

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Konstruksi Perkerasan Jalan

Tanah saja tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini disebut dengan lapis keras/perkerasan/*pavement*. Berdasarkan bahan pengikatnya, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, antara lain perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*fleksible pavement*).

Konstruksi perkerasan jalan adalah suatu lapisan agregat yang dipadatkan dengan atau tanpa lapisan pengikat diatas lapisan tanah dasar pada suatu jalan. Apabila perencanaan perkerasan direncanakan menggunakan lapisan pengikat, maka lapisan pengikat yang umum digunakan adalah lapisan semen atau aspal. Dengan diterapkannya konstruksi perkerasan jalan, maka badan jalan akan terlindung dari kerusakan terutama yang disebabkan oleh beban lalu lintas dan air yang mana konstruksi perkerasan jalan akan memperkuat daya dukung tanah dasar yang lemah akibat air. Selain itu beberapa lapisan-lapisan pada konstruksi perkerasan jalan ini juga akan membantu lapisan tanah dasar sehingga beban yang diterima lapisan tanah dasar tidak terlalu besar.

Perkerasan jalan adalah komposisi campuran antara bahan pengikat dan agregat yang digunakan untuk memikul beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat.

Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah-dasar (*subgrade*) yang lebih luas dibandingkan luas roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menompang beban lalu-lintas permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekasatan atau tahan gelincir dipermukaan perkerasan (Mansari, 2019).

Berdasarkan bahan pengikatnya maka konstruksi perkerasan dibagi menjadi dua yaitu:

1. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku atau rigid pavement merupakan perkerasan yang terdiri atas plat (*slab*) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah (bisa juga tidak ada) di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut lapis pondasi karena masih adanya lapisan aspal beton pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

2. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

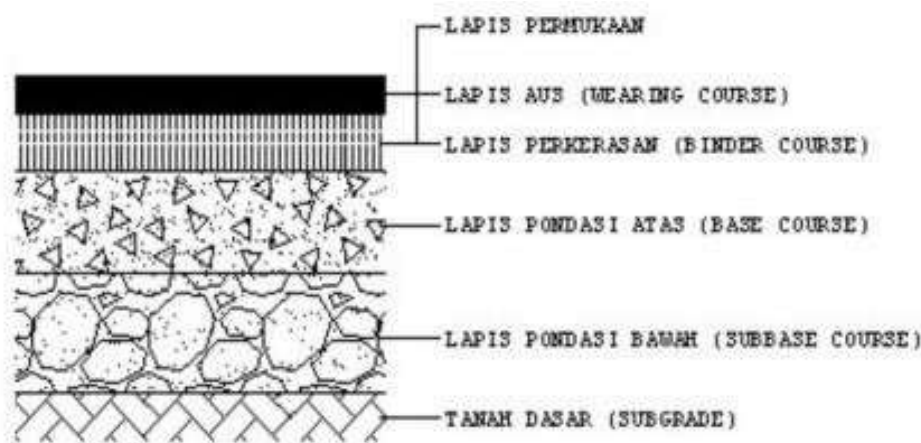
Perkerasan lentur atau *flexible pavement* merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Bahan perkerasan lentur terdiri atas, bahan ikat (aspal, agregat halus) dan agregat kasar. Konstruksi Perkerasan Komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit adalah jenis perkerasan kombinasi yang menggabungkan antara konstruksi perkerasan kaku dan konstruksi perkerasan lentur. Pada umumnya, perkerasan lentur diletakkan diatas perkerasan kaku tetapi dalam kombinasi tersebut bisa dilakukan hal sebaliknya.

Fungsi utama dari konstruksi perkerasan jalan adalah untuk menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah agar beban yang dipikul terjadi pada tanah dasar dan tidak mengalami kerusakan yang berlebihan dalam masa yang ditentukan.

Dalam hal ini, struktur perkerasan lentur pada umumnya terdiri atas tiga lapis atau lebih, yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, dan tanah dasar (*subgrade*). Lapisan tanah dasar (*subgrade*) merupakan bagian terbawah dari perkerasan jalan. Apabila kondisi tanah pada lokasi pembangunan jalan mempunyai spesifikasi yang direncanakan maka tanah tersebut akan langsung dipadatkan dan digunakan. Pada umumnya, lapisan ini berkisar antara 30 cm. Lapisan ini berfungsi sebagai tempat perletakan jalan. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan yang berada di bawah lapis pondasi atas dan di atas lapisan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi untuk menyebarkan beban dari lapis pondasi bawah ke lapisan tanah dasar. Lapisan ini juga berfungsi untuk

menghemat penggunaan material yang digunakan pada lapisan pondasi atas, karena pada umumnya menggunakan material dengan kualitas di bawahnya. Selain itu, lapisan pondasi bawah juga berfungsi untuk mencegah partikel halus masuk ke dalam material perkerasan jalan dan melindungi air agar tidak masuk ke lapisan di bawahnya. Lapisan pondasi atas (*base course*) terletak dibawah lapisan permukaan. Lapisan ini berfungsi untuk menahan gaya lintang akibat beban roda dan meneruskan beban ke lapisan di bawahnya, sebagai bantalan untuk lapisan permukaan dan lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah. Material yang digunakan untuk lapisan ini diharuskan material dengan kualitas yang tinggi sehingga kuat menahan beban yang direncanakan. Lapisan permukaan (*surface course*) merupakan lapisan yang berada paling atas pada suatu jalan raya. Lapisan pada jalan arteri pada umumnya, terdiri dari tiga lapisan yaitu *Asphalt concrete Base (AC-Base)*, *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*, dan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.



Gambar 2 1. Lapis Perkerasan.

(Sumber: Arrum,2019)

2.2. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton (Laston) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan bitumen bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Menurut Diansari (2016), Lapisan Aspal Beton (Laston) adalah suatu lapisan pada struktur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi dicampuran, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Tebal nominal minimum Laston (AC) adalah 4 – 7,5 cm (Direktorat Bina Marga, 2018).

Lapis Aspal Beton adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama Asphalt Concrete (AC). Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Menurut Manual Campuran Beraspal Panas, campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% –95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% -85% agregat berdasarkan persentase volume (Dwipayana, 2018). Sesuai fungsinya dan menurut spesifikasi campuran beraspal Direktorat Bina Marga (2018), laston dibagi menjadi:

1. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC – *Base* (*Asphalt Concrete – Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 7,5 cm. dengan diameter butir maksimal 37,5 mm bertekstur kasar.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm. dengan diameter butir maksimal 25,4 mm bertekstur sedang.
3. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC – WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm. dengan diameter butir maksimal 19,0 mm bertekstur halus.

Adanya lapisan padat dan awet pada beberapa lapisan beraspal dikarenakan aspal tersebut memiliki susunan agregat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan bahan ikat aspal yang telah dicampur di pusat instalasi pencampuran, serta dihampar dan dipadatkan diatas pondasi atau permukaan jalan yang telah disiapkan, oleh karena itu semua jenis pencampuran itu harus sesuai spesifikasi yang ada. Penentuan karakteristik campuran beraspal panas di Indonesia seperti campuran beraspal jenis AC – WC (*Wearing Course*) adalah ketentuan yang telah dibuat oleh departemen permukiman dan prasarana wilayah Bersama dengan Bina Marga, hal itu menjadi acuan dalam penelitian ini. Kriteria tersebut tercantum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2 1. Tebal Minimum Campuran Beraspal

Jenis Campuran Aspal		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Stone Matrix Asphalt</i> Tipis		SMA Tipis	3,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Halus		SMA-Halus	4,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Kasar		SMA-Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC-Base	7,5

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

Ada beberapa sifat-sifat laston yang perlu diketahui adalah kedap terhadap air, tahanan terhadap keausan akibat lalu lintas, mempunyai nilai struktural, mempunyai stabilitas yang tinggi, dan peka terhadap penyimpangan perencanaan pelaksanaan.

Tabel 2 2. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston

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

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

Dalam penelitian ini, peneliti meninjau jenis lapis aspal beton campuran panas yaitu AC-WC yang dimana jenis perkerasan ini adalah perkerasan yang terletak dipermukaan paling atas yang bersentuhan langsung dengan beban kendaraan. Pada lapisan ini harus memiliki sifat yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan karena harus menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Oleh karena itu lapis permukaan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan membuat kerusakan struktur perkerasan.
2. Lapis perkerasan menahan beban roda, harus mempunyai nilai keseimbangan yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan jalan tersebut.
3. Lapisan aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul merata oleh lapisan lainnya yang ada dibawah.

2.3. Material Penyusun Campuran Perkerasan

Jenis perkerasan lapisan aspal beton ini merupakan bahan yang dicampur dengan rata/perbandingan yang sama antara agregat yang digunakan dan bahan pengikat yaitu aspal pada suhu tertentu. Adanya lapisan padat pada beberapa lapisan perkerasan aspal memiliki susunan agregat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan bahan pengikat yaitu aspal.

Dan semua material tersebut harus sesuai dengan spesifikasi yang ada. Berikut adalah uraian dari beberapa material penyusun perkerasan aspal:

2.3.1. Agregat

Agregat biasanya disebut batuan didefinisi secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. Agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi material lainnya baik yang merupakan hasil alam atau hasil pengolahan (penyaringan atau pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi lapis perkerasan jalan dalam mendukung kekuatan. Agregat berpengaruh terhadap kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas dan daya tahan cuaca.

Agregat adalah suatu kombinasi dari pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran beton aspal. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) mengacu pada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat didalam campuran aspal biasanya 90% sampai 95% dari berat atau 75% sampai 85% dari volume. Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat yang terjadi secara alami adalah pasir, kerikil, dan batu. Agregat ini mempunyai peranan penting pada konstruksi perkerasan jalan. Kualitas aspal yang baik ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan. Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi menjadi 2 (dua) fraksi yaitu:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar terdiri dari dominan batu pecah. Fraksi agregat kasar adalah material yang tertahan di ayakan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari batu pecah yang harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki. Agregat kasar ini harus memiliki permukaan yang kasar dan

tidak berbentuk bulat sempurna agar dapat memberikan sifat mengunci material yang lain dengan baik. Dengan tingginya kandungan agregat kasar membuat lapis perkerasan tersebut memiliki banyak pori sehingga benda cair yang diterimanya dapat meresap melalui pori tersebut. Hal ini menyebabkan banyak rongga udara dan membuat tingkat daya lekat pada aspal menurun dan yang terjadi adalah pengelupasan aspal dari batuan. Untuk itu diperlukan agregat kasar yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan Direktorat Bina Marga 2018:

Tabel 2 3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12%
		magnesium sulfat		Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los	campuran AC	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.6%
	Modifikasi dan SMA	500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran	100 putaran		Maks.8%
Angeles	beraspal bergradasi	500 putaran		Maks.40%
	lainnya			
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min.95%
Butir pecah pada agregat kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90
		Lainnya		95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10	Maks.5%
		Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks.10%
Material lolos ayakan no.200			SNI ASTM C117:2012	Maks.1%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2. Agregat Halus

Agregat halus adalah butiran yang lolos ayakan No. 4 (4,75) dan tertahan di ayakan No. 200 (0,075 mm) yang terdiri dari partikel pasir alami atau batu pecah yang sangat halus dan partikel halus lainnya yang memenuhi persyaratan. Agregat halus harus merupakan bahan bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Pasir alam yang dapat digunakan dalam campuran (AC-WC) sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus ini dapat meningkatkan keseimbangan campuran dengan mengunci antar butirannya.

Fungsi agregat halus ini juga mengisi rongga/pori antara butir-butirnya. Keseimbangan proporsi penggunaan agregat halus ini juga penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan Untuk meningkatkan kualitas jalan, maka agregat halus ini pun harus memenuhi syarat yang telah ditentukan.

Tabel 2 4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara 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 03-4141-1996	Maks.1%
Agregat Lolos Ayakan No.200		
	SNI ASTM C 117:2012	Maks.10%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan bahan yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) tidak kurang terhadap beratnya (Direktorat Bina Marga, 2018). Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Bila agregat kasar dan halus yang digunakan masih belum mencapai spesifikasi yang ditentukan maka campuran perkerasan laston perlu penambahan *filler*. *Filler* dapat terdiri dari debu batu kapur, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau mineral tidak plastis lainnya. Presentasi bahan pengisi yang kecil pada campuran bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat-sifat *Marshall* yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas (Hadi, 2011). Karena *filler* ini berfungsi untuk mengisi ruang antara agregat halus dan agregat kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan perkerasan tersebut.

2.3.2. Sifat dan Daya Tahan Agregat

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan. Dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya (Arrum, 2019). Ada beberapa sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan yaitu:

1. Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan, bentuk butir dan tekstur permukaan.
2. Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman dipengaruhi oleh ketahanan geer dan campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan.

Daya tahan agregat merupakan suatu ketahanan agregat untuk tidak mengalami kehancuran yang disebabkan oleh pengaruh kimia dan mekanis. Degradasi merupakan proses hancurnya material menjadi partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan ketika mendapatkan beban lalu lintas.

Disintegrasi merupakan kehancuran dari suatu agregat yang menjadi partikel lebih kecil yang disebabkan oleh pengaruh kimiawi misalnya kelembapan, suhu tinggi atau perubahan temperature. Maka dari itu agregat yang digunakan untuk melapisi konstruksi perkerasan ini harus memiliki ketahanan terhadap degradasi yang timbul akibat beban lalu lintas dan ketahanan terhadap disintegrasi yang terjadi selama masa layanan jalan tersebut.

Ketahanan agregat ini dapat diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi Los Angeles berdasarkan SNI 2417-2008.

2.3.3. Gradasi Agregat

Gradasi adalah seluruh perkerasan yang memiliki partikel harus disyaratkan masuk dalam beberapa ukuran tertentu dan harus memiliki proporsi tertentu.

Gradasi agregat dinyatakan dalam presentasi agregat yang tertahan dan presentasi agregat yang lolos dan dihitung berdasarkan beratnya. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan sifat yang mudah dikerjakan agar terjadi keseimbangan dalam campuran tersebut. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi kriteria yang telah ditentukan atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana mengukur ukuran partikel dan gradasi agregat yang diukur.

Menurut Teenrisukki (1999), gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaannya. Gradasi agregat diperoleh dari hasil Analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus diletakkan di paling bawah.

Tabel 2 5. Tabel Bukaam Saringan

Ukuran	Bukaan	Ukuran	Bukaan
Saringan	(mm)	Saringan	(mm)
4 inci	100	$\frac{3}{8}$ inci	9,5
$3\frac{1}{2}$ inci	90	No.4	4,75
3 inci	75	No.8	2,36
$2\frac{1}{2}$ inci	63	No.16	1,18
2 inci	50	No.30	0,6
$1\frac{1}{2}$ inci	37,5	No.50	0,3
1 inci	25	No.100	0,15
$\frac{3}{4}$ inci	19	No.200	0,075
$\frac{1}{2}$ inci	12,5		

(Sumber: Wijanarko, 2013)



Gambar 2 2. Set Saringan Agregat.

(Sumber: Sukaratima, 2017)

Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase berat hasil analisa saringan yang lolos pada saringan tertentu. Presentase ini ditentukan dengan cara menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis. Gradasi ini juga kadang disebut dengan gradasi terbuka (*open graded*). Gradasi ini mengandung sedikit agregat halus sehingga masih terdapat banyak rongga kosong/pori antar agregatnya. Campuran perkerasan yang dihasilkan oleh gradasi seragam adalah campuran perkerasan dengan sifat permeabilitas yang tinggi, keseimbangan kurang dan kecilnya berat volume

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat adalah campuran seimbang dengan jumlah agregat kasar dan agregat halus dengan porsi yang sama dan sering disebut agregat dengan gradasi yang baik (*well graded*). Campuran perkerasan yang dihasilkan oleh

gradasi ini memiliki keseimbangan yang tinggi, agak kedap terhadap air dan memiliki berat isi yang besar.

3. Gradasi senjang (*gap graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*) adalah campuran yang tidak memenuhi dua kategori sebelumnya. Dimana ukuran agregat yang ada tidak sempurna atau jumlah fraksi agregat tersebut sedikit. Campuran perkerasan yang dihasilkan oleh gradasi ini memiliki mutu yang terletak diantara kedua jenis gradasi sebelumnya.

Pada campuran aspal beton, gradasi agregat sangat berpengaruh pada kualitas campuran aspal itu sendiri. Ada batasan-batasan tertentu pada gradasi agregat yang kemudian disebut dengan batas atas, batas tengah dan batas bawah. Gradasi agregat gabungan untuk komposisi campuran aspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi. Gradasi yang digunakan pada penelitian ini adalah laston AC-WC. Berikut adalah campuran gradasi agregat berdasarkan Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2):

Tabel 2 6. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2.4. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasal lentur (*flexible pavement*) jalan raya yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesive, kedap air, dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali, dan garam-garam (Hendarsin, 2000).

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous (Direktorat Bina Marga, 2018).

Pada umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan karakteristik aspal yang khusus yang digunakan khusus pula seperti pembuatan campuran beraspal.

Jenis aspal terdiri dari aspal keras, aspal cair, aspal emulsi dan aspal alam yaitu:

1. Aspal keras

Aspal keras yaitu aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastisitas sehingga akan melunak dan mencair bila mendapatkan cukup pemanasan dan sebaliknya

2. Aspal cair

Aspal cair yaitu aspal hasil dari pelarutan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

3. Aspal emulsi

Aspal emulsi yaitu aspal yang dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

4. Aspal alam

Aspal alam yaitu aspal yang secara ilmiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam dikelompokkan dalam 2 kelompok yaitu aspal danau dan aspal batu.

Aspal yang dipergunakan sebagai material perkerasan jalan memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler* dari sebuah campuran perkerasan
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada didalam butir agregat itu sendiri. fungsi utama aspal untuk kedua jenis proses pembentukan perkerasan yaitu proses pencampuran prahampar dan pascahampar itu berbeda. Pada proses prahampar aspal yang dicampur dengan agregat akan membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori antar butir, dan meresap kedalam pori masing-masing butir. Pada proses pascahampar aspal mengisi pori-pori lapisan agregat (Dwipayana, 2018)

Campuran beraspal diatas harus memenuhi kriteria dari spesifikasi yang telah ditentukan sebagai standar pekerjaan jalan agar mendapatkan kualitas jalan yang baik. Penentuan persyaratan aspal yang telah ditetapkan sesuai ketentuan adalah sebagai berikut:

Tabel 2 7. Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I	Tipe II Aspal	
			Aspal	Modifikasi	
			Pen.60-70	Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25 C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60-70	Dilaporkan	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser	SNI 06-6442-2000	-	70	76
	Dinamis ($G^*/\sin\sigma$) pada osilasi 10				
	rad/detik $\geq 1,0$ kPa. (*)				

3	Viskositas Kinematis 135 C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek (C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
5	Daktalitas pada 25 C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6	Titik nyala (C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO 2441:2011	≥ 99	≥ 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9	Stabilitas penyimpanan: perbedaan	ASTM D 5976-00	-	$\leq 2,2$	
	Titik Lembek (C)	SNI 2434:2011			
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFTOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)					
11	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\sigma$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa. (*)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13	Penetrasi pada 25 C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktalitas pada 25 C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100 C dan tekanan 2,1 Mpa					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\sigma$) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 5000 kPa. (*)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

Banyaknya aspal yang terkandung dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Arrum, 2019).

Aspal adalah suatu campuran koloid dimana butir-butir yang merupakan bagian yang padat disebut asphaltene yang berada didalam masa cair yang disebut maltene. Maltene terdiri dari senyawa-senyawa basa nitrogen, acidaffin satu, acidaffin dua dan paraffin. Senyawa basa nitrogen merupakan jenis dammar (resin) yang reaktif sehingga dapat mendispersikan asphaltene. Asphaltene merupakan bahan utama untuk memiliki sifat kekerasan. Damar (resin) membuat adanya sifat liat dan lekat pada aspal. Dan minyak menyebabkan sifat plastis sampai cair sehingga aspal memiliki kelembakan.

Selain sifat-sifat dari campuran bahan yang terdapat didalam aspal tersebut, ada juga sifat fisis aspal yang terutama untuk dipakai dalam konstruksi jalan yaitu:

1. Kepekatan (konsistensi)
Peranan kepekatan ini adalah pertimbangan terhadap sifat kepekatan untuk suhu yang tertentu dan pengaruh terhadap suhu konsisten
2. Ketahanan lama
Ketahanan lama atau ketahanan terhadap pelapukan oleh cuaca. Maka dari itu sifat aspal sebagai perekat harus tetap plastis. Apabila aspal terkena pengaruh cuaca dalam bentuk lapisan yang tipis akan berangsur hilang sifat plastisnya dan akan menjadi getas karena perubahan fisika dan kimia. Faktor lain yang menyebabkan kerusakan jalan yaitu akibat paparan sinar matahari. Sifat aspal yang ada hubungannya dengan ketahanan lama adalah titik lembek, oksidasi dan penguapan, pengaruh suhu, pengaruh luas permukaan, pengaruh sinar matahari, pengaruh susunan kimia dan aspal yang dibuat dengan proses *cracking*.
3. Derajat pengerasan (*rate & curing*)
Bila suatu campuran yang terdiri dari naptha, kerosene dan minyak lumas encer yang ditaburkan pada suatu permukaan maka cairan naptha akan menguap terlebih dahulu dan setelah itu cairan kerosene akan menguap dan yang terakhir adalah minyak minyak lumas. Jadi suatu aspal cair bila berada pada udara terbuka, akan berangsur-angsur akan membentuk kembali aspal padat jenis AC. Derajat pengerasan dipengaruhi oleh penguapan dari bahan pelarut, jumlah pelarut dalam aspal cair, dan angka penetrasi dari aspal dasar yang dicairkan. Sedangkan factor luar yang mempengaruhi kecepatan pengentalan adalah suhu keliling, luas permukaan penguapan atau perbandingan antara luas permukaan dan volumenya dan kecepatan angin yang melalui permukaan.
4. Ketahanan terhadap pengaruh air
Sifat tahan lama aspal tergantung pada kelekatan butir aspal pada saat dalam keadaan basah atau terendam air. Kehilangan daya lekat ini mengakibatkan kerusakan jalan tersebut. Daya lekat akan lebih baik jika menggunakan bahan *addictive* bersifat anti lepas.

2.5. Karakteristik Campuran Aspal Beton

Untuk menghasilkan campuran perkerasan yang memiliki kualitas tinggi harus diperhatikan karakteristik campuran yang dimiliki oleh aspal beton. Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton panas adalah:

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan beton aspal menahan beban sampai terjadi kelelahan atau deformasi akibat beban kendaraan yang ada di atasnya tanpa mengalami banyak perubahan. Nilai stabilitasnya dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan, gradasi agregat, daya ekat, dan kadar aspal dalam suatu campuran. Stabilitas yang terlalu tinggi juga kurang baik mengingat perkerasan akan bersifat kaku dan getas (Arrum, 2019)

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas atau daya tahan atau keawetan adalah untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal yang diakibatkan oleh cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan. Ada beberapa factor yang mempengaruhi daya tahan yaitu volume pori dalam aspal beton dan rongga didalam mineral agregat.

3. Fleksibilitas (*Flexibility*)

Fleksibilitas atau kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kelenturan lapis perkerasan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat adanya beban lalu lintas yang dilakukan terus-menerus tanpa menimbulkan perubahan volume atau menimbulkan retak pada perkerasan. karena penurunan pada perkerasan dikarenakan beban yang ditimbulkan berulang dan perkerasan tersebut tidak dapat menahan beban tersebut.

4. Ketahanan Geser (*Skid Resistance*)

Ketahanan geser adalah kekesatan yang ada pada perkerasan sehingga kendaraan yang melaju di atasnya tidak mudah slip pada saat kondisi jalan basah atau kering. Tingginya ketahanan geser dipengaruhi oleh penggunaan agregat dengan permukaan kasar, penggunaan kadar aspal yang tepat, penggunaan agregat kasar yang cukup.

5. Kedap Air (*Impermeable*)

Kedap air adalah kemampuan lapisan beton aspal untuk tahan air dan tidak bisa dimasuki oleh air maupun udara sehingga tidak mengakibatkan cepatnya penuaan dan pengelupasan lapisan aspal dari permukaan agregat.

6. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa kerusakan pada aspal misalnya alur atau retak.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan aspal beton untuk mudah dihampar dan dipadatkan sehingga mendapatkan hasil maksimal dan hasil yang diharapkan. Perlu diketahui bahwa kelebihan kandungan bahan pengisi (*filler*) mengakibatkan pelaksanaan di lapangan lebih sukar.

Perlu diketahui bahwa semua sifat campuran aspal beton ini tidak dapat dimiliki sekaligus oleh salah satu campuran karena tidak ada campuran yang sempurna. Tetapi sifat aspal beton yang mau direncanakan menentukan jenis aspal beton yang nantinya dipilih. Karakteristik dari campuran aspal beton sangat perlu diperhatikan ketika merancang sebuah tebal perkerasan jalan. Misalnya jalan yang melayani lalu lintas ringan sepantasnya memilih jenis perkerasan aspal beton yang mempunyai keawetan dan kelenturan yang tinggi daripada perkerasan beton dengan stabilitas tinggi.

2.6. Estimasi Kadar Aspal Optimum

Estimasi awal kadar aspal optimum dapat direncanakan dengan melakukan pemilihan dan penggabungan tiga fraksi agregat yaitu agregat kasar, agregat halus dan agregat bahan pengisi. Untuk menemukan kadar optimum secara empiris dibutuhkan perhitungan dengan persamaan (P_b). Nilai P_b yaitu hasil perhitungan yang dibulatkan yang dibulatkan ke 0,5% terdekat ke atas. Dengan persamaan perhitungan sebagai berikut:

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \quad (1)$$

Keterangan:

CA = Agregat Kasar (*Coarse Agregate*)

FA = Agregat Halus (*Fine Agregate*)

FF = Bahan Pengisi (*Filler*)

K = Konstanta dengan nilai 0,5 – 1,0 tergantung jenis lapisan aspal

Perlu diketahui bahwa kadar aspal optimum adalah persen aspal yang memenuhi kriteria perancangan campuran untuk prosedur perancangan stabilitas pengujian Marshall.

2.7. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton ditentukan oleh volumetric campuran aspal beton padat yang ditentukan yaitu:

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

Menurut (Kareth, 2021) 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.

Dikarenakan setiap fraksi agregat yaitu agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi memiliki berat jenis yang berbeda maka berat jenis (*bulk*) agregat total dapat dirumuskan sebagai:

$$G_{sb} = \frac{P1 + P2 + \dots + Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \quad (2)$$

Keterangan:

G_{sb} = Berat jenis bulk total agregat

$P1, P2, \dots, Pn$ = Presentase masing-masing fraksi agregat

$G1, G2, \dots, Gn$ = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Menurut (Kareth, 2021) berat jenis efektif (G_{se}) adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan

volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula. Berat jenis efektif agregat dirumuskan sebagai berikut:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{R_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad (3)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Presentase 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

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

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

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad (4)$$

Keterangan:

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

P_{mm} = Presentase berat total campuran (=100%)

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

P_s = kadar agregat persen terhadap berat total campuran

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total titik terhadap campuran. Maka dapat dirumuskan perhitungan penyerapan aspal sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad (5)$$

Keterangan:

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Menurut (Kareth, 2021) Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar efektif aspal ini yang akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang menentukan kinerja perkerasan aspal rencana. Maka kadar aspal efektif ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{be} = P_b \times \frac{b_a}{100} \times P_s \quad (6)$$

Keterangan:

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

P_b = Kadar aspal persenterhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen tital agregat

b_a = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga di antara Mineral Agregat/*Void in Mineral Agregate* (VMA)

Menurut (Kareth, 2021) Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). *Void in minerat aggregate* (VMA) diitung berdasarkan berat *bulk* agregat yang dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung terhadap berat agregat total atau terhadap berat komposisi campuran total. Maka VMA ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad (7)$$

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

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad (8)$$

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 agregat, persen (%) terhadap berat total campuran

7. Rongga di dalam Campuran/*Voids in The Mix* (VIM)

Menurut (Kareth, 2021) Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. Maka volume rongga udara di dalam campuran dapat dihitung sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad (9)$$

Keterangan:

VIM = Rongga yang terkandung dalam campuran persen (%) total campuran

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

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

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

Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel-partikel agregat yang terisi oleh aspal dan tidak termasuk aspal yang diserap oleh

agregat (Kareth, 2021). Maka rongga terisi aspal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$VFA = \frac{100 \times (VMA \times VIM)}{G_{mm}} \quad (10)$$

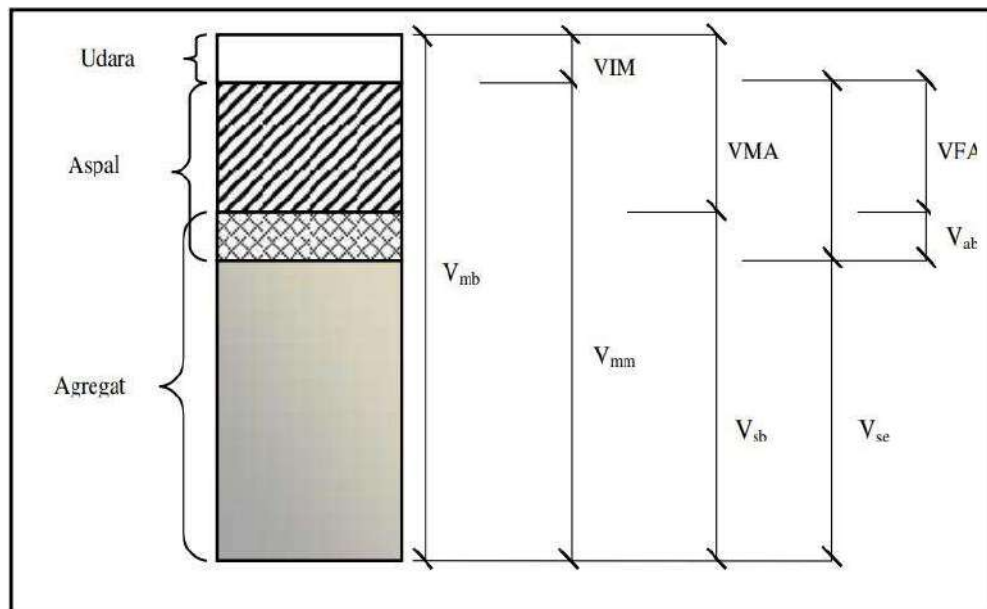
Keterangan:

VIM = Rongga terisi aspal

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen (%) volume *bulk*

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

Secara skematis volume campuran aspal beton yang terdapat pada campuran perkerasan yang sudah dipadatkan terlihat seperti gambar dibawah ini



Gambar 2 3. Skematis Berbagai Jenis Volume Beton Aspal

(Sumber: Wijanarko,2013)

Keterangan:

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

VMA = Volume pori diantara butir agregat didalam beton padat

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal

V_{mm} = Volume tanpa pori dari beton aspal padat

- V_{mb} = Volume *bulk* dari campuran beton aspal padat
 V_{sb} = Volume agregat adalah volume *bulk* dari agregat (volume bagian massif + pori yang ada didalam masing-masing butir agregat)
 V_{se} = Volume agregat adalah volume aktif dari agregat (volume bagian massif + pori yang tidak terisi aspal didalam masing-masing butir agregat)
 V_a = Volume aspal dalam beton aspal padat
 V_{ab} = Volume aspal yang terabsorpsi kedalam agregat dari beton aspal padat

2.8. Metode Uji Marshall

Metode pengujian *Marshall* pertama kali ditemukan oleh Bruce Marshall yang saat itu menjadi *Bitumos Engineering* pada departemen jalan raya negeri di daerah Missisipi. Dan uji tersebut diadopsi oleh beberapa lembaga pemerintahan dan organisasi di berbagai negara pada tahun 1948. Pengujian *Marshall* ini pun dikembangkan oleh *U.S. Corps of Engineer*. Pengujian *Marshall* ini bertujuan untuk mengukur daya tahan atau stabilitas dari campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk fisik campuran yang terjadi akibat suatu beban maksimum. (Kareth, 2021)

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang memiliki cincin penguji (*proving ring*) dengan kapasitas 5000 lbs atau setara dengan 2500 kg atau setara juga dengan 22,2 KN. Cincin penguji pada alat *Marshall* berfungsi untuk mengukur keseimbangan atau stabilitas campuran dan disamping itu terdapat sebuah arloji yang disebut *flowmeter* untuk mengukur tingkat kelelahan plastis. Diperlukan benda uji berbentuk silinder yang berdiameter 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan menggunakan hammer seberat 4,536 kg dan tinggi jatuh 45,7 cm yang dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit. Prosedur pengujian *Marshall* ini berdasarkan AASHTO 245-90 atau SNI 06-2489-1991. Pada perencanaan *Marshall* menetapkan untuk kondisi lalu lintas berat pemadatan benda uji sebanyak 2x75 tumbukan dengan batas rongga campuran antara 3,5 - 5,5% (Direktorat Bina Marga, 2018). Data yang diperoleh dari proses pengujian awal sampai pada pengujian akhir yaitu metode *Marshall*

adalah: nilai stabilitas, berat volume, kadar aspal, kelelahan plastis (*flow*), VIM, VMA, penyerapan aspal. Tebal lapisan aspal, kadar aspal efektif, dan hasil bagi marshall atau yang lebih sering disebut koefisien marshall.

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

1. Stabilitas Marshall

Stabilitas adalah kemampuan aspal untuk menahan perubahan akibat beban yang bekerja tanpa adanya kerusakan. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan lbs atau kilogram dan harus dikoreksi dengan factor koreksi yang dipergunakan oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas diperoleh dengan rumus:

$$S = p \times q \quad (11)$$

Keterangan:

S= Angka stabilitas sesungguhnya

p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = Angka koreksi benda uji

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

2. Kelelahan (*flow*)

Nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum (mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Nilai kelelahan yang tinggi membuat campuran tersebut bersifat plastis sedangkan nilai kelelahan yang rendah membuat campuran tersebut lebih kaku dan lebih tinggi tingkat keretakannya.

3. *Marshall quotient*

Marshall quotient adalah perbandingan antara stabilisasi dan kelelahan. Semakin tinggi nilainya maka campuran tersebut akan semakin kaku dan semakin rentan terhadap keretakan. Berikut adalah persamaannya:

$$M = \frac{S}{F} \quad (12)$$

Keterangan:

M= *Marshall Quotient* (kg/mm)

s = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

f = Nilai keelehan (mm)

Tabel 2 8. Persyaratan Sifat Campuran (AC-WC)

No	Sifat-Sifat Campuran	Min	Maks	Satuan
1	Stabilitas	800	-	Kg
2	Peleehan	2	4	Mm
3	Quotient Marshall	250	-	Kg/mm
4	Rongga dalam campuran (VIM)	3	5	%
5	Rongga antara mineral agregat (VMA)	16	-	%
6	Rongga terisi aspal (VFA)	65	-	%

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2.9. Studi Penelitian Terdahulu

Dasar yang berupa teori atau temuan melalui berbagai hasil penelitian sebelumnya sangat diperlukan agar dapat dijadikan pembandingan serta memudahkan penulis untuk menyusun penelitian ini. Peneliti harus belajar dari peneliti lain untuk menghindari duplikasi dan pengulangan atau kesalahan yang sama seperti yang dibuat peneliti sebelumnya. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu berupa jurnal terkait penelitian yang dilakukan oleh penulis:

1. Hadi, A. 2011. Telah mempelajari suatu penelitian tentang “Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) dengan Penggunaan Abu Batu Vulkanik dan Abu Batu Sebagai *Filler*”. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hadi Ali karena sama-sama meninjau lapis permukaan Lapisan Aspal Beton (AC-WC). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode yang sama dengan melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dan pengujian *Marshall*.

Sedangkan perbedaan antara keduanya terletak pada penambahan metode penelitian yang dilakukan penulis pada pengujian agregat yaitu pengujian berat isi, kelonjongan dan kepipihan, *impact test*, abrasi, dan analisa saringan/gradasi. Selain itu terdapat perbedaan yaitu penulis tidak melakukan pemeriksaan aspal seperti yang dilakukan pada penelitian Hadi Ali. Perbedaan selanjutnya adalah material yang digunakan Hadi Ali terdapat *filler* abu vulkanik dan abu batu sedangkan peneliti hanya menggunakan *filler* abu batu. Perbedaan selanjutnya adalah Hadi Ali menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010 sedangkan penulis menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018.

Dari penelitian Hadi Ali didapatkan beberapa perbedaan karakteristik campuran abu batu vulkanik dan abu batu. Sehingga Kadar Aspal Optimum yang didapatkan untuk *filler* abu batu lebih tinggi dari pada abu vulkanik yaitu 5,875% untuk *filler* abu batu sedangkan 5,825% untuk *filler* abu vulkanik

2. Yusuf Benyamin Kareth. 2021. Telah mempelajari suatu penelitian tentang “Penggunaan Karang (Batu Gunung) Polimak sebagai Agregat Kasar terhadap Karakteristik Campuran Laston (AC – WC)”. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yusuf Benyamin Kareth karena sama-sama meninjau lapis permukaan Lapisan Aspal Beton (AC-WC). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode yang sama dengan melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan, abrasi dan pengujian *Marshall*.

Sedangkan perbedaan antara keduanya terletak pada penambahan metode penelitian yang dilakukan penulis pada pengujian agregat yaitu pengujian berat isi, kelonjongan dan kepipihan, *impact test*, dan analisa saringan/gradasi. Selain itu terdapat perbedaan yaitu penulis tidak melakukan pemeriksaan aspal seperti yang dilakukan pada penelitian Yusuf Benyamin Kareth. Perbedaan selanjutnya adalah lokasi material yang digunakan Yusuf Benyamin Kareth adalah batu gunung karang Polimak sedangkan peneliti menggunakan material dari Quarry Pasir II. Perbedaan selanjutnya adalah Yusuf benyamin Kareth menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2010 sedangkan penulis menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018.

Dari hasil penelitian Yusuf Benyamin Kareth yang meneliti penggunaan karang polimak sebagai agregat kasar diperoleh Kadar Aspal Optimum sebesar 5,5% yang mendapatkan nilai stabilitas bergerak naik mencapai angka maksimum.

3. Frianggi Sofia Doresta Mansari. 2019. Telah mempelajari suatu penelitian tentang “Analisa Kelayakan Penggunaan Material Quarry Sumili Sebagai Agregat Campuran Perkerasan Fleksible Asphalt Concrete – Wearing Course / AC-WC Pada Proyek Preservasi Rekonstruksi Jalan Lingkar Luar Kota Kupang”. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Frianggi Sofia Doresta Mansari karena sama-sama meninjau lapis permukaan Lapisan Aspal Beton (AC-WC). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan metode yang sama dengan melakukan pengujian berat jenis dan penyerapan, abrasi, berat isi, kepipihan dan kelonjongan, analisa saringan, *impact test*, dan pengujian *Marshall*. Persamaan selanjutnya adalah kedua penelitian ini sama-sama menggunakan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018.

Sedangkan perbedaan antara keduanya adalah Frianggi Sofia Doresta Mansari menambahkan metode penelitian mengujian agregat yaitu pengujian kekekalan agregat dan angularitas sedangkan penulis tidak menggunakan metode tersebut. Perbedaan berikutnya adalah Frianggi Sofia Doresta Mansari melakukan pemeriksaan aspal sedangkan penulis tidak melakukan pemeriksaan aspal. Selain itu terdapat perbedaan lokasi pengambilan material yang digunakan pada penelitian dimana Frianggi Sofia Doresta Mansari menggunakan material dari Quarry Sumili sedangkan penulis menggunakan material dari Quarry Pasir II.

Dari hasil penelitian Frianggi Sofia Doresta Mansari yang meneliti tentang kelayakan material quarry Sumili, didapati bahwa agregatnya memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk campuran AC-WC. Dari hasil penelitian ini dilakukan pengujian Marshall yang didapatkan bahwa nilai Kadar Aspal Optimum berada pada kadar aspal 5,92% dan memenuhi spesifikasi untuk campuran beraspal laston.

4. Gabriel Pabia Palimbunga. 2020. Telah mempelajari suatu penelitian tentang “Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka’ pada Campuran AC-BC”. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan penelitian yang dilakukan oleh Gabriel Pabia Palimbunga karena sama-sama menggunakan metode yang sama dengan melakukan pengujian abrasi, analisa saringan dan pengujian *Marshall*. Persamaan kedua penelitian ini juga adalah sama-sama menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018.

Sedangkan perbedaan antara keduanya terletak pada penambahan metode penelitian yang dilakukan penulis pada pengujian agregat yaitu pengujian berat isi, berat jenis dan penyerapan, kelonjongan dan kepipihan, dan *impact test*. Perbedaan selanjutnya adalah Gabriel Pabia Palimbunga meninjau lapis antara (AC – BC) sedangkan penulis meninjau lapis aus (AC-WC). Selain itu terdapat perbedaan yaitu penulis tidak melakukan pemeriksaan aspal seperti yang dilakukan pada penelitian Gabriel Pabia Palimbunga. Perbedaan selanjutnya adalah lokasi material yang digunakan Gabriel Pabia Palimbunga adalah agregat Sungai Batu Tiakka’ sedangkan peneliti menggunakan material dari Quarry Pasir II.

Dari hasil penelitian Gabriel Pabia Palimbunga yang meneliti tentang penggunaan agregat sungai batu Tiakka’ yang karakteristik agregat untuk campuran AC – BC memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dengan hasil pengujian Marshall, didapatkan Kadar Aspal Optimum 7,0% dan didapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa sebesar 93,47% yang berarti memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga 2018.