

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dari roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman 1999).

2.2.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Bahan pengikat untuk konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi (Sukirman 1999):

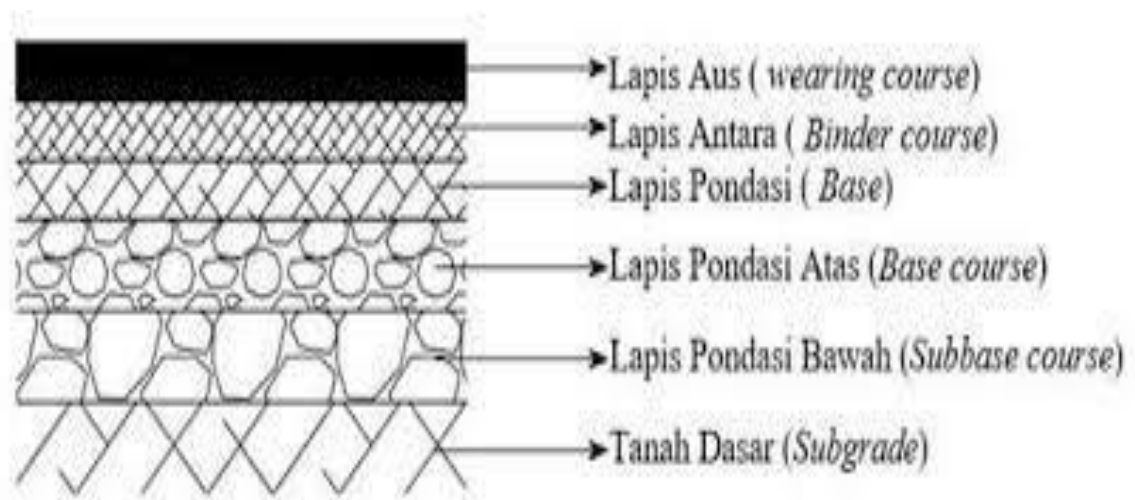
1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland cement*) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.2.2 Struktur Perkerasan Jalan Lentur

Struktur perkerasan jalan lentur di buat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*), yaitu lapisan aus dan lapisan antara. Lapisan di bawah adalah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi

atas (*base course*) dan pondasi bawah (*subbase course*). Lapisan ini diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan (*subgrade*).

Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar yang secara bersama-sama memikul beban lalu lintas. Tebal struktur perkerasan dibuat sedemikian rupa sampai batas kemampuan tanah dasar dalam memikul beban lalu lintas, atau dapat dikatakan beban struktur perkerasan sangat tergantung pada kondisi atau daya dukung tanah dasar.



Gambar 2. 1 Lapis Perkerasan

Sumber : Sukirman (2003)

2.2 Aspal Beton

Aspal beton secara luas digunakan sebagai konstruksi perkerasan jalan dengan lalu lintas berat, sedang dan ringan dalam kondisi segala macam cuaca. Aspal beton adalah campuran perkerasan jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal sebagai pengikat dengan proporsi tertentu sesuai dengan spesifikasi. Adapun kelebihan dari aspal beton yaitu sebagai berikut:

- a. Waktu pengerjaan yang relatif sangat cepat sehingga terciptanya efisiensi waktu.

- b. Lapisan konstruksi aspal beton tidak peka terhadap air (kedap air).
- c. Dapat dilalui endaraan setelah pelaksanaan penghamparan.
- d. Mempunyai sifat fleksibel sehingga mempunyai kenyamanan bagi pengendara.
- e. Pemeliharaan yang relative murah dan mudah.
- f. Stabilitas yang tinggi sehingga dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadinya deformasi.

Jenis aspal beton dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk aspal beton dan fungsi aspal beton. Campuran aspal beton dapat dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Aspal beton campuran panas (hot mix) adalah aspal beton yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran sekitar 150°C.
2. Aspal beton campuran sedang (warm mix) adalah aspal beton yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampurannya sekitar 60° C.
3. Aspal beton campuran dingin (cold mix) adalah aspal beton yang material pembentuknya di campur pada suhu pencampuran 25°C.

Campuran aspal dalam penelitian ini di rancang sesuai dengan spesifikasi umum bina marga 2018 untuk menjamin bahwa asusmsi rancangan campuran yang berkenan dengan kadar aspal, rongga udara, stabilitas, kelenturan, dan keawetan sesuai dengan lalu lintas rencana.

2.3 Jenis Campuran Beraspal

2.3.1 Lapis Aspal Beton (*Asphalt Concrete, AC*)

Lapis aspal beton (laston) adalah aspal beton bergradasi menerus, jenis campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas rencana berkisar antara 1-10 juta ESA. Campuran laston (AC) terdiri dari 3 jenis campuran menurut spesifikasi umum bina marga 2018 yaitu:

- a. AC lapis aus (*AC-WC*)

b. AC lapis antara (*AC-Binder Course ,AC-BC*)

c. AC lapis pondasi (*AB-Base*)

Ukuran masing-masing campuran 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. setiap campuran jenis AC yang menggunakan bahan aspal polimer , aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing-masing *AC-WC Modified* dan *AC-Base Modified*.

2.3.2 Stone matrix asphalt (SMA)

Stone matrix asphalt selanjutnya disebut SMA terdiri dari 3 jenis campuran menurut spesifikasi bina marga 2018 yaitu:

a. SMA tipis

b. SMA halus

c. SMA kasar

Ukuran partikel maksimum agregat masing masing campuran adalah 12,5mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan aspal polymer disebut masing-masing sebagai SMA tipis modifikasi, SMA Halus modifikasi, SMA kasar modifikasi.

2.3.3 Lapis Tipis Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapis tipis aspal beton (*lataston*) aspal beton bergradasi senjang, jenis campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalulintas rencana kurang dari 1 juta ESA. Campuran ini merupakan komposisi bahan campuran agregat bergradasi terbuka atau timpang yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi(*filler*) dan aspal. Campuran *lataston (HRS)* terdiri dari 2(dua) jenis campuran menurut spesifikasi (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat; Direktorat Jenderal Bina Marga 2018) yaitu:

a. *HRS* lapis aus (*HRS- Wearing Course,HRS-WC*)

b. *HRS* pondasi (*HRS-Base*)

Ukuran agregat masing-masing campuran 19 mm, HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi dengan kunci utama yaitu gradasi yang benar-benar senjang.

2.4 Tebal Lapis Dan Toleransi

Tebal setiap lapisan campuran beraspal harus diperiksa dengan benda uji “inti” (*core*) perkerasan yang di ambil oleh penyedia jasa sesuai petunjuk direksi pekerjaan. Tebal aktual hamparan lapis baspal di setiap segmen didefenisikan sebagai tebal rata-rata yang memenuhi syarat toleransi menurut spesifikasi umum bina marga 2018 sebagai berikut:

- *Stone matrix asphalt* tipis : -2,0 mm
- *Stone matrix asphalt* halus : -3,0 mm
- *Stone matrix asphalt* kasar : -3,0 mm
- Laston lapis aus : -3,0 mm
- Laston lapis fondasi : -3,0 mm
- Laston lapis aus : -3,0 mm
- Laston lapis antara : -4,0 mm
- Laston lapis fondasi : -5,0 mm

Bila mana campuran beraspal yang lebih dari satu lapis dan tebal actual lapisan pertama tidak memenuhi tebal yang ditunjukkan dalam gambar, maka kekurangan tebal ini dapat diperbaiki dengan penyesuaian tebal dan lapis berikutnya. Tebal total campuran beraspal tidak boleh kurang dari jumlah tebal rancangan dari masing masing jenis campuran di tunjukkan dalam gambar minus 5 mm. Bila mana penyesuaian tebal dari lapis berikutnya yang terakhir (permukaan akhir) pada suatu sub-segmen tidak memenuhi ketentuan sebagai mana yang disebutkan di atas maka sub segmen yang tidak memenuhi syarat tersebut harus dibongkar atau di lapisi kembali

dengan tebal minimum dipersyaratkan sesuai spesifikasi umum bina marga 2018 pada tabel berikut:

Jenis campuran		Symbol	Tebal nominal Minimum (cm)
Stone matrix asphalt tipis		SMA Tipis	3,0
Stone matrix asphalt-halus		SMA-Halus	4,0
Stone matrix asphalt-kasar		SMA-Kasar	5,0
Lataston	Lapis aus	HRS-WC	3,0
	Lapis pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis aus	AC-WC	4,0
	Lapis antara	AC-BC	6,0
	Lapis pondasi	AC-Base	7,5

Sumber: sesuai spesifikasi umum bina marga 2018”

2.5 Agregat

Agregat terdiri dari pasir, gravel, batu pecah, slag atau material lain dari bahan mineral alami atau buatan. Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan berfungsi untuk menahan beban lalu lintas. Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah dengan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*) sehingga didapatkan ukuran yang digunakan dalam campuran. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji kelayakan yang telah ditetapkan.

Agregat adalah bahan yang kaku dan keras yang digunakan sebagai bahan campuran dan mempunyai berbagai jenis butiran atau ukuran

pecahan, termasuk didalamnya antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, terak dapur tinggi dan debu agregat. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar antara 90% sampai dengan 95% terhadap total berat campuran atau 70% sampai dengan 85% terhadap volume campuran aspal. Asal agregat dapat digolongkan dalam 3 kategori:

1. Agregat dari batuan beku (*volcanic rock*): Agregat ini terjadi akibat pendinginan dan pembekuan dari bahan-bahan yang meleleh akibat panas (Magma Bumi).

Agregat ini digolongkan dalam 2 jenis pokok:

- a. Agregat dari batuan ekstrusif: Terjadi akibat dilempar ke udara dan mendingin secara cepat. Jenis pokoknya: *pyolite*, *andesite* dan *basalt*. Sifat utamanya: berbutir halus, keras dan cenderung rapu.
- b. Agregat dari batuan intrusif: Terjadi akibat batuan yang mendingin secara lambat dan diperoleh sebagai singkapan. Jenis pokoknya : granit, diorit dan gabro. Sifat utamanya: berbutir kasar, keras dan kaku.

2. Agregat dari batuan endapan (*sedimentary rock*): Agregat ini terjadi akibat dari endapan halus dari hasil pelapukan batuan bebas, tumbuh-tumbuhan dan binatang. Dengan mengalami proses peletakan dan penekanan oleh alam maka menjadi agregat atau batuan endapan. Jenis agregat dari batuan endapan antara lain: batuan kapur, batuan silica dan batuan pasir.

3. Agregat dari batuan methamorphik: Agregat ini terjadi dari hasil modifikasi oleh alam (perubahan fisik dan kimia dari batuan endapan dan beku sebagai hasil dari tekanan yang kuat, akibat gesekan bumi dan panas yang berlebihan). Sebagai contoh: batuan kapur menjadi marmar dan batuan pasir menjadi kwarsa.

Agregat untuk campuran perkerasan jalan juga diklasifikasikan berdasarkan sumbernya:

1. *Pit* atau *bank run materials (pit-run)*, biasanya gravel dari ukuran 75 mm (3 inchi) sampai ukuran 4.75 mm (No.4). Pasir yang terdiri dari partikel ukuran 4.75 mm (No.4) hingga partikel berukuran 0.075 mm (No.200). Ada juga silt yang berukuran 0.075 mm kebawah. Batuan-batuan tersebut tersingkap dan ter-degradasi oleh alam baik secara fisik maupun kimiawi. Produk proses degradasi ini kemudian diangkut oleh angin, air atau es (*gletser* yang bergerak) dan diendapkan di suatu tempat.
2. Agregat hasil proses, merupakan hasil dari proses pemecahan batuan dengan mesin pemecah batu (*stone-crusher machine*) dan disaring. Agregat alam biasanya dipecah agar dapat digunakan sebagai campuran aspal. Agregat yang dipecah tersebut kualitas akan bertambah, dimana proses pemecahan akan mengubah tekstur permukaan, merubah bentuk agregat dari bulat ke bentuk yang bersudut, menambah distribusi dan jangkauan ukuran partikel agregat.
3. Agregat sintetis/buatan (*synthetic/artificial aggregates*), sebagai hasil modifikasi baik secara fisik atau kimiawi. Agregat demikian merupakan hasil tambahan pada proses pemurnian biji tambang besi yang diproduksi dari bahan mentah yang dipakai sebagai agregat. Terak dapur tinggi (*blast-funace slag*) adalah yang paling umum digunakan sebagai agregat buatan. Terak yang mengapung pada besi cair bukan bahan logam (*non-metallic*), kemudian ukurannya diperkecil dan didinginkan dengan udara. Pemakaian agregat sintetis untuk pelapisan lantai jembatan sering digunakan karena agregat sintetis lebih tahan lama dan tahan terhadap geseran di banding agregat alam.

2.6 Gradasi Agregat

Gradasi ditentukan dengan melewati sejumlah material melalui serangkaian saringan dari ukuran besar ke kecil dan menimbang berat

material yang tertahan pada masing-masing saringan. Kombinasi gradasi agregat campuran dinyatakan dalam persen berat agregat. Ukuran butir agregat menurut SNI 03-1968-2002 disajikan pada tabel 2.1 :

Tabel 2. 1 Ukuran Butir Agregat

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran saringan	Bukaan (mm)
4 inchi	100,00	3/8 inchi	9,5
3½ inchi	90,00	No.4	4,75
3 inchi	75,00	No.8	2,36
2½ inchi	63,00	No.16	1,18
2 inchi	50,00	No.30	0,6
1½ inchi	37,50	No.50	0,3
1 inchi	25,00	No.100	0,15
¾ inchi	19,00	No.200	0,075
½ inchi	12,50		

Sumber : Buku 1 Petunjuk Umum, Manual Perkerasan campuran Beraspal Panas Departemen Kimpraswil.

Analisis saringan dapat dilakukan dalam keadaan basah atau kering. Analisis basah dilakukan untuk menentukan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan ¾ inchi, mengikuti manual SNI-M-02-1994-03 atau AASTHO T11-90. Persentase lolos saringan ditentukan melalui pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar (saringan kering) sesuai manual SNI-03-1968-1990. Permeriksaan jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan

$\frac{3}{4}$ inchi, dengan menggunakan saringan basah dapat dilanjutkan dengan mengeringkan benda uji dan selanjutnya melakukan pengujian analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (Sukirman 2003).

2.7 Jenis - Jenis Gradasi

Gradasi agregat yang digunakan sebagai campuran aspal dapat dibedakan atas 3(tiga) jenis, yaitu :

a. Gradasi seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi dengan ukuran butir yang hampir sama. Gradasi seragam ini disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit halus sehingga terdapat banyak rongga/ruang kosong antar agregat. Campuran aspal dengan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

b. Gradasi agregat menerus/rapat

Gradasi rapat adalah gradasi agregat yang terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus, sehingga sering juga disebut gradasi menerus, atau gradasi baik (*well graded*). Campuran aspal dengan gradasi ini juga mempunyai stabilitas yang tinggi.

c. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang disefenisikan secara umum sebagai gradasi yang terdiri dari campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi hanya terdapat sedikit sehingga gradasi ini dikategorikan sebagai gradasi buruk (*poorly graded*).

d. Gradasi agregat gabungan

Gradasi agregat gabungan adalah kombinasi fraksi-fraksi agregat hasil analisa saringan yang di blending untuk mendapatkan proporsi dari masing-masing fraksi berdasarkan persentase lolos saringan.

Gradasi agregat gabungan tersebut merupakan gradasi gabungan antara agregat kasar, agregat halus dan mineral asbuton. Gradasi campuran

beraspal panas dengan asbuton harus berada diluar daerah larangan (*Restriction Zone*) dan berada di dalam batas titik kontrol (*control point*).

Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran							
		Stone matrix asphalt (SMA)			Lataston (HRS)	Laston (AC)			
A S T M	(m m)	Tipi s	Halu s	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	0,60 0	12- 18			35-60	15- 35	14-30	12-28	10-22
No .50	0,30 0	10- 15					9-22	7-20	6-15
No .10 0	0,15 0						6-15	5-13	4-10
No .20 0	0,07 5	8-12	8-11	8-11	6-10	4- 10	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.8 Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan volume air. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Dan sebaiknya, agregat dengan berat jenis yang besar tidak membutuhkan aspal yang banyak.

2.9 Bahan Campuran Aspal

Bahan campuran aspal beton terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Bahan-bahan tersebut sebelum digunakan harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat dari bahan tersebut.

Guna mendapatkan lapisan perkerasan yang baik dan memenuhi persyaratan harus tepat antara agregat dengan kadar aspal optimum.

2.9.1 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar (coarse aggregate) untuk rancangan campuran yaitu agregat yang tertahan no.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan siakan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan serta memiliki ketentuan agregat kasar pada tabel 2.3 yaitu:

Tabel 2. 3 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	Natrium Sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
	Magnesium Sulfat			Maks.18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.6%
	Modifikasi dan SMA	500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks.8 %
		500 putaran		Maks.95%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min.95%
Butir pecah terhadap agregatb kasar	SMA	SNI 7619:2012	95/90*	
	Lainnya			
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks.10%	
	Lainnya			

Agregat lolos ayakan no.200	SNI 03-4142-1996	Maks.2%
-----------------------------	------------------	---------

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.9.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No.4 dan tertahan di saringan No.200. Fungsi utama agregat halus adalah menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran.

Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particie roughness* (kekasaran permukaan butiran. Di bawah ini adalah tabel 2.4 Persyaratan agregat menurut spesifikasi umum bina marga 2018:

Tabel 2. 4 Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai serata pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-1414-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum bina marga 2018

2.9.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisian harus kering dan bebas dari gumpalan dan bila di uji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan no.200 (75 micron) tidak kurang dari 75% dari beratnya.

Bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) untuk semen harus mengandung dalam 1% sampai 2% terhadap berat total aspal dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai 3% terhadap berat total aspal. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tapi tidak boleh menggunakan semen.

2.9.4 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang terbrntuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperature tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel pada waktu pembuatan aspal beton.

Jika tempertur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sifatnya mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air serta tahan terhadap asam, basa dan garam.

Berdasarkan nilai penetrasi, *American Society for Testing and Materials (ASTM)* dan *American Association of state Highway and Transportation Officials (AASHTO)* membagi aspal keras untuk keperluan perkerasan jalan menjadi:

1. Aspal Penetrasi 40/50

Aspal penetrasi jenis ini termasuk aspal penetrasi rendah. Aspal jenis ini digunakan pada jalan volume lalu lintas tinggi dan pada daerah dengan cuaca iklim panas.

2. Aspal Penetrasi 60/70

Aspal ini termasuk aspal penetrasi rendah yang digunakan pada jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi serta pada daerah dengan cuaca iklim panas. Di Indonesia pada umumnya digunakan aspal semen penetrasi jenis ini.

3. Aspal penetrasi 85/100

Aspal penettrasi ini digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau rendah serta pada daerah dengan cuaca iklim dingin.

4. Aspal penetrasi 120/150

Aspal penetrasi tinggi jenis ini juga digunakan pada jalan dengan volume lalu lintas rendah dan digunakan pada daerah dengan cuaca iklim dingin.

5. Aspal penetrasi 200/300

Aspal penetrasi tinggi jenis ini juga digunakan pada jalan dengan volume lalu lintas rendah dan digunakan pada daerah dengan cuaca iklim dingin.

Pada penelitian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70, dimana persyaratannya dapat dilihat pada table 2.6 berikut ini.

Tabel 2. 5 Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70

No	Jenis pengujian	Metode	Tipe I Aspal pen. 60-70
1	Penetrasi 25° c0,1 mm	SNI 2456:2011	60-70
2	Titik Lembek (°c)	SNI 2432-2011	≥48
3	Daktalitas pada 25°c,(cm)	SNI 2434-2011	≥100
4	Titik Nyala & Titik Bakar (°c)	SNI 2433-2011	≥232

5	Berat Jenis (gr/cc)	SNI 2441-2011	$\geq 1,0$
6	Kehilangan Berat (%)	SNI 06-2441-1991	$\geq 0,8$

Sumber :Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2.9.5 Anti stripping agent

Anti Stripping Agent merupakan suatu aditif yang dapat merubah sifat aspal dan agregat, meningkatkan daya lekat dan ikatan, serta mengurangi efek negatif dari air dan kelembaban sehingga menghasilkan permukaan berdaya lekat tinggi. Hal ini akan mengurangi terjadinya pelepasan butiran pada aspal dan diharapkan dapat meminilkan terjadinya kerusakan jalan oleh air, memperpanjang waktu pelapisan ulang hot mix dengan biaya perawatan yang akan lebih murah (Aminsyah 2014).

2.10 Campuran beraspal

Menurut (Sukirman 2003) terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu: stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), Kelentukan (*fleksibility*), tahan geser/kekesatan (*skidresistance*), kedap air (*impermeability*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatiqueresistance*), dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Suatu rancangan campuran (design mix formula) ditentukan berdasarkan prosedur *marsall* dalam segala hal rancangan campuran sesuai dengan penelitian ini harus memenuhi sifat-sifat bahan dan sifat sifat campuran sebagai mana di syaratkan spesifikasi umum Bina Marga 2018 pada tabel 2.6 dan tabel 2.7 secara berurutan berikut:

Tabel 2. 6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Beton Aspal

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		lapis Aus (WC)	Lapis Antara (BC)	Lapis pondasi (Base)
Jumlah tumbukan per bidang	Maks	75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Maks	0,6		
	Min	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 (kg)	min	800		1800
Kelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60 °c	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan mambal (refusal)	Min	2		

Sumber :Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Tabel 2. 7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran HRS

Sifat-Sifat Campuran		Lataston (HRS)	
		<i>Lapis Aus (WC)</i>	<i>Lapis Pondasi (Base)</i>
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,9	5,5
Jumlah tumbukan per Bidang		50	
Rongga dalam campuran (%)	Min	4,0	
	Maks.	6,0	
Rongga dalam agregat (VMA)(%)	Min.	18	17
Rongga Terisi Aspal(%)	Min	68	
Stabilitas marsall (kg)	Min	600	
Marsall quetien (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas marsall sisa (%) Setelah perendaman 24 jam,60°C	Min	90	

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Penjelasan mengenai 7 (ketuju) karakteristik tersebut diatas adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas lapisan perkerasan jalan merupakan kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding kebutuhan akan stabilitas berpengaruh dengan jumlah lalu lintas.

2. Kelenturan (*fleksibilitas*)

Menyatakan 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.

3. Kekesatan /tahan geser (*skid resistance*)

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.

4. Kedap air (*impermeability*)

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

5. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue resistance*)

Kemampuan beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

6. Kemudahan pelaksanaan (*workability*)

Kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihampar dan dipadatkan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperature dan gradasi serta kondisi agregat.

2.11 Sifat Volumetrik Dari Campuran Aspal

Aspal beton dibuat dari agregat, aspal, dan atau tanpa bahan tambah yang dicampur secara merata atau homogeny di instalasi pencampuran pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga berbentuk aspal beton padat .secara analisis dapat ditentukan sifat volumetrik dari aspal beton padat .baik yang dipadatkan di laboratorium, maupun dilapangan. Parameter yang bisa digunakan adalah:

1. V_{mb} : Volume bulk dari aspal beton padat
2. V_{sb} : Volume agregat, adalah volume bulk dari agregat .
3. V_{so} : Volume agregat adala volume efektif dari agregat
4. VMA : Volume pori diantara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang telah terisi oleh aspal
5. V_{mm} : Volume tanpa pori dari aspal beton padat
6. VIM : Volume pori aspal beton padat
7. VFA : Volume pori aspal beton padat
8. v_{ab} : Volume aspal yang terabsorsi kedalam agregat dari aspal beton padat
9. Tebal fim aspal: Tebal film aspal atau selimut aspal seringkali digunakan.Pula untuk menentukan karakteristik aspal beton.

2.12 Metode Marshall

Setelah dikeringkan agregat dipisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistrokes dan temperature pemadatan adalah

temperature pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistrokes karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematic aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara $145^{\circ}\text{C} - 155^{\circ}\text{C}$ sedangkan suhu pemadatan antar $110^{\circ}\text{C} - 135^{\circ}\text{C}$.

Metode marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur yang metode marshall ini terdiri dari uji marshall dan parameter dan formula perhitungan marshall.

2.12.1 Uji Marshall

Pengujian marshall yang dikembangkan pertama kali oleh bruce marshall dan dilanjutkan oleh U.S *Corps Engineer*. Kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian marshall yang meliputi:

- a. Penentuan tinggi, diameter dan berat volume benda uji
- b. Pengujian stabilitas, adalah kemampuan maksimum beton aspal
- c. Pengujian kelelahan (*flow*), adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
- d. Perhitungan *Marshall Quotient* (QM), adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*.
- e. Perbandingan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VITM dan VFWA).

2.12.2 Parameter Dan Formula Perhitungan Marshall

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

1. Berat Jenis Bulk Dan Apparent Agregat

- a. Agregat kasar

$$BJ \text{ Bulk} = \frac{BK}{(BJ-BA)}$$

$$Bj \text{ Apparent (Semu)} = \frac{BK}{(BK-BA)}$$

b. Agregat halus

$$BJ \text{ Bulk} = \frac{BK}{(B+500-Bt)}$$

$$Bj \text{ Apparent (Semu)} = \frac{BK}{(B-BK-Bt)}$$

Dimana:

BK = berat benda uji kering oven (gr)

BJ = berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)

BA = berat benda uji dalam air (gr)

B = berat picnometer di isi air suhu 25°C

Bt = berat picnometer + benda uji SSD + air suhu 25°C

2. Berat Jenis Bulk Dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*).

3. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T 209-90 maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$Gse = (Pmm - Pb) / (Pmm / Gmm - Pb / Gb)$$

Dimana:

Gse = berat jenis efektif/*efektive specific gravity* (gr/cm³)

Gmm = berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan

Pmm = persen berat total campuran (%)

Pb = persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

Gb = berat jenis aspal (gr/cm³)

4. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran (gmm) pada masing masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTOT 209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (triplikat).

5. Berat jenis bulk campuran padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut:

$$Gmb = \frac{BK}{Bssd - Ba}$$

Dimana :

Gmb	=berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (gr/cm ³)
B	=berat kering campuran (gr)
Bssd	=berat kering permukaandari campuran setelah pemadatan (gr)
Ba	=berat campuran padat dalam air (gr)
Bssd-Ba	=volume bulk campuran telah dipadatkan ,berat jenis air (1 gr/cc)

6. Rongga Di Antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) VMA dihitung berdasarkan berat jenis *bulk* (Gsb) agregat dan dinyatakan adalah ruang rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Sebagai persen volume bulk campuran yang dipadatkan perhitungan VMA terhadap campuran dengan rumus sebagai berikut:

a. Terhadap berat campuran total :

$$VMA = (100 - \frac{G_{mm} - P_s}{G_{sb}}) \%$$

Dimana:

VMA = rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total

G_{mb} = berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cm^3)

G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat (gr/cm^3)

P_s = kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (gr)

b. Terhadap berat agregat total :

$$VMA = (100 - [\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)}]) \%$$

Dimana:

VMA = rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total

(%)

G_{mb} = berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cm^3)

G_{sb} = berat jenis *bulk* agregat (gr/cm^3)

P_{6b} = kadar aspal persen total campuran (%)

7. Rongga dalam campuran

Rongga udara dalam campuran (*void in the compacted mixture*) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus:

$$VIM = (100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}) \%$$

8. Rongga Udara Yang Terisi Aspal

Rongga terisi aspal (*voids filled with asphalt*) atau VFA adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi aspal. Tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

$$VFA = \frac{100(VMA-VIM)}{VMA}$$

Dimana:

VFA =rongga udara yang terisi aspal,persentase dari VMA (%)

VMA =rongga udara pada mineral agregat, persentase dari volume total

(%)

VIM =rongga didalam campuran, persentase dari volume total campuran (%)

9. Stabilitas

Nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum aspal beton padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Nilai ini diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *marshall*. Selain itu pada umumnya alat *marshall* yang digunakan bersatuan *lbf (pound force)*. Sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram, selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji. Nilai stabilitas campuran dapat ditentukan dengan rumus:

$$S = O \times P \times Q$$

Dimana :

S =nilai stabilitas terkoreksi

O =hasil pembacaan pengujian *marshall* (kg)

P =factor kalibrasi dari proving ring (1,911)

Q =factor koreksi terhadap volume atau ketebalan benda uji

10. Kelelahan (Flow)

Kelelahan (flow) adalah besarnya perubahan bentuk plastis aspal padat beton akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. Seperti halnya

cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas, nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (millimeter) sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

11. Hasil bagi marshall

Hasil bagi marshall (*marshall quotient*) atau MQ adalah hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat *marshall* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF}$$

Dimana:

MQ =marshall quotient (kg/mm)

MS =marshall (kg)

MF =flow marshall (mm)

12. Marshall Immertion

Marshall immersion adalah salah satu pengujian untuk melihat ketahanan terhadap beban dan pengaruh suhu atau keawetan suatu campuran, hasil dari pengujian ini adalah adalah rasio stabilitas *marshall immersion* dan stabilitas *marshall* standar. Untuk menghitung indeks perendaman (stabilitas *marshall* sisa) digunakan rumus berikut :

$$IP = \frac{\text{Stabilitas Marshall Immersion}}{\text{Stabilitas Marshall Standar}} \times 100$$

Dimana:

SMI =stabilitas yang dihasilkan dari benda uji KAO yang direndam pada suhu 60°C selama 24 jam.

SMS =stabilitas yang dihasilkan dari benda uji KOA yang direndam pada suhu 60°C selama 30 menit.

2.13 Penelitian terdahulu

1. Ilna Suci Rahmadhany (2018) yaitu pengaruh penambahan superbond terhadap karakteristik aspal (Ramdhany 2018), Penggunaan aspal yang

ditambahkan superbond memberikan pengaruh sangat kuat terhadap sifat volumetrik campuran beraspal, karena nilai VMA, VIM, VFB didapatkan nilai r secara berturut-turut 0,939,0,966,00,955. Penambahan superbond juga memberikan pengaruh yang sangat kuat terhadap sifat mekanis campuran, karena dari nilai stabilitas dan marshall quotient didapatkan nilai r secara berturut-turut 0,991,0,977. Untuk nilai flow diperoleh nilai r cukup kuat yaitu 0,556. Penggunaan superbond menyebabkan indeks kekuatan sisa maksimum adalah 0,5% yang memiliki nilai 93,404% dimana hubungan antara indeks kekuatan sisa dengan penambahan kadar superbond adalah sangat kuat.

2. Veby Rante Ta'dung (2021) yaitu analisis karakteristik campuran aspal panas dengan penambahan variasi zat aditif wetfix-be dan perendaman berulang (Veby Rante Ta'dung 2021). Penambahan wetfix-be dapat meningkatkan karakteristik campuran aspal beton dibandingkan tanpa penambahan wetfix-be. Pada perendaman 3 hari didapatkan nilai maksimum yaitu: stabilitas 1395,63 kg, flow 2,20 mm, MQ 635,75 kg/mm, VIM 4,66 %, VMA 15,2, dan VFB 69,34 %. Setelah perendaman bertambah maka nilai stabilitas, MQ, VIM, VMA, VFB dan flow mengalami peningkatan namun masih dalam batas-batas spesifikasi.
3. Livin Nurlayli Dan Boedi Raharjo (2017) yaitu pengaruh lama perendaman air hujan terhadap kinerja laston (ac-wc) berdasarkan uji marshall, metode penelitian ini mengacu pada langkah-langkah tertuang dalam bagan alir penelitian. Hasil pengujian pengaruh lama perendaman air hujan diperoleh nilai stabilitas terus mengalami penurunan, nilai flow mengalami peningkatan, nilai MQ konsisten mengalami penurunan, Nilai VIM terus meningkat, nilai VMA terus mengalami peningkatan dan nilai VFB menurun secara konsisten.
4. Studi perendaman campuran beton aspal AC-WC menggunakan sodium silicate terhadap nilai marshall (SANGKA' 2021), pengaruh yang

ditimbulkan akibat lama perendaman campuran aspal beton AC-WC terhadap nilai stabilitas hal ini dapat dilihat dari hasil pengujian yang dilakukan selama 72 jam stabilitas marsal yang tersisa adalah 81,81% namun masih di atas batas standar 800 kg/mm.

5. Vonne Carla pangemanan Oscar H. Kaseke, mecky R. E. Manoppo (2015) meneliti tentang pengaruh suhu dan durasi terendamnya perkerasan beraspal panas terhadap stabilitas dan kelelahan (flow) (Pangemanan, Kaseke, and Manoppo 2015), metode pengujian marsall untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi terendaamnya terhadap nilai stabilitas dan kelelahan (flow) perkerasan beraspal panas terhadap stabilitas dan kelelahan (flow), melalui penelitian di laboratorium. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa temperature dan lamanya (durasi) perendaman mempengaruhi kinerja pencampuran lapis perkerasan aspal. Sehingga semakin tinggi suhu perendaman dan semakin panjang durasi perendaman nilai stabilitas marsall semakin menurun dan nili flow semakin meningkat.
6. SOARES, Salvador De yesus (2017) analisis pengaruh bahan tambahan (additive) anti stripping agent (wetfix-be) terhadap durabilitas pada lapis aspal beton asphalt concrete-wearing coarse (AC-WC) menggunakan metode marsall, Pada pengujian campuran beton aspal padat AC-WC menggunakan agregat dari tavanja dengan metode marsall diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,5% Dengan demikian niai parameter marsal .nilai stabilitas sebesar 922,95 g. Nilai kelelahan sebesar 3,26 mm, nilai marsall quotient (MQ) sebesar 287,04) kg/mm nilai void the mineral aggregate (VMA) sebesar 16,33% nilai void in mix (VIM) 4,42% ,nilai void filled with asphalt (VFA) adalah 72,99 % semua nilai parameter marsall memenuhi spesifikasi bina marga 2010. Berdasarkan nilai parameter di atas dapat dikatakan bahwakemampuan

perkerasan jalan untuk dapat mengikuti deformasi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

7. M. Aminsyah (2014) studi eksperimental penambahan zat additive anti stripping pada kinerja campuran AC-WC. Penambahan aditif anti stripping dapat meningkatkan keawetan atau durabilitas campuran secara signifikan sebesar 4,62% yang akan membuat campuran lapis aspal beton lebih tahan dari pengelupasan butir akibat pengaruh air dan cuaca. Penambahan aditif yang optimum adalah 0,3% dari kadar aspal dalam campuran lapis aspal beton.
8. Anni Susilowati Dan Eko Wiyono (2017) yaitu penggunaan bahan anti stripping untuk campuran aspal beton. Campuran aspal beton (laston AC-WC) dengan menggunakan bahan tambah anti stripping dan tanpa bahan tambah, walaupun tidak sepenuhnya meningkatkan nilai karakteristik marshall, namun memenuhi spesifikasi RSNI3 XXXX-2014, dari hasil analisis laboratorium diperoleh nilai KAO 6%. Campuran dengan menggunakan bahan anti stripping wetfix-be sebesar 0,3 % dapat meningkatkan VMA, VIM, MQ dan stabilitas marshall sisa masing-masing sebesar 1,34%, 2,89%, 3,34%, dan 6,72%, selain itu penambahan bahan anti stripping wtfix-be sebesar 0,3% dapat menurunkan VFB, stabilitas dan flow masing masing sebesar 0,82 %, 2,85%, dan 12,72% dengan nilai stabilitas marshall sisa 96,90% maka campuran aspal beton ini memiliki ketahanan tinggi terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh air.
9. Fendi santoso (2017) menganalisis pengaruh pemakaian additive wetfix-be pada campuran AC-BC (Veby Rante Ta'dung 2021). Pengaruh pemakaian zat additive untuk campuran AC-BC pada kadar aspal optimum 5,70% dengan bahan tambah additive 0,3% terhadap kadar aspal, telah mengalami peningkatan dan penurunan pada beberapa karakteristik marshall. Campuran memiliki impermeability yang tinggi dan

akan mampu untuk tidak dapat meloloskan air atau udara kedalam lapisan beton sehingga menahan beban yang volume lalu lintas yang tinggi.

10. Sawaluddin, Slamet Widodo Dan Eti Sulandari: Penggunaan bahan additive anti stripping agent terhadap keawetan campuran lataston (HRS-WC). Penggunaan variasi aditif anti stripping agent terhadap campuran aspal ternyata memberikan dampak yang cukup baik terhadap kualitas campuran aspal yang dihasilkan, pengaruh penggunaan aditif anti striping agent terhadap tingkat durabilitas dan keawetan dari campuran lataston 90,30% kemudian meningkat sebesar 91,29 % artinya kenaikan sebesar 1,09%.