

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisanlapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Adapaun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari : (Silvia Sukirman, 1999)

- a. Lapis permukaan (*Surface Course*)
- b. Lapis pondasi atas (*Base Course*)
- c. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)
- d. Lapis tanah dasar (*Subgrade*) Jenis lapisan aspal beton campuran panas, terbagi menjadi 3 (Tiga) yaitu :
 - a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) dengan tebal minimum AC-WC adalah 4 cm (Spesifikasi teknis BM Seksi.6.3.1). Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.
 - b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) dengan tebal minimum AC-BC adalah 6 cm (Spesifikasi teknis BM Seksi.6.3.1). Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
 - c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan AC-Base (Asphalt ConcreteBase) dengan tebal minimum AC-Base adalah 7,5 cm (Spesifikasi teknis BM Seksi.6.3.1). Lapisan ini tidak berhubungan langsung cuaca tetapi

memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.



Gambar 2. 1 Perkerasan Jalan

2.1.1 Asphaltic Concrete Binder Course (AC-BC)

Menurut Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020) lapis beton aspal atau yang sering disebut dengan laston, berdasarkan tebal dan ukuran maksimum agregatnya dibagi menjadi 3 jenis campuran, yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang digunakan sebagai lapis permukaan, *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* yang digunakan sebagai lapis antara, dan *Asphalt Concrete Base (AC-BASE)* yang digunakan sebagai lapis pondasi, dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran berturut-turut adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm. dalam suatu sistem perkerasan, lapisan AC-BC adalah lapisan penting dalam struktur perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat kasar, halus, bitumen dan bahan tambahan lainnya yang di rancang untuk memberikan kekuatan, stabilitas, dan perlindungan terhadap lapisan pondasi sehingga menghasilkan jalan yang kuat dan tahan lama. Lapisan AC-BC juga memiliki beberapa fungsi, yang di antaranya adalah menyediakan drainase yang baik untuk melindungi lapisan di bawahnya dan menerima beban langsung lalu lintas serta menyebarkan beban lalu lintas tersebut untuk mengurangi tegangan pada lapisan struktur bawah. Karakteristik dan spesifikasi AC-BC memiliki gradasi agregat yang lebih kasar dibanding AC-WC, Untuk membuat kinerja lapisan ini berfungsi secara optimal,

harus digunakan material dan bahan ikat yang memenuhi persyaratan serta memenuhi ketentuan yang berlaku di Indonesia.

Pada penelitian ini, persyaratan dan ketentuan campuran beraspal laston AC-BC yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 Revisi 2. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas (Laston) AC-BC digunakan sebagai lapis antara dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Ketentuan Sifat-Sifat AC-BC Lapis Antara

Sifat-Sifat campuran		Nilai
Jumlah tumbukan per bidang		75
Ratio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6
	Maks	1,2
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0
	Maks	5,0
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	14
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
Pelelehan/ <i>Flow</i> (mm)	Min	2
	Maks	4
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman 24 jam, suhu 60°	Min	90

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (2020)

2.2 Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal umumnya dikenal sebagai *hotmix*, adalah bahan perkerasan jalan lentur yang terdiri dari campuran agregat (kasar, halus, dan pengisi) yang diikat bersama oleh semen aspal.

2.2.1 Aspal

Aspal adalah suatu bahan bentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan

meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian aspal minyak bumi. Atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi.

Bitumen adalah suatu campuran dari senyawa hidrokarbon yang berasal dari alam atau dari suatu pemanasan atau berasal dari kedua proses tersebut yang dapat berbentuk gas, cairan, setengah padat atau padat, dan campuran tersebut dapat larut dalam karbondisulfida.

Aspal yang dipakai dalam konstruksi jalan mempunyai sifat fisis yang penting antara lain : ketahanan terhadap pelapukan oleh karena cuaca, derajat pengerasan, dan ketahanan pengaruh air.

Berdasarkan tempat diperolehnya jenis aspal dibedakan atas :

a. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh dari gunung-gunung seperti aspal di pulau Buton dan ada juga yang diperoleh dari pulau Trinidad berupa aspal danau yang merupakan aspal alam terbesar di dunia. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton yang dikenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton). Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal yang terjadi karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi .

b. Aspal Buatan/Aspal Minyak Aspal

Buatan/Aspal minyak adalah aspal berbentuk padat atau semi padat yang diperoleh dari penirisan. Setiap minyak bumi bisa menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang memiliki banyak kandungan aspal, parafin base crude oil yang mengandung banyak parafin atau mixed base crude oil juga memiliki kandungan campuran aspal parafin. Jenis aspal minyak inilah yang umum digunakan dengan kandungan parafin yang rendah.

Adapun jenis-jenis aspal minyak adalah sebagai berikut :

1. Aspal Keras/Panas (*Asphaltic Cement*, AC) Adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas serta penyimpanannya dalam bentuk padat pada temperatur ruang antara 25°C - 30°C., AC (*Asphaltic Cement*) dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau

volume lalu lintasnya tinggi, sedangkan AC (*Asphaltic Cement*) dengan penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau untuk volume lalu lintasnya rendah. Di Indonesia semen aspal (AC) biasanya dibedakan atas nilai penetrasinya sebagai berikut :

- a. AC Pen 40/50 , yaitu AC dengan penetrasi antara 40 – 50
- b. AC Pen 60/70 , yaitu AC dengan penetrasi antara 60 – 70
- c. AC Pen 85/100 , yaitu AC dengan penetrasi antara 85 – 100
- d. AC Pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120–150
- e. AC Pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200–300

Pada umumnya di Indonesia memakai semen aspal (AC) dengan penetrasi 60/70 dan 80/70.

2. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*) adalah aspal digunakan dalam keadaan cair pada suhu ruangan mencampurkan aspal keras/panas (AC) dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi yang berbentuk cair dalam temperatur ruang seperti minyak tanah, bensin atau solar . Menurut tipe aspal cutback maka dapat diklarifikasikan menjadi :
 - a. RC (*Rapid Curing Cut Back*) Aspal cutback tipe perawatan cepat, dibuat dengan melarutkan aspal – dasar dengan naptha atau semacam bensin (gasoline). Aspal cutback perawatan cepat (RC) mempunyai aspal-dasar keras dengan pelarut yang akan menguap pada suhu rendah, dengan menghasilkan material perawatan cepat.
 - b. MC (*Medium Curing Cut Back*) Aspal cutback tipe perawatan sedang, dibuat dengan mencairkan aspal-dasar dengan melarutkan semacam minyak tanah (kerosene). Aspal cutback (MC) mempunyai aspal-dasar lebih lunak dan kurang mudah menguap, dan akan menghasilkan perawatan dengan kecepatan lebih rendah.
 - c. SC (*Slow Curing Cut back*) Aspal cutback tipe perawatan sedang, dibuat dengan mencairkan aspal-dasar dengan pelarutnya mendekati seperti minyak bahan bakar berat (*Heavy Fuel Oil*).
1. Aspal Emulsi (*Emulsion Asphalt*) Adalah aspal yang lebih cair dari aspal cair

yaitu campuran aspal, air dan bahan pengemulsi. Memiliki sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi lebih mempunyai daya tarik terhadap batuan yang lebih baik dibanding aspal cair. Digunakan dalam keadaan dingin dan panas digunakan campuran dingin atau penyemprotan dingin.

Aspal Keras/Panas (*Asphalt Cement*, AC) dengan penetrasi rendah digunakan didaerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Pada penelitian ini akan digunakan aspal cement Penetrasi 60/70. Selain itu aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel berikut :

Tabel 2. 2 Ketentuan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan	Metode Uji
1.	Penetrasi pada 25°C (100g, 5 detik)	0,1 mm	60 – 70	SNI 2456:2011
2.	Titik lembek (Softening Point)	°C	≥ 48	SNI 2434:2011
3.	Daktilitas pada 25°C	Cm	≥ 100	SNI 2432:2011
4.	Viskositas kinematis pada 135°C	cSt	≥ 300	ASTM D2170-10
5.	Titik nyala (flash Point)	°C	≥ 232	ASTM D92
6.	Kehilangan pemanasan (Loss On Heating)	% massa	$\leq 0,8$	ASTM D6
7.	Sisa penetrasi setelah pemanasan	% dari asli	≥ 54	ASTM D5
8.	Kelarutan dalam CS ₂ atau TCE	% massa	$\geq 99,0$	ASTM D2042

Sumber: *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2*, Pasal

6.3.2.6

2.2.2 Agregat

Agregat adalah partikel-partikel butiran mineral yang digunakan dengan kombinasi berbagai jenis bahan perekat membentuk massa beton atau sebagai bahan dasar jalan. Sifat-sifat agregat galian yang dihasilkan tergantung dari jenis batuan asal.

Ada 2 jenis batuan asal yaitu :

- a. Batuan berbutir halus, seperti batuan beku yang terbentuk dengan pendinginan lebih cepat dan berlapis.
- b. Batuan sedimen, terbentuk dari pemadatan deposit mineral sedimen dan secara kimia dan dasar laut. Beberapa jenis batuan sedimen dengan komposisi yang terkandung : batu kapur (*calcium carbonate*), dolomite (*calcium carbonate and magnesium carbonate*) serpihan tanah liat (*clay*), sandstone (*Quartz*) gypsum (*calcium sulphate*).

Agregat yang dipergunakan dalam pembuatan aspal beton, secara umum mempunyai persyaratan terhadap sifat-sifatnya antara lain : susunan butir (gradasi) ketahanan terhadap gesekan/kekekalan (*soundness*), kemurnian dan kebersihan (*cleanliness*) gesekan internal dan sifat permukaannya (*surface texture*) sedangkan berdasarkan kelompok agregat akan lebih spesifik sesuai jenisnya apakah agregat kasar, halus atau filler.

ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat atau 75-85% Agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat atau batu atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

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

1. 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.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
3. 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*).

Adapun tabel gradasi agregat untuk campuran aspal ini sangat penting untuk memastikan kualitas bahan dan performa campuran aspal beton sesuai standar yang berlaku. Berikut adalah tabel gradasi agregat untuk campuran aspal menurut Direktorat Jenderal Bina Marga 2018

Tabel 2. 3 Gradasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran				
		Lataston (AC				
ASTM	(mm)	WC	BASE	WC	BC	BASE
1½	37,5					100
¾	19	100	100	100	90-100	76-90
½	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
½	12,5	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8	9,5	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18			21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300			9-22	7-20	6-15

No100	0,150			6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal di bagi atas dua fraksi, yaitu:

1. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Agregat yang digunakan dalam lapisan perkerasan jalan ini adalah agregat yang memiliki diameter agregat antara 2,36 mm sampai 19 mm.

Adapun Sifat fisik dan persyaratan agregat kasar yang pertama yaitu agregat kasar memiliki muka bidang pecah yang memenuhi persyaratan, misalnya 90% agregat kasar memiliki muka bidang pecah dua atau lebih. Kedua bebas dari bahan organik, lumpur, dan bahan yang tidak diinginkan. Ketiga kadar lumpur maksimumn biasanya 1%. Keempat berat jenis dan berat isi agregat harus memenuhi standar yang di tentukan. Yang terakhir agregat yang pecah akibat siklus basah-kering tidak boleh digunakan. Berikut tabel agregat kasar menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang mengatur karakteristik dan gradasi agregat kasar untuk Campuran aspal dan konstruksi jalan

Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Kasar

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos (Agregat Kasar)
37,5	100
25,0	90-100
19,0	60-90
12,0	40-70

9,5	25-55
4,75 (No.4)	0-10

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan no.200 (0,075 mm). Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah :

- Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
- Agregat halus pada ayakan no 8 sampai ayakan no 30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- Agregat halus pada ayakan no 30 sampai ayakan no 200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
- Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting untuk memperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan. (Darta Suhendra, 2013).

Berikut ketentuan agregat halus menurut Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu:

- Agregat halus terdiri dari pasir alami atau hasil pengayakan batu pecah yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).
- Harus bersih, keras, awet, bebas dari tepung, bahan organik, dan bahan yang tidak diinginkan.
- Agregat halus dan agregat kasar harus disimpan dan dipasok secara terpisah agar gradasi dan proporsi pasir dapat dikendalikan dengan baik.
- Pasir alam dapat digunakan maksimum sampai 15% dari berat total campuran aspal.

- e. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi syarat, bahan baku harus dicuci atau diproses dengan scalping screen sebelum digunakan.
- f. Agregat halus harus memenuhi ketentuan gradasi dan sifat fisik seperti kadar rongga, kadar lumpur, dan kekerasan sesuai tabel spesifikasi.

Agregat halus diproses sedekian rupa agar memenuhi standar kekerasan dan kebersihan, agar agregat halus dapat memenuhi syarat maka adapun tabel agregat halus menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 yang mengatur karakteristik dan gradasi agregat halus untuk campuran aspal:

Tabel 2. 5 Gradasi Agregat Halus

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos (agregat Halus)
4,75 (No.4)	100
2,36 (No.8)	90-100
1,18 (No.16)	65-95
0,60 (No.30)	35-70
0,30 (No.50)	10-40
0,15 (No.100)	0-15

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2

3. *Filler*

(Hardiyatmo, 2015) *filler* adalah material yang lolos saringan no. 200 (diameter 0,075 mm). Bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi ini memiliki fungsi:

- a. Sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, sehingga rongga udara menjadi lebih kecil dan menghasilkan tahanan gesek serta penguncian antar butiran yang tinggi, dengan demikian akan meningkatkan stabilitas campuran.
- b. Jika ditambahkan kedalam aspal, bahan pengisi akan menjadi suspensi, sehingga terbentuk mastik yang bersama-sama dengan aspal mengikat partikel agregat.

Penambahan bahan pada *filler*, menjadikan aspal memiliki kekentalan lebih dan bertambahnya kekuatan pada campuran agregat aspal. Pada campuran beton aspal

memiliki kadar *filler* yang akan berpengaruh pada proses pencampuran, penghamparan, dan pemadatan. Selain itu, *filler* mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitasnya terhadap air. Menurut SNI 03-1737-1989, bahan pengisi harus kering dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan apabila dilakukan pemeriksaan analisa saringan secara basah.

Tabel 2. 6 Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Presentase Berat yang Lolos
No. 30 (0,590 mm)	100
No. 50 (0,279 mm)	95-100
No. 100 (0,149 mm)	90-100
No. 200 (0,074 mm)	65-100

Sumber: SNI 03-1737-1989 Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton Untuk Jalan Raya

2.2.3 Bentuk Agregat

Berdasarkan bentuk partikelnya atau butir ada berbagai macam bentuk agregat, ada yang berbentuk lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecah. Salah satu agregat yang sering dilihat salah satunya yaitu agregat dari sungai, umumnya agregat tersebut telah mengalami erosi sehingga berbentuk bulat sangat sempit, biasanya hanya berupa titik singgung, sehingga menghasilkan pengucian antara agregat yang tidak baik, menghasilkan kepadatan yang kurang baik sehingga harus di teliti lebih lanjut.

Bersarkan bentuk fisiknya agregat dibagi menjadi beberapa kategori utama yaitu:

a. Agregat Bulat (*Rounded*)

Agregat bulat memiliki bentuk bulat atau hampir bulat. Agregat ini terbentuk secara alami dari erosi sungai atau abrasi alami dan gesekan antara agregat kasar yang lain. Agregat bulat cenderung memberikan kestabilan yang baik pada campuran aspal dan dapat membantu dalam meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap tekanan dan gesekan.

b. Agregat Angular

Agregat angular memiliki bentuk tajam atau bersegi. Biasanya, agregat ini dihasilkan dari proses penghancuran batuan besar menjadi fragmen yang lebih kecil. Agregat angular cenderung memberikan kekuatan geser yang lebih baik dalam campuran aspal dan dapat meningkatkan interlocking antartikel, meningkatkan stabilitas perkerasan.

c. Agregat Campuran

Agregat campuran terdiri dari campuran agregat bulat dan angular. Campuran ini sering digunakan untuk mencapai keseimbangan antara kekuatan dan stabilitas agregat dalam campuran aspal atau beton.

d. Agregat Pecah atau *Chushed*

Agregat pecah adalah agregat besar yang di proses secara mekanis untuk memecah batuan besar menjadi ukuran yang lebih kecil. Agregat ini memiliki tepi tajam dan kasar, yang dapat meningkatkan ikatan antara partikel-partikel dalam campuran aspal atau beton.

e. Agregat *Flak* atau *Flaky*

Agregat flaki memiliki bentuk serpihan tipis, pipi, atau melebar. Agregat ini seringkali kurang diinginkan dalam campuran aspal karena cenderung kurang stabil dan dapat menyebabkan kelemahan dalam struktur perkerasan.

f. Agregat Butiran atau Granular

Agregat butiran memiliki bentuk butiran kecil yang seragam. Agregat ini memberikan stabilitas yang baik pada campuran aspal dan membantu menciptakan permukaan yang halus dan merata pada perkerasan jalan.

Pemilihan bentuk agregat yang tepat tergantung pada karakteristik spesifik dari campuran aspal atau beton yang digunakan, serta persyaratan desain dan kondisi lingkungan dari proyek perkerasan jalan tersebut.

2.2.4 Suhu Variasi Pencampuran Aspal

Suhu variasi sangat berpengaruh dalam pemanasan Aspal dikarenakan material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur kepekaan terhadap temperatur dari setiap jenis aspal berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh komposisi

kimia aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145°-155°C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama hotmix. Temperatur pencampuran memiliki peranan dalam proses pelaburan aspal terhadap agregat, sedangkan temperatur pemadatan memiliki peranan dalam tingkat kepadatan campuran beraspal panas. Semakin baik proses pencampuran dan pemadatan, maka kinerja campuran beraspal akan semakin baik. Variasi suhu/temperatur pencampuran dan pemadatan yang digunakan yaitu 160/146°C, 170/156°C, 180/166°C, 190/176°C, dan 200/186°C. Untuk mencari kadar aspal optimum, dibuat benda uji dengan kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0% dari berat benda uji. Hasil pengujian Marshall kondisi KAO hanya variasi suhu pencampuran 170°C dan suhu pemadatan 156°C yang memenuhi semua kriteria campuran yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Variasi suhu pencampuran 170°C dan suhu pemadatan 156°C adalah variasi suhu yang sesuai dengan hasil uji viskositas, (Joko Susilo, 2013).

Pengujian untuk campuran aspal panas (Hot mix) dengan Asphalt Marshall, bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal. Ketahanan stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis (dalam Kg), yaitu keadaan dimana terjadi perubahan bentuk campuran aspal akibat beban sampai batas runtuh. Rancangan campuran bertujuan untuk mendapatkan resep campuran aspal beton dari material yang terdapat di lokasi sehingga dihasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. Saat ini, metode rancangan, campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris, dengan menggunakan alat Marshall.

Tujuan dari perencanaan campuran adalah untuk mendapatkan campuran agregat dan aspal yang optimal sehingga dihasilkan perkerasan dengan kualitas yang optimal. Adapun perencanaan campuran meliputi gradasi agregat (dengan

memperhatikan mutu agregat). Kadar aspal cukup memberikan kelenturan. Stabilitas cukup memberikan kemampuan memikul beban sehingga tak terjadi deformasi yang merusak. Kadar rongga yang cukup memberikan kesempatan untuk pemadatan tambahan akibat beban berulang dan flow dari aspal. Dapat memberikan kemudahan kerja sehingga tak terjadi segregasi. Dapat menghasilkan campuran yang akhirnya menghasilkan lapis perkerasan yang sesuai dengan persyaratan dalam pemilihan lapis perkerasan pada tahap perencanaan.

Tahap-tahap dalam prosedur pembuatan campuran adalah sebagai berikut :

1. Memilih jenis agregat yang akan dipakai di dalam campuran
2. Memilih gradasi agregat yang akan dipakai
3. Menentukan perbandingan dari tiap-tiap agregat sehingga mendapatkan campuran yang diinginkan.
4. Pengujian Marshall, untuk menentukan kadar aspal optimum dalam analisis stabilitas, kelelahan, kepadatan, rongga dalam agregat, rongga terisi aspal dan rongga dalam campuran.

3.3 Pengujian *Marshall*

Pengujian marshall adalah metode standar untuk mengevaluasi ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal panas.

2.3.1 Pemeriksaan Marshall Konvensional

Pemeriksaan mengikuti prosedur SNI-06-2489-1991. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000pound. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, di samping itu terdapat arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*).

Pengujian *Marshall* (*Marshall Test*) adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui nilai ketahanan (*stabilitas*) dan kelelahan Plastis (*flow*) campuran beraspal. Ketahanan adalah kemampuan menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis, dinyatakan dalam satuan kilogram atau *pound*. Dengan kata lain stabilitas *Marshall* dimaksudkan sebagai beban maksimum yang dapat diterima oleh

campuran sebelum runtuh. Sedangkan kelelehan plastis adalah perubahan bentuk campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban hingga batas runtuh, yang dinyatakan dalam. Sebelum pengujian *Marshall* terlebih dahulu dilakukan proses perendaman benda uji. Proses perendaman benda uji dilakukan pada suhu 60° C selama 30-45 menit dan 24 jam dan melakukan pengujian *Marshall* untuk mengetahui sifat mekanik benda uji yaitu stabilitas dan *flow*. Dari proses pemeriksaan dengan alat *Marshall* untuk campuran aspal beton, diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Berat volume, dinyatakan dalam ton/m³.
2. Stabilitas, dinyatakan dalam kg. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (ruting).
3. Kelelehan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0,01". Flow merupakan indikator terhadap lentur.
4. Kadar aspal optimum, dinyatakan dalam %.

2.3.2 Pemeriksaan Marshall Immersion

Maksud dari pemeriksaan ini adalah untuk membandingkan nilai stabilitas antara campuran yang dipanaskan selama 30 menit dengan nilai stabilitas campuran aspal beton yang direndam selama 24 jam dengan suhu 60°C. Nilai perbandingan harus memenuhi standar yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu lebih besar dari 90%. 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 yang direndam pada suhu 60°C selama 24 jam.

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

2.3.3 Standar Rujukan / Acuan

Pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan halus.

Analisa Saringan

Pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus mengacu pada metode atau standar ASTM C 136 2012.

Adapun rumus perhitungan analisa saringan adalah sebagai berikut.

1. Persentase Berat Tertahan (X)

$$X (\%) = 100\% - \text{Kumulatif}(\%) \dots\dots\dots (1)$$

2. Persentase Berat Lolos (Y)

$$Y (\%) = \sum \frac{W_{10}(\text{gram})}{W_{11}(\text{gram})} \dots\dots\dots (2)$$

Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

- 1) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar mengacu pada standar rujukan SNI 1969-2008.
- 2) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat Halus mengacu pada standar rujukan SNI 1970-2008. Dihitung menggunakan rumus:

- 1) Berat jenis *bulk* (atas dasar kering oven)

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{W_7}{W_8 - W_9} \dots\dots\dots (3)$$

- 2) Berat jenis *bulk* (atas dasar kering permukaan)

$$\text{Berat jenis } bulk = \frac{W_8}{W_8 - W_9} \dots\dots\dots (4)$$

- 3) Berat jenis semu

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{W_7}{W_8 - W_9} \dots\dots\dots (5)$$

- 4) Penyerapan air

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_8 - W_9}{W_9} \dots\dots\dots (6)$$

Pemeriksaan Kadar Lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur dan SE (*Sand Equivalent*) mengacu pada rujukan SNI 03-4428-1997.

Dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Nilai *Sand Equivalent Test* (SE)

$$SE = \frac{Sp}{Sl} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

2. Kadar lumpur

$$\text{Kadar lumpur} = 100\% - SE \dots\dots\dots (8)$$

Pengujian Keausan (*Abrasion*)

Pengujian Keausan (*Abration*) ini mengacu pada standar rujukan SNI 2417-2008.

Dihitung dengan rumus:

$$\text{Keausan} = \frac{W_{12} - W_{13}}{W_{12}} \dots\dots\dots (9)$$

Pemeriksaan Indeks Kepipihan dan Kelonjongan

Pemeriksaan indeks kepipihan dan kelonjongan mengacu pada standar rujukan ASTM D – 4791-10.

Dihitung dengan rumus:

1. Indeks Kepipihan

$$\text{Indeks Kepipihan (\%)} = \frac{M_{3F}}{M_{2F}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

2. Indeks Kelonjongan

$$\text{Indeks Kelonjongan (\%)} = \frac{M_{3E}}{M_{2E}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Untuk mengetahui kadar aspal perkiraan campuran AC-BC

Dengan menggunakan rumus:

$$P_b = 0,035(CA) + 0,045(FA) + 0,18(FF) + K$$

Dimana:

P_b = kadar aspal perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan no.4

FA = agregat halus lolos saringan no.4 tertahan saringan no.200

FF = agregat halus lolos saringan no.200 (*Filler*)

K = nilai konstanta, untuk AC 0,5 sampai 1,0

2.4 Peneliti Terdahulu

Adapun beberapa penelitian terhadap penggunaan material local antara lain:

- **studi penggunaan agregat Sungai Bittuang sebagai campuran AC-WC.** Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komposisi campuran AC-WC dan mengetahui karakteristik marshall. Indeks perendaman sisa pada campuran AC-WC. Metodologi dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian karakteristik berupa agregat kasar, agregat halus, filter dan aspal lalu merancang komposisi campuran kemudian membuat benda uji berupa campuran AC- WC serta pengujian marshall konvensional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik agregat yang memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dalam standar Bina Muda 2018. Berdasarkan hasil rancangan komposisi pada campuran AC-WC yang menggunakan agregat sungai Bittuang, adalah dengan agregat kasar 36,90%, agregat halus 50,30%, filler 5,80%, dengan kadar aspal optimum 7,00%. Hasil pengujian karakteristik campuran AC-WC melalui pengujian pada marshall konvensional diperoleh karakteristik campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi yaitu stabilitas, flow, VIM, dan VFB, sedangkan untuk VMA tidak memenuhi syarat spesifikasi pada kadar aspal 5.00%. sementara Hasil uji *Marshall immersion* (indeks kekuatan sisa) pada campuran Laston AC-WC yang menggunakan agregat sungai Bittuang Kecamatan Bittuang Kabupaten Tana Toraja memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018, yaitu 95,03% > 90% (wedani et al. 2020).
- **Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Sungai Sadang Kelurahan Batupapan Kecamatan Makale.** Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran AC-BC dimana material yang digunakan berasal dari batu sungai Sadang Kelurahan Batupapan Makale yang melalui proses pengujian laboratorium. Di dalam laboratorium, pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian karakteristik agregat dimana dalam pengujian ini, dapat dibagi menjadi 3 pengujian yaitu pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus dan filter. Setelah

pengujian karakteristik agregat dilakukan maka pengujian selanjutnya adalah pengujian karakteristik aspal. Kemudian dilakukan perancangan komposisi campuran sedemikian rupa untuk mendapatkan total campuran yang akan dibuatkan benda uji yang diproses melalui pengujian marshall konvensional yang bertujuan untuk membuat benda uji KAO. Benda uji KAO yang telah di uji akan dikerjakan untuk mendapatkan stabilitas marshall sisa. Dari hasil pengujian marshall didapatkan nilai untuk karakteristik aspal 5% sampai 7% yang telah lolos uji berdasarkan standar yang telah ditetapkan yaitu standar Bina Marga. Jadi penggunaan agregat yang berasal dari sungai Sadang bisa di gunakan untuk pengujian campuran beraspal. Hasil dari stabilitas marshall sisa (SMS) sebesar 97,78% diperoleh dari pengujian *Marshall immersion* beserta kadar aspal optimum untuk AC-BC yang digunakan adalah 6%. Kesimpulan dari hasil penelitian adalah penggunaan agregat dari sungai Sadang Kelurahan Batupapan Kecamatan Makale, Tana Toraja memenuhi spesifikasi umum, spesifikasi Bina Marga tahun 2018 menjadi bahan yang dapat digunakan dalam perkerasan jalan.

- **Penggunaan agregat Sungai Batu Tiakka' pada campuran AC- BC.** Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik penggunaan agregat Sungai Batu Tiakka' dalam campuran AC-BC. metode dalam penelitian ini adalah melakukan serangkaian pengujian karakteristik agregat kasar, halus, dan filter kemudian merancang komposisi campuran AC-BC serta pengujian *Marshall* untuk mendapatkan karakteristik campuran dan pengujian *Marshall immersion* untuk memperoleh indeks kekuatan sisa (IKS) dengan menggunakan kadar aspal optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan jalan berupa agregat sungai Batu Tiakka Kecamatan Saluputti memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 sebagai bahan lapisan perkerasan jalan. Melalui uji *Marshall* diperoleh karakteristik campuran AC-BC dengan kadar aspal 5,00%, 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%. Hasil pengujian *Marshall immersion* campuran AC-BC dengan kadar aspal optimum 7,00% diperoleh indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 93,47% yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yaitu

90%. Dimana hasil penelitian ini dapat kesimpulan bahwa agregat sungai Batu Tiakka Kecamatan Saluputti dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dalam campuran AC-BC karena memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

Penelitian-penelitian di atas memberikan wawasan tentang pemanfaatan agregat lokal dari berbagai daerah di Indonesia dalam campuran AC-BC dan pengaruhnya terhadap karakteristik perkerasan jalan.