya terhadap penurunan balok tanah dasar yaitu, bersifat sebagai balok diatas permukaan.



Gambar 2. Komponen Perkerasan Kaku

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

- a. Kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur.
- b. Perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 3. Komponen Perkerasan Komposit

B. Bahan Campran Aspal Beton

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis jalan raya dan merupakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya kelas satu hingga di bawahnya. Material bitumen adalah hidrokarbon yang dapat larut dalam karbon disulfat. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila kepanasan akan melunak atau berkurang kepadatannya.

Ketika terjadi pencampuran antara agregat dengan bitumen yang kemudian dalam keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan membentuk suatu lapis permukaan perkerasan (Harold N. Atkins, PE. 1997).

Material dalam pengerjaan konstruksi perkerasan lapis aspal beton terdiri dari agregat (agregat kasar dan agregat halus) *filler* dan aspal. Berikut bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan yang digunakan:

1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum –Direktorat Jendral Bina Marga, 2010). Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003).

Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, termasuk di dalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu agregat dan lain-lain.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

- a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
- b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
- c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

- a. Agregat kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang diameternya lebih besar dari 4,75 mm menurut ASTM atau lebih besar dari 2 mm menurut AASHTO. Agregat kasar adalah material yang tidak lolos pada saringan no.8 (2,36 mm) saat pengayakan. Agregat kasar harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya agar mampu terikat dengan baik pada campuran aspal. Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah Tabel 1 yang berisi tentang ketentuan untuk agregat kasar.

Tabel 1. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 30%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi	SNI 2417:2008	Maks. 30%
	Kasar		Maks. 40%
	Semua jenis campuran		
	aspal bergradasi lainnya		
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar		SNI 03 – 1969 - 1990	Bj Bulk < 2.5 Penyerapan > 3%
Aggregate Impact Value (AIV)		BS 812: bag. 3:1975	Maks. 30%
Aggregate Crushing Value (ACV)		BS 812: bag. 3:1975	Maks. 30%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.(1a)

b. Agregat Halus

Agregat halus yaitu agregat yang ukurannya lebih kecil dari 4,75 mm menurut ASTM atau ukurannya berada di antara 0,075 mm sampai 2 mm menurut AASHTO. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36mm) dan tertahan saringan no. 200 (0.075 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan ikatan yang baik terhadap campuran aspal. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

Berikut ini adalah Tabel 2 yang berisi tentang ketentuan mengenai agregat halus.

Tabel 2. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03 – 1969 -1990	Bj Bulk < 2.5 Penyerapan > 5%

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.(2a)

c. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang 75% lolos ayakan no. 200, dapat terdiri dari abu batu, abu batu kapur, kapur padam, semen (PC) atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. *Filler* yang digunakan pada penelitian ini adalah semen *portland*.

Menurut Krebs, R.D. and Walker, R.D., (1971) definisi dari semen portland, adalah produk yang didapatkan dengan membubukkan kerak besi yang terdiri dari material pokok, yaitu kalsium silikat hidrolis. Semen portland dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran dan sesudah itu didapat bahan material yang berupa bubuk. Bubuk tersebut

akan mengeras dan terjadi ikatan yang kuat karena suatu reaksi kimia ketika dicampur dengan air.

2. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*).

Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak (Krebs, RD & Walker, RD.,1971). Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan, setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar hydrocarbon.

Dari pengertian tersebut Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (*cair*) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam ataupun

pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume.

Jenis-jenis aspal buatan hasil penyulingan minyak bumi terdiri dari:

a. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat *viskoelastis* sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras/panas (*asphalt cement*, AC) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100. Jenis-jenisnya penetrasinya yaitu:

- 1) Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- 2) Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
- 3) Aspal penetrasi tinggi 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- 4) Aspal penetrasi tinggi 100/110, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.

b. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (prime coat).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

Berikut ini adalah Tabel 3 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70.

Tabel 3. Spesifikasi Aspal Keras Pen 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
5	Daktalitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dlm <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.5

C. Karakteristik Campuran Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau

fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut.

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Keawetan (*Durability*)

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah:

- a. *Voids In The Mix* (VIM) kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
 - b. *Void In Mineral Aggregate* (VMA) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
 - c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.
3. Kelenturan (*Flexibility*)
- Kelenturan atau *fleksibility* adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)
- Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.
5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)
- Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan

sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

6. Kedap air (*Impermeability*)

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

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

D. Lapis Aspal Beton (LASTON)

Lapis yang terdiri dari campuran aspal keras (*Asphalt Concrete*) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Tebal nominal minimum Laston 4-6 cm, sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

- a. Sebagai lapis permukaan (lapis aus) yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
- b. Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm.
- c. Sebagai lapis pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan, dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)* dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Lapisan aspal beton (laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara dalam direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula.

Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal dikeluarkan oleh Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, sebagai acuan dalam penelitian ini ketentuan sifat-sifat campuran beraspal jenis Laston dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Beraspal (LASTON)

Sifat-sifat Campuran		LASTON					
		AC-BC		AC-WC		AC-Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar Aspal Efektif (%)	Min.	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Maks.	1,2					
Jumlah Tumbukan per Bidang		75				112	
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3,5					
	Maks.	5,0					
Rongga dalam Agregat (%)	Min.	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800				1800	
Pelelehan (mm)	Min.	3,0				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa setelah Perendaman 24 jam , 60 C (%)	Min.	90					
Rongga dalam Campuran pada Kepadatan Membal (%)	Min.	2,5					

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum Devisi 6 Tabel 6.3.3.(1c)

E. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC – WC)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal

campuran panas. Campuran ini dikenal dengan *hotmix*. (Silvia Sukirman, 2003). Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)* / Lapis Aus Aspal Beton. *AC-WC* adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu *AC-WC*, *AC-BC* dan *AC-Base*. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

Penggunaan *AC-WC* yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran *AC-WC* lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

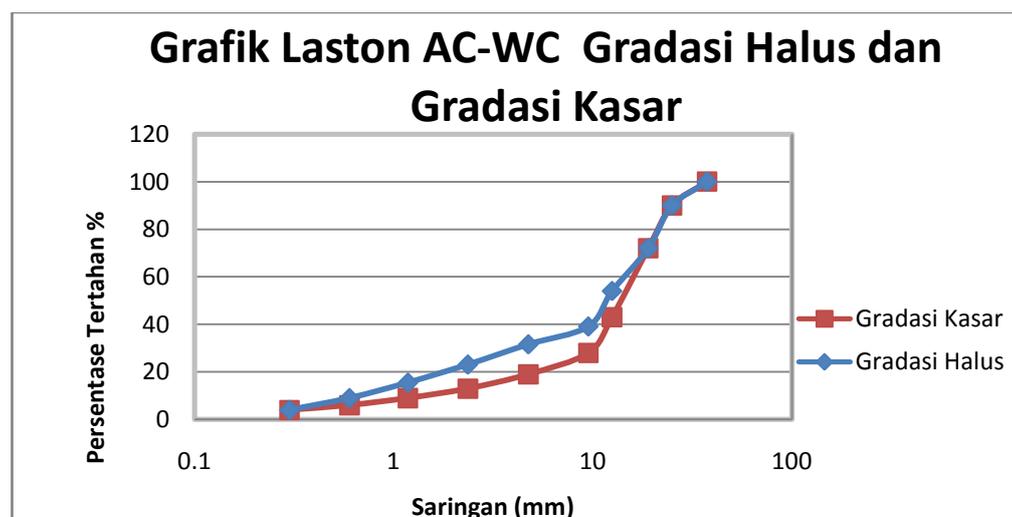
Ada dua jenis gradasi pada Laston yaitu laston bergradasi halus dan laston bergradasi kasar kedua gradasi ini memiliki perbedaan dalam jumlah persentasi agregat. Perbedaan pada Laston *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* untuk gradasi halus dan gradasi kasar terdapat pada jumlah gradasi agregat

yang dapat dibedakan berdasarkan saringan mulai dari saringan berdiameter 4,30 mm sampai dengan saringan berdiameter 0,15 mm seperti terlihat pada Tabel 5. dan Gambar 4. Dibawah ini :

Tabel 5. Gradasi Laston (AC) Gradasi Halus dan Gradasi Kasar

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos					
		LASTON (AC)					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
(inch)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1½"	37,5	-	-	100	-	-	100
1"	25	-	100	90 - 100	-	100	90 - 100
¾"	19	100	90 - 100	73 - 90	100	90 - 100	73 - 90
½"	12.5	90 - 100	74 - 90	61 - 79	90 - 100	71 - 90	55 - 76
⅜"	9.5	72 - 90	64 - 82	47 - 67	72 - 90	58 - 80	45 - 66
No.4	4.75	54 - 69	47 - 64	39,5 - 50	43 - 63	37 - 56	28 - 39,5
No.8	2.36	39,1 - 53	34,6 - 49	30,8 - 37	28 - 39,1	23 - 34,6	19 - 26,8
No.16	1.18	31,6 - 40	28,3 - 38	24,1 - 28	19 - 25,6	15 - 22,3	12 - 18,1
No.30	0.6	23,1 - 30	20,7 - 28	17,6 - 22	13 - 19,1	10 - 16,7	7 - 13,6
No.50	0.3	15,5 - 22	13,7 - 20	11,4 - 16	9 - 15,5	7 - 13,7	5 - 11,4
No.100	0.15	9 - 15	4 - 13	4 - 10	6 - 13	5 - 11	4,5 - 9
No.200	0.075	4 - 10	4 - 8	3 - 6	4 - 10	4 - 8	3 - 7

Sumber: Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6



Gambar 4. Grafik Laston *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) bergradasi halus dan bergradasi kasar

F. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Volumetrik campuran aspal beton yang dimaksud adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Komponen campuran aspal secara volumetrik yaitu Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), dan Volume aspal yang diserap agregat.

Perhitungan volume campuran beraspal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut :

1. Berat Jenis

a. Berat Jenis Bulk Agregat (*Bulk Specific Gravity*)

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

Aspal beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis bulk (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut :

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

Keterangan :

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

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

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

b. Berat Jenis Efektif Agregat (*Effective Specific Gravity*)

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

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

Keterangan :

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

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

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

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

c. Berat Jenis Maksimum Campuran

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

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

Keterangan :

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

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

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

P_s = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

2. Kadar Aspal Efektif

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

$$P_{be} = P_b \times \frac{b_a}{100} \times P_s \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan :

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

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

3. Rongga di Dalam Campuran /Void in Mix (VIM)

Rongga di Dalam Campuran /Void in Mix (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* hanya

diperbolehkan 3,3%-5.0% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c)).

Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

$$Va = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

Va = Rongga udara campuran, persen total campuran

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

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

4. Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat (VMA)*

Rongga diantara mineral agregat/*Voids in Mineral Agregat (VMA)* adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* hanya diperbolehkan 14% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c)).

Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan :

a. Terhadap Berat Campuran Total

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

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \dots \dots \dots (6b)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

5. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk campuran aspal *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-WC)* hanya diperbolehkan 63% kandungan volume udara yang ada. (Spesifikasi Bina Marga 2010, tabel 6.3.3.(1c)).

Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100 (VMA - V_a)}{G_{mm}} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

VFA = Rongga terisi aspal, persen VIM

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

V_a = Rongga udara campuran, persen total campuran

G. Metode *Marshall*

1. Uji *Marshall*

Kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan Marshall yang pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall yang dikembangkan selanjutnya oleh *U.S. Corps of Engineer*. Uji ini untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin pengujian (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

a. Stabilitas *Marshall* (*Stability*)

Nilai stabilitas diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test* . Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*) dan menunjukkan batas maksimum beban diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam

kilogram. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

b. Kelelahan (*Flow*)

Nilai kelelahan (*flow*) diperoleh dengan pembacaan langsung pada alat uji dengan pembacaan jarum dial pada saat *Marshall Test*. Suatu campuran yang memiliki kelelahan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

c. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan (*flow*). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Berikut ini persamaan untuk nilai MQ:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = nilai flow (mm)

d. Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga Terisi Aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

e. Rongga diantara mineral agregat/*voids in Mineral Agregat* (VMA)

Rongga diantara mineral agregat/*Void in Mineral Agregat* (VMA) adalah persentase ruang diantara partikel agregat pada campuran perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.

f. Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM)

Rongga di Dalam Campuran /*Void in Mix* (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat di dalam campuran aspal.

H. Penelitian Terdahulu

Sugiarto RE. (2003), telah melakukan penelitian tentang Pengaruh tingkat kepadatan terhadap sifat marshall dan indeks kekuatan sisa berdasarkan spesifikasi baru beton aspal pada laston AC-WC menggunakan jenis aspal pertamina dan aspal esso penetrasi 60/70. Adapun variasi jumlah tumbukan yang dilakukan adalah 2x75, 2x150, 2x225, 2x300, 2x400 tumbukan persisi dengan waktu pemeraman campuran selama 24 jam. Hasil studi ini menerangkan adanya perbedaan nilai-nilai karakteristik marshall yang nyata dari masing masing jumlah tumbukan yang dilakukan. Dari hasil analisis tes *Marshall* untuk jenis aspal Pertamina maupun *Esso* pada tahap I yang menggambarkan masa oprasional proyek dimana jalan belum dibuka untuk lalulintas umum. Didapat hasil kinerja jenis aspal *Esso* lebih baik dari jenis aspal pertamina ini ditunjukkan nilai Kepadatan, VPA, Stabilitas, Flow, MQ dan IKS sifat *marshall* jenis aspal esso lebih besar yang menunjukkan bahwa lebih fleksibel dari jenis aspal pertamina, serta nilai VMA, VIM jenis aspal *esso* lebih rapat ini menunjukkan tingkat keawetan lebih baik dari jenis aspal pertamina.

Hadi Sastra (2009), telah melakukan penelitian tentang perubahan parameter *marshall* akibat variasi tumbukan Dalam Judul Tesis “Pengaruh Variasi Jumlah Tumbukan Pada Lapisan Aspal Buton Beragregat (LASBUTAG) Campuran Dingin (Coldmix) Dengan Modifier Pertamina Terhadap Karakteristik Marshall”, Metode pencampuran LASBUTAG menurut Direktorat Bina Marga 1998. Adapun variasi jumlah tumbukan yang dilakukan adalah 50, 75, 100, 125, 150, 175 dan 200 tumbukan persisi dengan waktu pemeraman campuran selama 24 jam. Hasil studi ini menerangkan adanya perbedaan nilai-nilai karakteristik marshall yang nyata dari masing masing jumlah tumbukan yang dilakukan. Adapun jumlah tumbukan yang dibutuhkan agar diperoleh kualitas perkerasan LASBUTAG yang optimum adalah 137 tumbukan persisi.

Kemudian satu tahun berikutnya Andi Syaiful Amal (2010) melakukan penelitian yang berjudul “Variasi Jumlah Tumbukan Pada Campuran Beton Aspal Terhadap Nilai Density Dan Void In The Mix (VITM)”, Kepadatan untuk lapis perkerasan pada umur rencana 10 tahun dan beberapa variasi lainnya sebagai data tumbukan 2 x 75 sebagai tumbukan standar, tumbukan 2 x 400 sebagai tumbukan korelasi pendekatan nilai overloading dilakukan dengan pengujian Marshall dengan beberapa variasi tumbukan, yaitu sekunder (2 x 150 tumbukan, 2 x 200 tumbukan dan 2x 300 tumbukan). dengan perkerasan jenis Beton Aspal (Asphaltic Concrete). Sebagai nilai pendekatan terhadap kinerja penelitian ini dilakukan analisis terhadap lapis ulang kinerja layanan suatu lapis perkerasan.

Hasil analisa pengaruh variasi jumlah tumbukan akibatnya bahan perkerasan menjadi rusak. Variasi jumlah tumbukan diatas tumbukan standar akan mengakibatkan kelelahan bahan, Hal ini sebagai indikasi bahwa segala jenis variasi VITM antara 50% - 60% terhadap jumlah tumbukan standar (2x75 tumbukan).