

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Suatu perkerasan diharapkan tidak hanya mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Pada struktur perkerasan lentur terdiri dari tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*subgrade course*), lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis permukaan (*surface course*). Pada struktur perkerasan kaku terdiri dari lapis tanah dasar, lapis pondasi bawah dan pelat beton.

Pada bab ini akan menjelaskan teori-teori tentang konstruksi perkerasan lentur, bahan campuran lapisan tipis aspal beton (aspal, agregat dan *filler*), bahan aditif *anti stripping agent* dan parameter pengujian Marshall.

2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan yang umum dipakai di Indonesia. Konstruksi perkerasan lentur disebut “lentur” karena konstruksi ini mengizinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perkerasan lentur biasanya terdiri dari 3 lapis material konstruksi jalan diatas tanah dasar, yaitu lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan. (Silvia Sukirman, 2003)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan - lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebabkan beban lalu lintas tanah dasar.

Suatu struktur perkerasan lentur biasanya terdiri atas beberapa lapisan bahan, dimana setiap lapisan akan menerima beban dari lapisan di atasnya, meneruskan dan menyebarkan beban tersebut ke lapisan di bawahnya. Jadi semakin ke lapisan struktur bawah, beban yang ditahan semakin kecil. Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum dari

karakteristik di atas, lapisan bahan biasanya disusun secara menurun berdasarkan daya dukung terhadap beban di atasnya.

Lapisan paling atas adalah material dengan daya dukung terhadap beban paling besar (dan paling mahal harganya), dan semakin kebawah adalah lapisan dengan daya dukung terhadap beban semakin kecil dan semakin murah harganya (Sukirman, 1992).

Perkerasan lentur memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut ini :

- a) Memakai bahan pengikat aspal.
- b) Sifat dari perkerasan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar.
- c) Pengaruhnya terhadap repetisi beban adalah timbulnya *rutting* (lendutan pada jalur roda).
- d) Pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar yaitu jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar).

Menurut Silvia Sukirman 1993, Agar perkerasan jalan dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan, maka perkerasan jalan tersebut harus memenuhi syarat – syarat tertentu yang dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok, yaitu :

- a) Syarat - syarat berlalu lintas

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

1. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang.
2. Permukaan yang cukup kaku sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
3. Permukaan cukup kasar memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tidak mudah selip.
4. Permukaan tidak mengkilap sehingga tidak silau jika terkena sinar matahari

- b) Syarat - syarat kekuatan atau struktural

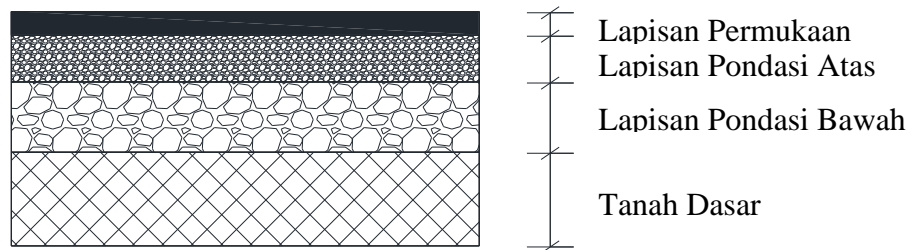
Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat-syarat :

1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban atau muatan lalu lintas ke tanah dasar.
2. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.

3. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang terletak diatas tanah dasar yaitu sebagai berikut :

- 1) Lapis permukaan (*Surface Course*)
- 2) Lapis pondasi Atas(*Base Course*)
- 3) Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)
- 4) Lapis tanah dasar (*Subgrade*)



Gambar 2.1 Bagian – Bagian Lapis Perkerasan Jalan

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2

2.2.1 Lapis Permukaan (Surface Course)

Lapis permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan dapat meliputi:

a. Struktural:

Secara struktural fungsi lapis permukaan adalah ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal dan beban horizontal (gaya geser). Untuk hal ini persyaratan dituntut adalah kuat, kokoh dan stabil.

b. Non struktural, dalam hal ini mencakup:

1. Lapis kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada dibawahnya.
2. Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.

3. Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance*) yang cukup menjamin ketersedianya keamanan lalu lintas.
4. Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus selanjutnya dapat diganti lagi dengan yang baru.

Lapis permukaan sendiri bisa dibagi lagi menjadi dua lapisan yaitu:

1. Lapis Aus (*Wearing Course*)

Lapis Aus (*Wearing Course*) merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak diatas lapis antara (*Binder Course*). Fungsi lapis Aus adalah:

- a) Mengamankan perkerasan dari pengaruh air.
- b) Menyediakan permukaan yang halus
- c) Menyediakan permukaan yang kesat.

2. Lapis Antara (*Binder Course*)

Lapis Antara (*Binder Course*) merupakan bagian dari lapisan permukaan yang terletak di atas lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*). Fungsi lapis antara adalah:

- a) Mengurangi tegangan.
- b) Menahan beban paling tinggi akibat beban la lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.

Bahan-bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah sama dengan bahan-bahan untuk lapis pondasi, hanya susunan butir - butirnya (gradasi) disyaratkan lebih berat serta penambahan bahan aspal agar lapisan dapat bersifat kedap air, di samping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda lalu lintas. Pemilihan untuk lapisan permukaan akan juga mempertimbangkan kegunaan, umur rencana, serta penahapan konstruksi, agar dicapai manfaat yang sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

2.2.2 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis Pondasi atas adalah bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Fungsi lapis pondasi atas adalah:

- a) Lapis pendukung bagi lapis permukaan
- b) Pemikul beban horizontal dan beban vertikal.
- c) Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah.

2.2.3 Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) adalah Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Berfungsi sebagai:

- a) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebabkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini cukup kuat.
- b) Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c) Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d) Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.

2.2.4 Lapis tanah dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar (*Subgrade*) adalah lapisan tanah asli, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang didapatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.3 Bahan Campuran Aspal Beton

Bahan utama untuk campuran beton aspal panas terdiri dari Aspal, agregat dan *filler*/bahan pengisi.

2.3.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbantuk padat terdiri dari *didrocarbon* atau turunnya dari bersifat mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna coklat tua sampai hitam yang bersifat melekat, padat atau semi padat, dimana sifat aspal menonjol tersebut didapat di alam atau penyulingan minyak. (Krep, RD, 1971).

Aspal terbuat dari minyak mentah melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian komponen alam yang ditemukan bersama-sama lainnya seperti pada cengkungan bumi yang mengandung aspal.

Aspal adalah material yang mempunyai sifat *vikso-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya.

AASTHO (1882) menyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal. Angka menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaiknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.

Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70. Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberi kekuatan yang lebih besar dari kekuatan agregat.

Aspal adalah bahan yang *thermoplasti*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer, demikian sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Namun, pemanasan yang berlebihan terhadap aspal akan merusak molekul-molekul dari aspal, misalnya aspal menjadi getas dan rapuh. Aspal mempunyai sifat *thixotropy*, yaitu dibiarkan tanpa mengalami tegangan-tegangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Fungsi kantung aspal dalam campuran juga berperan sebagai selimut penyelubung agregat dalam bentuk tebal film aspal yang berperan menahan gaya geser permukaan dan mengurangi penetrasi air dalam campuran. Jenis pengujian dan persyaratan untuk aspal seperti yang tercantum dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Keras 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25 ⁰ C(0,1mm)	SNI 06-2456-1991	60 -70
2	Viskositas 135 ⁰ C(cSt)	AASHTO T201-03	385
3	Titik Lembek(⁰ C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Indeks penetrasi	-	≥ -1,0
5	Duktalitas pada 25 ⁰ C(mm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100

Lanjutan Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Keras 60/70

6	Titik nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dalam toluene (%)	ASTM D5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan (°C)	ASTM D5976 part 61	
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT			
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
11	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
12	Indeks penetrasi	-	≥ -1,0
13	Keelastisan setelah pengembalian (%)	ASSTHO 301-98	-
14	Duktalitas pada 25°C(cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
15	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)	-	-

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

2.3.2 Bahan Agregat

Menurut Sukirman (2003), secara umum agregat adalah material perkerasan berbutir yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan. Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler).

Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan. Agregat terjadi secara alamiah adalah pasir, kerikil dan batu.

Agregat juga dapat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan kenyal (solid). Agregat juga didefinisikan sebagai batuan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berukuran kecil. Berdasarkan besar kecilnya butiran agregat dibagi atas agregat halus dan agregat kasar.

2.3.2.1 Agregat Halus

Agregat adalah agregat yang terdiri dari pasir atau pengayakan batu pecah yang lolos saringan no. 4 (2,36mm). Agregat harus merupakan bahan bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Adapun ketentuan agregat halus menurut spesifikasi Bina Marga dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Ketentuan agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45

Lanjutan Tabel 2.2 Ketentuan agregat Halus

Gumpalan Lempung Dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks.1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks.10%

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

2.3.2.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan diatasbsaringan 2,36 mm (No.8), menurut saringan ASTM (*American Standard Testing and Material*). Fraksi agregat kasar untuk keperluan harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Agregat kasar mempunyai perkerasan lebih stabil dan mempunyai tahanan terhadap slip (*skid resistance*) sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*Angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran (HRS-Base), untuk itu nilai *Los Angeles Abration Test* harus dipenuhi.

Ketentuan yang harus dipenuhi oleh agregat kasar menurut spesifikasi Bina Marga dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2.3 Ketentuan Gradasi Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Max 12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran HRS-Base	SNI 2417:2008	Max 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi		Max 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		Dot'S Pennsylvania Test Method PTM No.621	95/90
			80/75
Angularitas (kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Max 10%
Partikel pipih dan lonjong		SNI 03-4142-1996	Max 1%
Material lolos ayakan No.200			

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2

2.3.2.3 Agregat Gabungan

Agregat gabungan adalah gabungan antara beberapa fraksi agregat dengan persentase tertentu untuk mendapatkan gradasi dengan gradasi yang sesuai dengan spesifikasi. Agregat gabungan untuk campuran aspal ditunjukkan dalam persen berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikann dalam tabel 2.4 Gradasi Agregat Gabungan. Untuk memperoleh gradasi agregat yang sesuai dengan spesifikasi agregat, maka kombinasi agregat dapat ditentukan dari dua atau lebih fraksi agregat, yang penggabungannya dapat dilakukan dengan cara analitis atau grafis. Dalam penelitian ini digunakan metode analitis.

Rancangan agregat campuran dengan metode analitis dapat ditunjukkan dalam rumus dasar dari proses pencampuran dua, tiga atau lebih fraksi agregat di bawah ini:

$$P = aA + bB + cC \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan:

P = persen lolos dengan saringan bukaan d mm yang diinginkan, diperoleh dari spesifikasi campuran.

A = Persen lolos saringan fraksi agregat A untuk bukaan d mm.

B = Persen lolos saringan fraksi agregat B untuk bukaan d mm.

C = Persen lolos saringan fraksi agregat C untuk bukaan d mm.

a = Proporsi dari fraksi agregat A.

b = Proporsi dari fraksi agregat B.

c = Proporsi dari fraksi agregat C

$$(a + b + c) = 1 \text{ atau } 100\%$$

Nilai a, b, c diperoleh dengan "*Trial and Error*" karena perhitungan P yang dilakukan untuk satu ukuran saringan belum tentu secara keseluruhan dapat menghasilkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran. Proporsi yang terbaik adalah proporsi yang dapat menghasilkan agregat campuran bergradasi mendekati gradasi tengah rentang spesifikasi.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran							
		Stone Matrix Asphalt				Lataston		Laston	
		(SMA)				(HRS)		(AC)	
ASTM	(MM)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 ½ “	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	50-80	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8 “	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No. 8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No. 30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-20
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 Bina Marga tahun 2018 Revisi 2

2.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi terdiri dari debu batu kapur, semen portland, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Bilamana kapur yang tidak terhidrasi atau terhidrasi sebagian digunakan sebagai bahan pengisi, maka proporsi maksimum yang diijinkan adalah 1% dari berat total campuran aspal. Bahan pengisi yang digunakan juga harus kering dan bebas dari bahan-bahan yang tidak dikehendaki. Persyaratan untuk filler seperti tercantum dalam tabel 2.5

Tabel 2.5 Persyaratan Bahan Pengisi (Filler)

Pengujian	Standar	Nilai
Lolos saringan No. 200	SNI 03 M-02-1994-03	Min 75%
Bebas dari bahan organik		Maks 4%
Berat jenis	SNI 15- 2531-99	0,5-9 gm/m ³

Sumber: Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Revisi 2

2.3.4 Bahan Aditif Anti Stripping Agent (Wetfix-Be)

Wetfix-Be merupakan bahan kimia yang sangat sensitif, selain harga relatif mahal penambahan jumlahnya terhadap campuran sangat sedikit sekali, bahan kimia ini, bekerja dengan merubah sifat kohesi antara aspal dan agregat, meningkatkan kelekatan antara aspal dan agregat serta mengurangi efek negatif dari air dan kelembaban sehingga menghasilkan permukaan perkerasan aspal yang berdaya lekat tinggi serta dapat menghasilkan stabilitas yang cukup baik, kohesi aspal adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antara butir agregat.

Bahan anti pengelupasan (*anti stripping agent*) terhadap agregat ini harus ditambahkan dalam bentuk cairan kedalam campuran aspal dengan menggunakan pompa penakar (*dozing pump*) pada saat akan dilakukan proses pencampuran basah ditempat pencampuran (*mixer/pugmil*). Kuantitas pemakaian *aditif anti stripping agent* dalam rentang 0,2% - 0,4% terhadap berat aspal (Spesifikasi Bina Marga 2010).

Manfaat dari aditif *wetfix- be* adalah:

- a) Meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat walaupun dalam keadaan basah.
- b) Meningkatkan ikatan atau *bonding*.
- c) Anti penuaan, memperpanjang umur jalan 3-4 tahun.

Proses Penambahan *wetfix-be* di AMP:

1. Memasukkan *wetfix-be* kedalam mobil tanki pengirim atau langsung ke tangki penyimpanan aspal pada waktu pengisian aspal (sirkulasi kurang lebih satu jam)

2. Dengan menggunakan dosing pump disambungkan ke pipa aspal setelah pompa atau dimasukan ke timbangan aspal (*in-line metering injection system*).

Proses Penambahan *wetfix-be* di laboratorium:

1. Penentuan kadar aspal optimum.
2. Campurkan kadar aspal optimum dengan *wetfix-be* 0,2% - 0,4%
3. Dipanaskan kurang lebih 1 jam diatas kompor sehingga menjadi aspal modifikasi.
4. Tuangkan kadar aspal yang sudah tercampur *wetfix-be* di dalam wadah yaitu campuran batu pecah $\frac{3}{4}$, batu pecah $\frac{1}{2}$, pasir dan filler dan timbang secara komulatif dengan masing-masing beratnya.
5. Dicampur dalam wajan dalam keadaan panas sampai mencapai suhu 140°C - 155°C.
6. Lakukan pemadatan 2 x 50 tumpukan.
7. Pengujian Marshall.

Berdasarkan hasil pengukuran *spectra intra* merah *wetfix-be* di Laboratorium Departamen Kimia – Intitut Teknologi Bandung, dan gugus fungsi yang terdapat dalam bahan aditif tersebut adalah N, CHsp2 dan C-H alipatik. Proses pengukuran dilakukan tanpa dan dengan pemanasan pada 100°C selama 10 menit, tidak terjadi perubahan *spectra intra* merah secara signifikan, yaang dinyatakan aditif aspal *wetfix-be* cukup stabil, adapun manfaat *wetfix-be* adalah:

- a) Meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat waktu dalam keadaan basah
- b) Sebagai *modifer* aspal untuk meningkatkan ikatan atau *bonding* agregat dan aspal.
- c) Pemeliharaan rutin menjadi kurang.
- d) Anti penuaan, serta memperpanjang umur 3-4 tahun.
- e) Jalan selalu terpelihara dan nyaman.

Menurut Akzo Nobel, *Asphalt Applications* mempunyai Spesifikasi *Wetfix-be* dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut ini:

Tabel 2.6 Spesifikasi *Wetfix-be*

Parameter	Batas	Metode
Asam nila	<10 mg KOH/g	VE/2.013
Jumlah amina nomor	160-185 mg HC1/g	VE/2.018
Kimia dan Data Fisik	Khas Nilai	
Penampilan	Coklat, cairan kentall pada 200 ⁰ C	
Ph	11 (5 % dalam air)	
Kepadatan	980 kg/m ³ pda suhu 200c	
Titik Nyala	>2180C	
Titik Lebur	<200C	
Kelarutan	800mPa.s pada 200C	
Kelarutan	Khas Nilai	
Etanol	Larut	
Air	Emulsifalbe	
Kemasan dan penyimpanan Penyimpanan dan penanganan	Produk ini stabil selama minimal dua tahun dalam wadah aslinya tertutup pada suhu kamar.	

Sumber: Spesifikasi *wetfix-be* (Akzo Nobel, *Asphalt Applications*)

2.4 Sifat- sifat Campuran

Sifat-sifat campuran yang dihasilkan harus memenuhi standar spesifikasi sebagai tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.7 Persyaratan Sifat-sifat campuran Lataston

Sifat Campuran		Lataston/HRS	
		WC	Base
Kadar Aspal Efektif (%)	Max	5,9	5,5
Jumlah Tumbukan Per Bidang		50	
Rongga Dalam Campuran(VIM)(%)	Min	3,0	
	Max	5,0	
Rongga Dalam Agregat (VMA)(%)	Min	17	17
Rongga Terisi Aspal(VFA)(%)	Min	68	
Stabilitas Marshall(kg)	Min	600	
Marshall <i>Quitent</i> (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall sisa(%) setelah perendaman 24 jam,60 ⁰ C	Min	90	
Rongga dalam campuran(%) pada kepadatan membal(<i>refusal</i>)	Min	2	

Sumber: Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2

2.5 Karakteristik Umum Campuran

Tujuan karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal panas adalah: Stabilitas, fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan.

2.5.1 Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding (Sukirman Silvia, 1992). Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan jumlah kendaraan yang akan menggunakan jalan tersebut. Jalan yang volume lalu lintasnya tinggi dan sebagian merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya dilalui oleh kendaraan yang ringan saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, di samping itu karena volume antar agregat kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan juga rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antara butir, penguncian antara partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :

- a) Agregat dengan gradasi yang rapat (*Dense Graded*)
- b) Agregat dengan permukaan yang kasar
- c) Agregat berbentuk kubus
- d) Aspal dengan penetrasi rendah
- e) Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antara butiran agregat atau *Voids in Mineral Agregat (VMA)* yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. VMA yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapisan tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapisan perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik (VMA) kecil dan juga menghasilkan rongga antara campuran atau

Voids in Mix (VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar (*bleeding*).

2.5.2 Fleksibilitas atau Kekuatan (*Flexibility*)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang - ulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan (Sukirman Silvia, 1992 “Perkerasan Lentur Jalan Raya”) :

- a) Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- b) Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi).
- c) Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

2.5.3 Durabilitas atau Keawetan atau Daya Tahan (*Durability*)

Merupakan kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas secara terus menerus seperti berat kendaraan dan gesekan antar roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air dan perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

Film aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, beton aspal akan lebih kedap air sehingga kemampuannya untuk menahan keausan semakin baik. Tetapi jika semakin tebal selimut aspal maka akan sangat mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin. Besarnya pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas beton aspal menurun. Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara dalam beton aspal, menyebabkan semakin mudahnya film atau selimut aspal teroksidasi dengan udara sehingga menjadi getas dan menurun durabilitasnya.

Faktor – faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton :

- a) Film aspal atau selimut aspal yang tebal akan menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* menjadi tinggi
- b) VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran yang mengakibatkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh atau getas.

- c) VMA besar sehingga film besar dibuat besar. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal yang tinggi kemungkinan terjadi *bleeding* itu besar. Untuk mencapai VMA yang besar dipergunakan agregat bergradasi senjang.

2.5.4 Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapisan aspal beton dalam menerimabeban berulang tanpa terjadinya kelelahan berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah (Sukirman Silvia, Perkerasan Lentur Jalan Raya) :

- a) VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b) VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

2.5.5 Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah untuk memberikan gaya gesek pada roda sehingga kendaraan tidak mudah tergelincir ataupun *slip*. Faktor - faktor pendukung untuk mendapatkan tingkat kekesatan jalan yaitu kekasaran permukaan dari butir - butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk agregat, kepadatan campuran, tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar tetapi juga mempunyai daya tahan agar permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

Tahanan geser tinggi apabila :

- a) Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*
- b) Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
- c) Penggunaan agregat berbentuk kubus
- d) Penggunaan agregat kasar yang cukup

2.5.6 Kedap Air (*Impermeability*)

Impermeability adalah campuran aspal harus bersifat kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan dibawahnya dari kerusakan yang disebabkan oleh air yang akan mengakibatkan campuran menjadi kehilangan kekuatan dan kemampuan untuk menahan beban lalu lintas.

2.5.7 Kemudahan Pekerjaan (*Workability*)

Mudah dilaksanakan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas (kekentalan) aspal dan kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur.

Faktor yang mempengaruhi dalam kemudahan dalam pelaksanaan pekerjaan adalah:

- a) Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- b) Temperatur campuran ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- c) Kandungan bahan pengisi (*filler*) yang tinggi mengakibatkan pelaksanaan yang lebih sulit.

2.6 Metode *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* merupakan metode yang paling umum dipergunakan dan distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material* 1993 (ASTM D 1553). Dalam metode tersebut terdapat 3 parameter penting dalam pengujian tersebut, yaitu beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau sering disebut dengan *Marshall Stability* dan defomasi permanen dari benda uji sebelum hancur yang disebut dengan *Marshall Flow* serta turunan yang merupakan perbandingan antara keduanya (*Marshall Stability* dengan *Marshall Flow*) yang disebut dengan *Marshall Quotient* (MQ). MQ merupakan nilai kekakuan berkembang (*Speedo Stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beton aspal terhadap deformasi tetap (*permanent*) (Shell, 1990).

Parameter lain yang penting adalah analisis *void* yang terdiri dari *Void in The Mineral Aggregate* (VMA), *Void in Mix* (VIM), *Void Filled with Aspal* (VFA) yang ditentukan

pada kondisi *Marshall* (2 x 25, 2 x 40, 2 x 50, 2 x 60, dan 2 x 75 tumbukan) yang akan dilakukan dalam penelitian ini.

Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap aspal, karena air memiliki *wetting power* (penyerapan) yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan air yang terlalu lama pada permukaan beton aspal dan agregat juga akan berakibat kegagalan pengikatan ataupun berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal.

2.7 Parameter – Parameter *Marshall*

Campuran aspal panas agregat aspal dapat diukur dengan parameter *marshall* yang ditunjukkan pada nilai - nilai sebagai berikut :

2.7.1 Kerapatan (*Density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik. Nilai *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan yang baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan penambahan bahan aditif dalam campuran.

Campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibanding dengan campuran yang memiliki *density* yang rendah, karena butiran agregat mempunyai bidang kontak yang luas sehingga gaya gesek (*friction*) antar butiran agregat lebih besar. Selain itu *density* juga mempengaruhi kedekatan campuran, semakin besar kedap terhadap campuran, semakin kedap terhadap air dan udara.

2.7.2 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*was boarding*) dan alur (*rutting*). Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat (*internal friction*) dan penguncian antar agregat (*interlocking*), daya lekat (*cohesion*) dan kadar aspal dalam campuran.

Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas campuran aspal akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas. Nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

Nilai stabilitas yang diisyaratkan adalah lebih dari 600 kg. Lapis perkerasan dengan stabilitas kurang dari 600 kg akan mudah mengalami *rutting*, karena perkerasan bersifat lembek sehingga kurang mampu mendukung beban. Sebaliknya jika stabilitas perkerasan terlalu tinggi maka perkerasan akan mudah retak karena sifat perkerasan menjadi kaku.

2.7.3 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga durabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat - sifat *marshall* yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai VIM yang besar menyebabkan berkurangnya interlocking resistance campuran dan berakibat timbulnya deformasi.

Nilai VFA yang berlebihan juga menyebabkan aspal dalam campuran berubah konsistensinya menjadi pelicin antar batuan. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pematatan. Campuran yang memiliki angka kelelehan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas. Sedangkan campuran yang memiliki angka kelelehan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai *flow*.

Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.7.4 Void in The Mineral Aggregate (VMA)

Void in the Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara pengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran akan memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu data dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA yang diisyaratkan adalah minimum 18%.

2.7.5 Void in The Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga - rongga dalam campuran yang mengakibatkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran (*reveling*) dan pengelupasan permukaan (*stripping*) pada lapis perkerasan.

Nilai VIM yang terlalu rendah akan menyebabkan bleeding karena suhu yang tinggi, maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukupnya rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapisan perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga yang terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi.

2.7.6 Void Filled with Asphalt (VFA)

Void Filled with Asphalt (VFA) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedap campuran terhadap air dan udara serta sifat campuran elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas fleksibilitas dan durabilitas. Semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA terlalu tinggi akan mengakibatkan *bleeding*. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak akan lama.

2.7.7 Marshall Quotient (MQ)

Marshall quotient merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku, sebaliknya semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur. Nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow*. Nilai MQ disyaratkan minimal 250 Kg/mm. Nilai MQ di bawah 250 Kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washbording*, *rutting*, dan *bleeding*.

2.8 Hubungan Antara Kadar Aspal Dengan Parameter Marshall

Kecendrungan bentuk lengkung hubungan antar kadar aspal dengan parameter Marshall adalah :

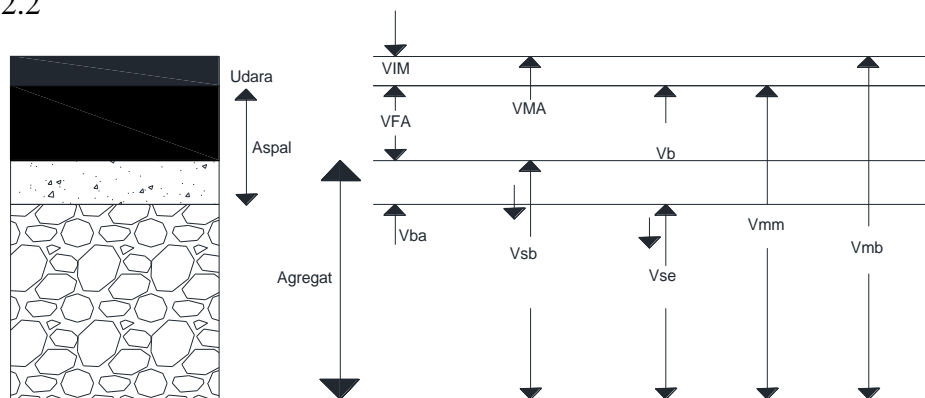
- a) Stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum, dan setelah nilai stabilitas itu menurun.
- b) Kelelahan atau *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
- c) Lengkung berat volume identik dengan lengkung stabilitas, tetapi nilai stabilitas tercapai pada kadar aspal yang sedikit lebih tinggi dari kadar aspal untuk mencapai VMA stabilitas maksimum.

- d) Lengkung VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.
- e) Lengkung VMA akan turun sampai mencapai nilai minimum dan kemudian kembali bertambahnya kadar aspal.
- f) Lengkung FVA akan bertambah dengan bertambahnya kadar aspal, karena dalam hal ini makin banyak terisi oleh aspal.

2.9 Volumetrik Campuran Beraspal

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

Volumetrik campuran beraspal diilustrasikan sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Volumetrik Campuran Beraspal

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2

Keterangan :

- VIM = Volume rongga udara dalam campuran
- VMA = Volume rongga di antara mineral agregat
- VFA = Volume rongga terisi aspal
- Vba = Volume aspal yang diserap agregat
- Vsb = Volume agregat (berdasarkan berat jenis bulk/curah)
- Vb = Volume aspal
- Vse = Volume agregat (berdasarkan berat jenis efektif)
- Vmm = Volume campuran tanpa rongga udara
- Vmb = Volume bulk/curah campuran padat

2.10 Perhitungan – Perhitungan Dalam Campuran Aspal Beton

Titik kontrol gradasi agregat berfungsi sebagai batas – batas rentang utama yang harus ditempati oleh gradasi tersebut. Batas – batas gradasi ditentukan pada ayakan ukuran nominal maksimum ayakan menengah (2,36 mm) dan ayakan terkecil (0,075 mm).

2.10.1 Formula Campuran Rencana (FCR)

Perkiraan pertama kadar aspal rencana dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut :

$$P_b = 0,35(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

- Pb = Kadar aspal perkiraan
- CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8
- FA = Agregat halus lolos saringan No.8 dan tertahan No. 200
- FF = Bahan pengisi (*filler*) atau lolos saringan No. 200
- K = Konstanta (sekitar 0,5 sampai 1,0 untuk Laston atau *Asphalt Concrete* dan 2,0 sampai 3,0 untuk Lataston atau *Hot Rolled Sheet*)

Hasil perhitungan dibulatkan mendekati 0,5% terdekat. Untuk variasi kadar aspal di atas dan dua kadar aspal di bawah kadar aspal perkiraan. Misalnya perhitungan didapat 5,6% maka dibulatkan menjadi 6%. Maka variasi kadar aspal diambil 6%, 6,5%, 7%, 5,5%, dan 5%. Pengujian – pengujian pada campuran percobaan harus meliputi penentuan berat jenis maksimum campuran beraspal (AASHTO T-209-74), pengujian sifat – sifat *marshall* (SNI 06-2489-1991) campuran rencana harus memenuhi semua ketentuan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2.8 Kriteria Marshall untuk Job Mix

Parameter Metode Marshall	Lalu Lintas Ringan Permukaan dan Pondasi Atas		Lalu Lintas Sedang Permukaan dan Pondasi Atas		Lalu Lintas Berat Permukaan dan Pondasi Atas	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Pemadatan (Jumlah Pukulan)	35		50		75	
Stabilitas (lbs)	750	-	1200	-	1800	-
Flow 0,25 mm (0,01 in)	8	18	8	18	8	14
% Void Udara	3	5	3	5	3	5
% VMA	3	5	3	5	3	5
% VFA	70	80	65	78	65	75

Sumber: Buku Konstruksi Jalan Raya (Hal. 106)

Catatan :

- a) Klasifikasi lalu lintas ringan ESA < 104, sedang ESA 104 – 106, berat ESA > 106.
- b) Pemadatan tergantung pada kondisi di lapangan yang mendekati.
- c) Nilai *flow* diambil pada kondisi beban mulai menurun.

2.11 Rumus – Rumus Untuk Campuran Beraspal

Untuk mengetahui karakteristik baik material maupun campuran aspal dapat menggunakan rumus – rumus sebagai berikut :

a) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar(SK SNI M-08-1986-F)

- 1. Berat jenis (*Bulk specific gravity*) = $\frac{Bk}{(B_{ss}-Ba)}$ 2.3
- 2. Berat Jenis Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) = $\frac{Bj}{(Bj-Ba)}$2.4
- 3. Berat Jenis Semu (*Apparent Spesific Gravity*) = $\frac{Bk}{(Bk-Ba)}$ 2.5
- 4. Penyerapan (*Absorption*) = $\frac{Bj-Bk}{Bk} \times 100\%$ 2.6

Keterangan :

- Bk = Berat kering beton aspal padat (gram)
- B_{ss} = Berat kering permukaan dari beton yang telah dipadatkan(gram)
- Ba = Berat beton aspal padat di dalam air (gram)

b) Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus

- 1. Berat jenis = $\frac{Bk}{(B+Bj-Bt)}$ 2.7
- 2. Berat Jenis Permukaan = $\frac{500}{(B+Bj-Bt)}$ 2.8
- 3. Berat Jenis Semu = $\frac{Bk}{(B+Bk-Bt)}$ 2.9
- 4. Penyerapan = $\frac{(Bj-Bt)}{Bk} \times 100\%$2.10

Keterangan :

- B = Berat pikonmeter berisi air (gram)
- Bt = Berat pikonmeter berisi benda uji dan air (gram)

c) Pemeriksaan keausan dengan mesin abrasi *Los Angeles* (SNI 03-2417-1991)

$$\text{Keausan} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\% \dots \dots \dots 2.11$$

Keterangan :

- a = Berat benda uji (gram)
- b = Berat benda uji tertahan saringan No.12 (gram)

d) Berat jenis agregat bulk

$$\text{Gsb} = \frac{P_1+P_2+\dots+P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots \dots \dots 2.12$$

Keterangan :

- Gsb = Berat jenis *bulk* total agregat (gram)
- P1,P2,...,Pn = Persentasi masing – masing agregat
- G1,G2,...,Gn = Berat jenis masing – masing agregat (gram)

e) Berat jenis efektif agregat

$$\text{Gse} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots 2.13$$

Keterangan :

- Gse = Berat jenis efektif agregat (gram)
- Pmm = Persentasi berat total campuran
- Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol (ASTM 2041) (gram)
- Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum yang diuji dengan ASTM 2041, persen terhadap berat total campuran(%)
- Gb = Berat jenis aspal (gram)

f) Berat jenis maksimum campuran dengan aspal berbeda

$$\text{Gmm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots 2.14$$

Keterangan :

- Gse = Berat jenis efektif agregat (gram)
- Pmm = Persentasi berat total campuran

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol
(ASTM 2041) (gram)

Pb = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum yang diuji dengan
ASTM 2041, persen terhadap berat total campuran(%)

Gb = Berat jenis aspal (gram)

Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

g) Rongga (*void*) diantara mineral agregat (VMA) terhadap berat agregat

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{(100+Pb)} \times 100 \dots\dots\dots 2.15$$

Keterangan :

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

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat (AASTHO T-116) (gram)

Gsb = Berat jenis *bulk* agregat (gram)

Pb = Kadar aspal (%)

h) Rongga di dalam campuran (VIM)

$$VIM = 100 - \left(\frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \right) \dots\dots\dots 2.16$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara di dalam campuran, persen total campuran (%)

Gmb = Berat jenis *bulk* campuran padat (AASTHO T-116) (gram)

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol(ASTM 2041)

i) Rongga terisi aspal (VFB)

$$VFB = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots 2.17$$

Keterangan :

VFB = Rongga terisi aspal (%)

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

VIM = Rongga udara di dalam campuran, persen total campuran (%)

j) Penyerapan aspal

$$Pba = 100 \times \frac{Gse - Gsb}{Gsb \times Gse} \times Gb \dots\dots\dots 2.18$$

Keterangan :

- Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
- Gse = Berat jenis efektif agregat (gram)
- Gsb = Berat jenis *bulk* agregat (gram)
- Gb = Berat jenis aspal (gram)

k) Kadar aspal efektif

$$Pbe = Pb - \frac{Pba}{100} \times Ps \dots\dots\dots 2.19$$

Keterangan :

- Pbe = Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)
- Pba = Penyerapan aspal, persen total agregat (%)
- Pb = Kadar aspal, persen total campuran (%)
- Ps = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

l) Analisa saringan

1. Persen tertahan = $\frac{A}{B} \times 100 \dots\dots\dots 2.20$

2. Persen lolos = $100\% - C \dots\dots\dots 2.21$

Keterangan :

- A = Komulatif berat tertahan saringan tiap saringan (gram)
- B = Berat awal (gram)
- C = Komulatif persen tertahan tiap saringan (gram)

2.12 Karakteristik Material *Quarry* Nunura

Quarry Nunura merupakan salah satu sumber material lokal yang sering digunakan untuk pekerjaan perkerasan jalan, lokasi penambangan terletak Di Nunura, *Sub district* Maliana, *District* Bobonaro, sesuai pengalaman dilapangan bahwa ketersediaan bahan material yang terdapat pada *quarry* Nunura adalah pasir, sirtu, kerikil dan batu dengan variasi ukuran butiran yang berbeda - beda sesuai fraksi masing - masing.

2.13 Metode Pengujian

Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a) Metode pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall*, sesuai dengan SNI-06-2489-1991.
- b) Metode pengujian penentuan kepadatan optimal dengan alat tumbuk *marshall*, sesuai dengan SNI-06-2489-1991.

Standar rujukan:

1. SNI-03-3416-1994 agregat lolos saringan 75micron dengan cara pencucian (AASHTO)
2. SNI-03-1968-1990 analisis saringan agregat halus dan kasar (AASHTO T-27)
3. SNI-06-2456-1991 penetrasi bahan – bahan aspal (AASHTO T-49)
4. SNI-06-2432-1991 daktilitas bahan – bahan aspal (AASHTO T-51)
5. SNI-03-2417-1991 keausan agregat dengan mesin Los Angeles (AASHTO T-96)
6. SNI-03-3407-1994 pelapukan agregat menggunakan sodium sulfat atau magnesium sulfat (AASHTO T-104)
7. SNI-03-2439-1991 pelekatan agregat terhadap aspal (AASHTO T-182-1970)
8. SNI-06-2440-1991 kehilangan berat minyak dan aspal dengan cara – (AASHTO T-179-78)
9. SNI-03-2488-1991 destilasi aspal cair (AASHTO T-178)
10. SNI-06-2489-1991 pengujian campuran beraspal dengan alat *marshall* (AASHTO T-245-78)
11. AASHTO T-166-88 *Bulk Specific Gravity Of Compacted Bituminous Mixes*
12. AASHTO T-176-73 *Plastic Fines In Graded Aggregates And Soils By Use Of The Sand Equivalent Test*
13. SNI-03-1969-1990, Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar
14. SNI-03-1970-1990, Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus
15. SNI-06-2456-1991, Penetrasi Bahan – Bahan Aspal (AASHTO T- 46)
16. SNI-06-2434-1991, Pengujian Titik Lembek Aspal
17. SNI-06-2441-1991, Pengujian Berat Jenis Aspal Padat