

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan jalan

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003).

2.2 Jenis Konstruksi Perkerasan dan Komponennya

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

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas tersebar ke tanah.

2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland, sebagai bahan pengikat, dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar, dengan atau tanpa lapisan pondasi bawah, beban lalu lintas sebagian besar diikat oleh beton.

3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*)

Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau di atas perkerasan lentur.

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat dari tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

		Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok di atas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman, Silvia (1992)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari:

- Lapisan permukaan (*surface course*)
- Lapisan pondasi atas (*base course*)
- Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)
- Tanah dasar (*subgrade*)

2.3 Fungsi Lapisan Perkerasan

2.3.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

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

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus
- d) Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

Guna dapat memenuhi fungsi tersebut di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga

menghasilkan lapisan kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

2.3.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi lapisan ini adalah:

- 1) Lapis pendukung bagi lapisan permukaan.
- 2) Pemikul beban *horizontal* dan *vertikal*.
- 3) Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah.

2.3.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan ini adalah:

- 1) Penyebar beban roda.
- 2) Lapisan peresapan.
- 3) Lapisan pencegah masuknya tanah dasar kelapis pondasi.
- 4) Lapis pertama pada pembuatan perkerasan.

2.3.4 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah setebal 50-100 cm yang berada dibawah lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar ini dapat berupa tanah asli yang dipadatkan yang jika tanah aslinya baik, tanah yang di datangkan dari tempat Lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya, merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.

2.4 Bahan Penyusun Perkerasan Lentur

Bahan penyusun lapis permukaan untuk perkerasan lentur yang utama terdiri atas bahan ikat dan bahan pokok. Bahan pokok bisa berupa pasir, kerikil, batu pecah/agregat dan lain-lain. Sedang untuk bahan ikat untuk perkerasan bisa berbeda-beda, tergantung dari jenis perkerasan jalan yang akan dipakai. Bisa berupa tanah liat, aspal/ bitumen, *portland cement*, atau kapur/ *lime*.

2.4.1 Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat (*Kerbs and Walker, 1971*). Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (*Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas*).

1) Aspal alam

Aspal alam ditemukan dipulau Buton (Sulawesi Tenggara Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Serikat.

2) Aspal buatan

Aspal buatan merupakan residu penyulingan minyak bumi, dengan karakteristiknya sangat bergantung dari jenis minyak bumi yang disuling (dikilang), apakah minyak bumi berbasis aspal (*asphaltic base*), paraffin (*parafine base*) atau berbasis campuran (*mixes base*).

3) Aspal polimer

Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintetis dengan aspal. Modifikasi aspal polimer (atau biasa disingkat dengan PMA) telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan dan meningkatkan ketahanan using dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi

biaya perawatan atau perbaikan jalan. Bahan aditif aspal adalah suatu bahan yang dipakai untuk ditambahkan pada aspal. Penggunaan bahan aditif aspal merupakan bagian dari klasifikasi jenis aspal modifier yang berunsur dari jenis karet, karet sintetis atau buatan juga dari karet yang sudah diolah (dari ban bekas), dan juga dari bahan plastik. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan trend yang semakin meningkat tidak hanya karena faktor ekonomi, tetapi juga demi mendapatkankualitas aspal yang lebih baik dan tahan lama. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut. Dalam hal ini terlihat bahwa keterpaduan aditif polimer yang sesuai dengan campuran aspal. Penggunaan polimer sebagai bahan untuk memodifikasi aspal terus berkembang di dalam dekade terakhir.

2.4.2 Agregat

Agregat adalah batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun pengolahan (pemecahan) yang merupakan bahan utama konstruksi jalan. Konstruksi lapis permukaan dengan campuran beton aspal, proporsi agregat sebagai komponen utama berkisar antara 90-95 % agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85 % berdasarkan persentase volume. Sedangkan aspal sebagai komponen kecil umumnya 4-10 % berdasarkan berat atau 10-15 % berdasarkan volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran dari agregat dan mineral lain.

Agregat yang ideal untuk campuran perkerasan lentur mempunyai ukuran dan gradasi yang baik, kuat dan kokoh serta mempunyai bentuk partikel bersudut. Karakteristik lain yang diperlukan yaitu mempunyai porositas yang rendah, permukaan butir yang cukup besar dan bersih dari bahan mikroorganisme serta bebas dari tanah (kotoran).

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik sangat dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu:

- 1) Kekuatan dan keawetan
- 2) Kemampuan dilapisi aspal dengan baik
- 3) Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai dengan ukurannya. 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 proses pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan, dengan menggunakan satu set saringan, dimana saringan yang paling kasar diletakan di atas dan yang halus dibawahnya. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos atau persentase tertahan yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi dari agregat dapat dibedakan atas:

- 1) Gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat gradasi seragam ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas yang tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.
- 2) Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Agregat bergradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air dan berat volume besar.
- 3) Gradasi buruk atau jelek (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kriteria di atas. Agregat bergradasi jelek yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan jalan lentur adalah gradasi celah, yaitu campuran agregat dengan satu fraksi hilang. Agregat dengan gradasi ini akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak di antara kedua jenis di atas.

Tabel 2.2 Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat							
		<i>Stone Matrix Asphalt</i>			<i>Laston (HRS)</i>		<i>Laston (AC)</i>		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	<i>WC</i>	<i>BASE</i>	<i>WC</i>	<i>BC</i>	<i>BASE</i>
1½"	37,5	-	-	-	-	-	-	-	100
1"	25	-	-	100	-	-	-	100	90 – 100
¾"	19	-	100	90-100	100	100	100	90 – 100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28	-	-	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21	-	-	-	-	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	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*

a. Jenis-Jenis Agregat

Berdasarkan ukuran partikel-partikel agregat, dapat dibedakan menjadi:

1) Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
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 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

Catatan:

(*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(**) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

2) Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari bahan-bahan berbidang kasar bersudut tajam dan bersih dari kotoran atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki.

Karakteristik agregat halus yang menjadi tumpuan bagi kekuatan campuran aspal terletak pada jenis, bentuk dan tekstur permukaan dari agregat. Agregat halus memegang peranan penting dalam pengontrolan daya tahan terhadap deformasi, tetapi penambahan daya tahan ini diikuti pula dengan penurunan daya tahan campuran secara keseluruhan jika melebihi proporsi yang ditentukan.

Tabel 2.4 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
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 Umum Bina Marga 2018*

3) Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah agregat halus dengan partikel yang umumnya Lolos saringan no. 200 atau lebih kecil dari 0,075 mm menurut AASHTO (silvia sukirman, 1992 : 42). *Filler* mempunyai fungsi mempertinggi kepadatan dan stabilitas campuran, menambah jumlah titik kontak butiran, mengurangi jumlah bitumen yang digunakan untuk mengisi rongga dalam campuran.

Pada prakteknya fungsi dari *filler* adalah meningkatkan viskositas dari aspal dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Menurut Hatherly (1987), meningkatnya komposisi *filler* dalam campuran dapat meningkatkan stabilitas campuran tetapi menurunkan kadar *air void* (rongga udara) dalam campuran. Meskipun demikian komposisi *filler* dalam campuran tetap dibatasi, karena terlalu tinggi kadar *filler* dalam campuran akan mengakibatkan campuran menjadi getas (*brittle*) dan akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi terlalu rendah kadar *filler* mengakibatkan campuran akan terlalu lunak pada saat cuaca panas. Material yang sering digunakan sebagai *filler* adalah semen portland, batu kapur, dan abu batu.

2.4.2.2 Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Agregat yang paling baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tidak ada, maka agregat yang memiliki minimal satu bidang pecahan, dapat digunakan sebagai alternatif berikutnya.

Partikel agregat dapat berbentuk sebagai berikut :

1) Bentuk bulat (*rounded*)

Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung, sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik, dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

2) Bentuk kubus (*cubical*)

Merupakan agregat hasil pemecah batu massif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih

tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.

3) Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih panjang dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat *interlocking*-nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

4) Bentuk pipih (*flaksi*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas.

5) Bentuk tak beraturan (*irragular*)

Partikel agregat tak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas.

Tekstur permukaan berpengaruh pada ikatan antara batu dengan aspal.

Tekstur permukaan agregat terdiri atas :

1. Kasar sekali (*very rough*)
2. Kasar (*rough*)
3. Halus
4. Halus dan licin (*polished*)

2.5 Lataston

Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) merupakan perkerasan bitumen yang terdiri dari campuran antara aspal dan agregat yang bergradasi senjang (*gap graded*) dengan perbandingan tertentu yang kemudian dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan secara panas (Bina Marga,1983). Konstruksi perkerasan HRS dibagi menjadi 15etapang15, yang mendasari perbedaan tersebut adalah berdasarkan gradasi agregat yang digunakan, beban lalu lintas dan segi pemakaian. Penggunaan agregat minimal harus dengan kualitas yang tinggi dan menurut proporsi didalam

aturan yang sudah ditetapkan. Pencampuran, penghampanan kepadatan akhir dan kepadatan akhir penyelesaian akhir permukaan harus sesuai spesifikasi dan memerlukan pengawasan yang 16etapang16s seluruh tahap konstruksi. Untuk pencampuran menggunakan suhu sesuai dengan jenis aspal yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud dengan agregat bergradasi senjang merupakan komposisi gradasi agregat yang distribusi ukuran butirannya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali (Silvia Sukirman,2003).

Pembuatan lataston bertujuan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapisan antara yang memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air kostruksi yang ada dibawahnya pada lapisan perkerasan jalan raya.

2.5.1 Sifat sifat lataston (Hot Rolled Sheet)

Sifat dari Hot Rolled Sheet adalah lentur dan mempunyai durabilitas tinggi, ini dikarenakan campuran HRS dengan gradasi senjang mempunyai rongga yang cukup besar, sehingga mampu menyerap aspal lebih banyak dan tidak terjadi bleeding. HRS juga mudah dipadatkan sehingga lapisan yang dihasilkan memiliki tingkat kedap air dan udara yang tinggi.

Proses penghampanan dan pemadatan merupakan kegagalan dini yang sering terjadi di lapangan karena HRS tidak sepenuhnya murni gapgraded (Bina Marga,2010).

Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu :

1. Lataston sebagai lapisan aus yang dikenal dengan HRS – WC (Hot Rolled Sheet– Wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 3 cm.
2. Lataston sebagai lapisan pondasi yang dikenal dengan HRS– Base (Hot Rolled Sheet – Base), dengan tebal nominal minimum adalah 3,5 cm.

Sebagai lapisan permukaan perkerasan jalan, HRS mempunyai nilai struktur, kedap air, stabilitas, dan durabilitas tinggi. Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 untuk HRS.

2.6 Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas (*stability*), keawetan (*durability*), kelenturan (*flexibility*), ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding.

b. Keawetan (*Durability*)

Keawetan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk mencegah terjadinya perubahan pada aspal dari kehancuran agregat dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat akibat cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

c. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat dari repetisi beban lalu lintas ataupun akibat beban sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli.

d. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.

e. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

f. Kedap Air (Impermeability)

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

g. Kemudahan Pelaksanaan (Workability)

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

2.7 Konsep Limbah

Limbah sering didefinisikan sebagai sesuatu yang tidak dapat didayagunakan atau dimanfaatkan lagi. Namun demikian sesuatu yang dianggap sebagai limbah oleh seseorang, mungkin merupakan sumberdaya bagi orang lain, apabila limbah tersebut dapat dimanfaatkan untuk sesuatu yang berguna. Konsep inilah yang pada akhir-akhir ini digunakan sebagai salah satu dasar bagi penanganan limbah (Soemantojo, 2007).

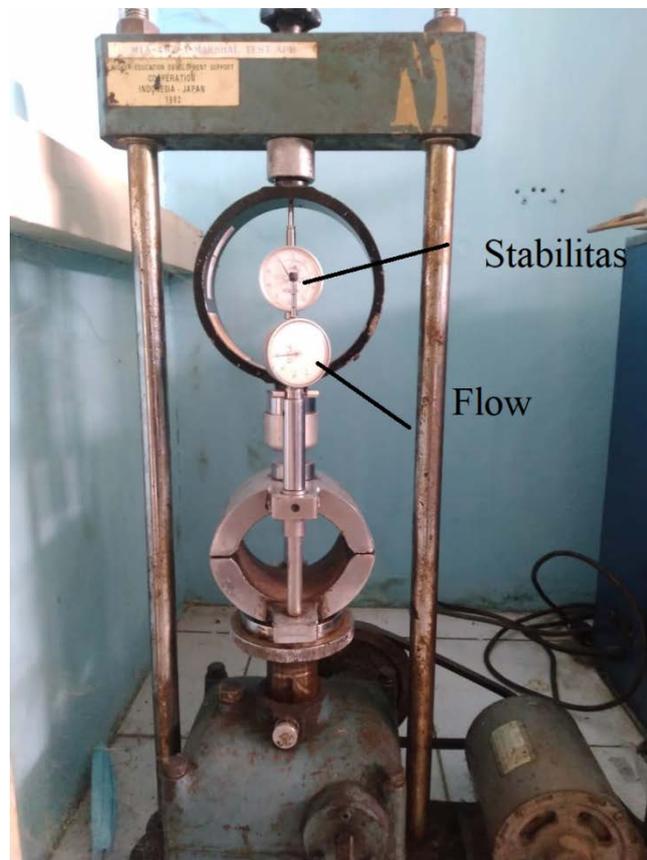
Pembakaran batu bara di PLTU dan cerobong-cerobong asap pabrik industri menghasilkan sisa pembakaran berupa limbah padat 25% *bottom ash* dan 75% *fly ash*. *Fly ash* merupakan partikel abu yang terbawa gas buang, sedangkan *bottom ash* adalah abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku. Limbah abu ini mengandung unsur toksik dan berpotensi besar menjadi masalah lingkungan, bahkan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) telah me-netapkannya ke dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) berdasarkan PP No. 85 Tahun 1999 tentang Perubahan Atas Peraturan Pemerintah No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun .

Pemanfaatan *fly ash* yang sudah pernah dilakukan antara lain :

1. Pembuatan batu bata, balok, lembaran asbes, pipa tekanan asbes dll.
2. Pembuatan Beton dengan Volume Fly Ash Tinggi (HVFA) yang terdiri dari lebih dari 40-50% kadar fly ash berdasarkan massa total bahan semen. Biasanya digunakan untuk membuat jalan dan trotoar.
3. Pembetonan pada cuaca dingin.

2.8 Uji Marshall

Pengujian dengan alat *Marshall* dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau *stabilitas* terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Hubungan antara ketahanan (*stabilitas*) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar *stabilitas*, semakin besar pula *flow*-nya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.



Gambar 2.1 Gambar Alat Uji Marshall

Sumber: Dokumentasi Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

2.8.1 Parameter *Marshall*

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang di lengkapi dengan proving ring yang berkapasitas 22,5 KN atau 5000 lbs. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis, karena prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90.

Secara garis besar, pengujian *Marshall* ini meliputi :

1. Persiapan benda uji.
2. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji.
3. Pemeriksaan nilai *stabilitas* dan *flow*.
4. Perhitungan sifat *volumetric* benda uji.

Campuran yang di gunakan pada pengujian *Marshall* harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Adapun persyaratan campuran untuk laston dapat dilihat pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Lataston

Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi Lataston (<i>HRS-BASE</i>)
Jumlah tumbukan per bidang	50 kali
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	3,0-5,0 %
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min 17 %
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min 68 %
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min 600 Kg
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min 250
Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi Lataston (<i>HRS-BASE</i>)
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam , 60 °C	Min 90%

Sumber: *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018*

2.8.2 Perhitungan dalam *Marshall*

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu sebagai berikut :

1. Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C). Pengujian ini diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

A : massa piknometer dan penutup

B : massa piknometer dan penutup berisi air

C : massa piknometer, penutup dan benda uji

D : massa piknometer, penutup, benda uji dan air

(Sumber: SNI 2441-2011)

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifnya juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.2)$$

2) Berat jenis semu

$$S_A = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2.3)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (2.4)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J. \text{ Efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda uji jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam air

(Sumber: SNI 1969-2008)

h. Agregat Halus

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(2.6)$$

2) Berat jenis semu

$$S_A = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(2.7)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{SSD-Bk}{Bk} \times 100\% \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

B_k : Berat pasir kering

B : Berat piknometer + air

B_t : Berat piknometer + pasir + air

SSD: Berat kering jenuh permukaan

(Sumber: SNI 1970-1990)

3. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{Berat Volume } b.u}{B.J.Agregat} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

(Sumber: Panduan Praktikum Pemeriksaan Bahan Perkerasan Jalan:2004)

4. Rongga dalam Campuran (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume } b.u}{B.J.maksimum teoritis} \dots\dots\dots (2.11)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J.agr} + \frac{\%aspal}{B.J.Asfal}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).

(Sumber: Panduan Praktikum Pemeriksaan Bahan Perkerasan Jalan:2004)

5. Rongga terisi Aspal (VFWA)

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFWA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFWA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

VFWA : Rongga udara terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pemadatan (%)

(Sumber: Panduan Praktikum Pemeriksaan Bahan Perkerasan Jalan:2004).

6. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat *Marshall*. Hasil pembacaan di arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring yang digunakan pada alat *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai *kalibrasi proving ring* sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

Tabel 2.6 Angka Koreksi Tebal Benda Uji

Tebal (mm)	Angka Koreksi
65,1	0,96
66,7	0,93
68,3	0,89
69,9	0,86
71,4	0,83
73,0	0,81
74,6	0,78
76,2	0,76

Sumber: RSNI M-01-2003

7. Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *Marshall*. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

8. Marshall Quotient

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Flow Marshall* (mm)

(Sumber: Panduan Praktikum Pemeriksaan Bahan Perkerasan Jalan:2004).

2.9 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian yang pernah dilakukan berkaitan tentang *fly ash* pada perkerasan jalan yaitu :

1. Ubay Nur (2016), “Perkerasan Campuran Lapisan Aspal Beton (Hrs- Base) Dengan Material Lokal”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data :

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, Stabilitas dan flow pada lapis tipis aspal beton *HRS-Base* secara keseluruhan memenuhi syarat:

Tabel 2. 7 Hasil Uji *Marshall* Gradasi Batas Tengah

Kadar Aspal	Berat Isi (gr/cm ³)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quention
7.0	2.386	19.672	4.179	78.889	985.467	3.44	282.21
Spesifikasi		Min.17	Min. 4-6	Min. 68	Min. 800	Min. 3	Min.250

Sumber : Penulis

Tabel 2. 8 Hasil Uji *Marshall* Gradasi Batas Bawah

Kadar Aspal	Berat Isi (gr/cm ³)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quention
6,5	2.370	19.569	4.564	76.701	949.064	3.5	271.16
Spesifikasi		Min. 17	Min. 4-6	Min. 68	Min. 800	Min.3	Min.250

Sumber : Penulis

Dari hasil-hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa material lokal memiliki kualitas yang cukup bagus dan layak untuk digunakan sebagai lapisan pondasi (*HRS-Base*).

2. Djua Supriadi (2018), “Kinerja Penggunaan Laboratorium *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagai *Filler* Pada Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)”. Skripsi Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gorontalo. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh data:
 1. Hasil penelitian didapatkan bahwa KAO (kadar aspal optimum) yang digunakan adalah 6% dengan variasi campuran fly ash 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0%.
 2. Kinerja penggunaan fly ash sebagai pengganti sebagian filler pada campuran AC-WC, secara umum seluruh variasi fly ash memiliki kinerja Marshall yang memenuhi syarat spesifikasi tetapi campuran terbaik dimiliki oleh benda uji pada variasi fly ash sebesar 1,5% dengan nilai stabilitas tertinggi sebesar 2,329 kg sedangkan Density 2,396; VIM 3,772; VMA 15,079; flow 3,160; MQ 769,965; VFB 74,985; TFA 9,60.