

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan suatu infrastruktur sebagai prasarana angkutan darat dalam memperlancar kegiatan perekonomian dari suatu daerah ke daerah lainnya. Kondisi jalan yang baik akan memudahkan mobilitas penduduk dalam mengadakan kegiatan ekonomi maupun kegiatan sosial lainnya. Pentingnya fungsi jalan dalam menunjang kegiatan manusia, maka kelayakan dan kenyamanan jalan perlu diperhatikan dengan meminimalisir terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan.

Kerusakan jalan yang terjadi di Indonesia umumnya terjadi sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang memengaruhi kerusakan dini antara lain akibat peningkatan dan repetisi beban mekanis seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan, kondisi tanah dasar yang tidak stabil, pemadatan di atas lapisan tanah dasar yang tidak optimal, perubahan cuaca, suhu, temperatur, dan konstruksi perkerasan yang belum memenuhi standar spesifikasi. Adanya beberapa hal tersebut maka perlu dilakukan pemeliharaan maupun perbaikan guna mempertahankan kondisi jalan pada tingkat yang layak sehingga dapat memperlambat penurunan kinerja perkerasan jalan

Perubahan cuaca yang tidak pasti terutama pada saat musim hujan menjadi salah satu penyebab kerusakan jalan. Pada saat musim hujan banyak perkerasan jalan yang ada di Indonesia digenangi oleh air akibat tingginya intensitas curah hujan dan kurang memadainya saluran drainase. Akibatnya, kondisi jalan di daerah yang tergenang banyak mengalami kerusakan salah satunya disebabkan karena

daya lekat aspal terhadap agregat menjadi lemah karena pengaruh air sehingga terjadi kerusakan pada perkerasan jalan saat dilewati oleh beban lalu lintas. Hal ini dapat memengaruhi kinerja perkerasan aspal, khususnya kemampuan menerima beban.

Stabilitas (stability) ialah kemampuan campuran aspal untuk menjaga integritas strukturalnya dibawah beban dan pengaruh lingkungan. Dengan kata lain, stabilitas campuran aspal mencerminkan daya dukung dan ketahanan campuran terhadap deformasi dan kerusakan akibat lalu lintas kendaraan, beban statis, perubahan suhu dan faktor-faktor lingkungan lainnya.

Saat ini banyak teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dari lapisan perkerasan jalan, salah satunya melakukan inovasi pada campuran aspal. Aspal dimodifikasi dengan memberikan suatu bahan aditif 3 pada campuran aspal. Bahan aditif yang ditambahkan dalam penelitian ini yaitu limbah serbuk arang tempurung kelapa. Limbah serbuk arang tempurung kelapa di Indonesia sangat mudah ditemukan tetapi pemanfaatannya belum optimal. Menurut Varlyanto dan Purnawan (2016) tentang “Uji Kelayakan Aspal dengan Menggunakan Bahan Tambah Abu Arang Tempurung Kelapa Lolos dan Tertahan Saringan #200” telah didapatkan data bahwa penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap campuran aspal dapat meningkatkan nilai penetrasi dan menaikkan nilai titik lembek aspal. Maka dari itu campuran aspal menggunakan limbah serbuk arang tempurung kelapa ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas dari kinerja perkerasan aspal khususnya dalam kestabilan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap stabilitas campuran AC-WC?
2. Apakah penambahan serbuk arang tempurung kelapa meningkatkan atau mengurangi stabilitas campuran AC-WC?
3. Apakah penambahan serbuk arang tempurung kelapa berdampak pada daya tahan campuran AC-WC terhadap deformasi dan kerusakan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan tambahan pengganti filler terhadap stabilitas campuran beraspal.
2. Untuk mengetahui perbandingan stabilitas campuran beraspal dengan bahan tambah serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 3% dan tanpa tambahan serbuk arang tempurung kelapa.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
2. Campuran beraspal yang digunakan adalah AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)

3. Tempurung kelapa yang digunakan adalah arang tempurung kelapa lolos saringan 200 yang sudah menjadi serbuk dan digunakan sebagai bahan pengganti filler.
4. Penambahan kadar serbuk arang tempurung kelapa pada aspal yaitu sebesar 3%
5. Pengamatan yang dilakukan hanya dari tingkat kestabilan (stability).
6. Parameter yang digunakan untuk mengevaluasi kestabilan campuran ialah kekuatan marshall.
7. Mendapatkan perbandingan yang jelas antara campuran aspal dengan arang batok kelapa dengan campuran aspal konvensional dalam hal kestabilan.
8. Pengujian dilakukan di laboratorium inti jalan raya Universitas Islam Sumatra Utara.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk memberikan pemahaman tentang perbandingan durabilitas campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan serbuk arang tempurung kelapa dan tanpa tambahan serbuk arang tempurung kelapa.
2. Diharapkan dapat menambah wawasan tentang pemanfaatan limbah arang tempurung kelapa untuk dijadikan bahan campuran pada perkerasan jalan.

3. Jika campuran beraspal yang dimodifikasi dengan menambahkan serbuk arang tempurung kelapa dapat meningkatkan kinerja campuran, maka diharapkan dapat mengurangi limbah tempurung kelapa yang ada di Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Pada Tugas Pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap stabilitas campuran asphalt concrete wearing course AC-WC, Sebagai Berikut :

BAB I. Pendahuluan

Bab ini mencakup latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II. Dasar Teori

Pada Bab ini berisikan tentang dasar-dasar teori yang berkaitan tentang penelitian.

BAB III. Metode Penelitian

Pada bab ini berisikan tentang prosedur percobaan yang meliputi pendahuluan, sistematika penelitian, peralatan, lokasi asal material, pembuatan benda uji dan pengujian.

BAB IV. Hasil dan pembahasan

Pada bab ini membahas tentang hasil dari percobaan kuat tarik serta menganalisis data yang di peroleh

BAB V. Kesimpulan dan saran

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang di peroleh dan saran-saran dari penulis mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

Jenis beton aspal yang umum di Indonesia saat ini adalah laston atau dikenal dengan nama AC (Asphalt Concrete), yaitu beton aspal bergradasi menerus yang umum digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat. Karakteristik aspal beton yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Waani, 2013). AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) merupakan salah satu jenis lapis perkerasan pada konstruksi perkerasan lentur, dimana jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Filler yang merupakan bahan pengisi campuran berfungsi untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran lapisan perkerasan (Fithra, 2017).

Bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). pengisiannya dilakukan secara terstruktur, jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retak meskipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak guna memenuhi workability. Sebaliknya kekurangan bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang (Gunarto dan Candra, 2019). Macam bahan pengisi yang dapat

digunakan seperti; abu batu, portland cement (PC), abu vulkanik, abu terbang (fly ash), debu tanur tinggi pembuat semen, abu sekam padi dan serbuk arang batok kelapa. Pada penelitian ini kadar bahan pengisi adalah 3% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih serbuk arang batok kelapa.

Penggunaan serbuk arang batok kelapa pada campuran beton aspal dapat meningkatkan kinerja stabilitas, kelelahan plastis, dan durabilitas 6 campuran perkerasan aspal beton dengan penambahan serbuk arang batok kelapa sebesar 2% pada campuran yang menggunakan batok kelapa sebagai bahan pengikat dengan skenario jumlah tumbukan 2 x 75 kali. Peningkatan jumlah tumbukan dapat meningkatkan nilai Marshall Quotient (MQ) campuran beton aspal baik tanpa serbuk arang batok kelapa maupun dengan serbuk arang batok kelapa yang berarti aspal semakin kaku dan cenderung getas dan akhirnya mudah hancur. Peningkatan jumlah tumbukan tertentu pada pembuatan benda uji beton aspal dan penambahan serbuk arang batok kelapa diatas 2% dapat mengurangi besarnya nilai stabilitas sisa (durabilitas campuran beton aspal menjadi rendah) (Mashuri, 2011).

Penggunaan serbuk arang batok kelapa sebagai bahan tambah berpengaruh terhadap kinerja beton aspal. Penambahan serbuk arang batok kelapa yang berlebihan cenderung mengalami penurunan nilai stabilitas. Penggunaan arang batok kelapa juga memberikan pengaruh jelek terhadap kinerja beton aspal. Persentase bahan tambah serbuk arang batok kelapa terhadap berat total campuran yang meningkatkan kinerja beton aspal adalah $0.61\% - 2.44\% = 7.33 - 29.32$ gram (Nur dkk., 2017)

Namun berbeda dengan penelitian Putra (2013), penggunaan filler arang batok kelapa memiliki pengaruh yang baik terhadap peningkatan nilai stabilitas campuran aspal meskipun tidak signifikan. Hanya pada kadar aspal 4,5 % saja angka kenaikan stabilitas yang terjadi tampak signifikan yaitu senilai 800 kg. Nilai rongga udara dalam campuran (VIM) dan kelelahan (flow) juga menurun seiring dengan penggunaan filler arang tempurung kelapa. Dengan demikian arang tempurung kelapa masih bisa digunakan sebagai material filler campuran aspal AC-WC.

2.2. Aspal

Aspal merupakan bahan pembentuk lapis permukaan dari perkerasan lentur maupun perkerasan komposit yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah dasar atau lapis pondasi. Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah dan merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan material untuk perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah bitumen. Hidrokarbon merupakan bahan dasar utama dari aspal yang sering disebut bitumen ini. Aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan dan ketahanan campuran dalam mendukung beban kendaraan. Aspal dibutuhkan dalam jumlah tertentu untuk mengikat partikel-partikel agregat, mengisi rongga antar agregat. Kadar aspal yang rendah dalam campuran akan mengurangi keawetan, kelenturan, kekuatan, kedap terhadap air, dan mengurangi workability. Namun, bila aspal terlalu banyak juga akan mengakibatkan stabilitas dan kekakuan campuran

yang rendah. (Hardiyatmo, 2015). Spesifikasi pemeriksaan aspal dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 1,0 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintetis	
				PG70	PG76
10.	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) :					
11.	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100oC dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis (G*/sinδ) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Gambar 2.1 Spesifikasi pemeriksaan aspal

(Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018)

Gambar 2.2 Persyaratan Agregat Kasar Untuk AC-WC

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407-2008	Maks.30%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417-2008	Maks.30%
	Semua jenis aspal bergradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min.95%
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI-4142-1996	Maks.1%
Berat jenis dan penyerapan agregat kasar		SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 3%
<i>Aggregate Impact Value (AIV)</i>		BS 812: bag.3:1975	Maks.30%
<i>Aggregate Crushing Value (ACV)</i>		BS 812: bag.3:1075	Maks.30%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018

Gambar 2.3 Persyaratan Agregat Halus Untuk AC-WC

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi halus
		Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material lolos ayakan no.200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar lempung	SNI 3423: 2008	Maks. 1%
Berat jenis dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1969-1990	Bj Bulk > 2,5 Penyerapan < 5%

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018

Gambar 2.4 Gradasi Agregat

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 Bina Marga 2018)

Gambar 2.5 Toleransi Komposisi Campuran AC-WC

Agregat Gabungan	Toleransi Komposisi Campuran
Sama atau lebih besar dari 2,36mm	±6% berat total agregat
Lolos ayakan 2,36mm sampai No.50	±4% berat total agregat
Lolos ayakan No.100 dan tertahan No.200	±3% berat total agregat
Lolos ayakan No.200	±3 berat total agregat

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018)

2.3. Bahan Pengisi (filler)

Filler merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. Filler dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. #200. Fungsi filler yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (filler) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal (Hamzah dkk., 2016).

Adapun filler yang digunakan pada penelitian dan dijadikan perbandingan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

2.3.1. Serbuk Arang Batok Kelapa

Buah kelapa mempunyai hasil sampingan berupa tempurung / batok yang dapat diolah menjadi arang. Namun, selama ini tempurung kelapa hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau dibiarkan sebagai limbah. Untuk meningkatkan nilai tambah produk kelapa, perlu dilakukan upaya pemanfaatan tempurung kelapa yang cenderung meningkat sebagai bahan baku pembuatan arang aktif (Hadi, 2011).

Menurut Isnanda dkk. (2017) abu tempurung kelapa merupakan lapisan yang keras terdiri dari selulosa, mektosil, lignin dan mineral lainnya. Kandungan dari bahan-bahan tersebut beragam disesuaikan dengan jenis kelapa. Berat dari tempurung kelapa berkisar 12% dari berat total keseluruhan kelapa, sedangkan pengaruh dari struktur tempurung yang keras adalah kandungan silika (SiO_2) yang cukup tinggi.

Serbuk arang batok kelapa merupakan salah satu limbah yang dikatakan sesuai dengan persyaratan agregat sebagai bahan jalan yang apabila ditinjau dari proses terbentuknya meliputi batuan dan bahan sisa/bekas. Serta ditinjau dari kriteria penggunaan, sumber, bentuk bahan bekas dan klasifikasinya maka, serbuk arang batok kelapa dapat memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus.

Serbuk Arang Batok Kelapa yang dipergunakan pada campuran beton aspal harus tumbuk dan disaring untuk mendapatkan ukuran butir yang diinginkan serbuk yang lolos saringan No. 200 (0.075mm). Serbuk arang batok kelapa memiliki sifat mengandung senyawa Carbon non Polar yang sama seperti senyawa Carbon aspal (Nur dkk., 2017).

2.3.2. Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif dan kohesif digunakan sebagai bahan pengikat (Bonding material) yang dipakai bersama batu kerikil, pasir, dan diberi air dan selanjutnya akan mengeras menjadi suatu masa yang padat (Zulfikar dkk., 2014).

Semen merupakan satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air maupun mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu

keatuan kompak. Sifat pengikat semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungannya. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga hanya dengan rentang 1% - 2% (Bina Marga, 2018).

Semen ini biasa digunakan sebagai bahan perekat. Kandungan tentang komposisi senyawa kimia pada semen portland dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.6 Kandungan semen portland sebagai *filler* LASTON

Nama Senyawa	Persentase
Tricalcium Silicate (C3S)	51%
Dicalcium Silicate (C2S)	24%
Tricalcium Aluminate (C3A)	6%
Tricalcium Aluminate Ferrit (C4AF)	11%
Magnesium Oksida (MgO)	2.9%
Sulfur Trioksida (SO ₃)	2.5%

2.4. Agregat

ASTM 1995 mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen. Agregat, berdasarkan proses pembentukannya terdiri dari 2 jenis yaitu agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam, berdasarkan proses pembentukannya, terbagi lagi atas batuan endapan, batuan beku dan batuan metamorph. Berdasarkan proses pengolahannya agregat dibedakan atas agregat alam yang mengalami proses pengolahan alami terlebih dahulu dan agregat buatan yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu (Waani, 2013).

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2018 yaitu:

- a. Agregat Kasar (Course Aggregate), yakni yang tertahan saringan no. 8
- b. Agregat Halus (Fine Aggregate), yakni yang lolos saringan no. 4 dan tertahan saringan no.200.

2.4.1. Agregat Kasar

Menurut Bina Marga, (2018) agregat kasar adalah agregat yang lolos pada saringan 3/4” (19,1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Stabilitas mekanis agregat harus mempunyai suatu kekerasan untuk menghindari terjadinya suatu kerusakan akibat beban lalu lintas dan kehilangan kestabilan. Pemeriksaan ketahanan terhadap abrasi dengan menggunakan mesin los angeles, jika dalam pemeriksaan ini kehilangan berat lebih dari nilai yang ditentukan, maka agregat tidak layak untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan. Bentuk butir sangat menentukan kekuatan selain gradasi, kekompakkan dan kekerasan. Bentuk yang bundar relatif kurang stabil dibandingkan permukaan dengan bidang patah. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen 9 terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih.

2.4.2. Agregat Halus

Agregat halus adalah fraksi agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) terdiri 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 (Bina Marga, 2018).

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 disyaratkan. Fraksi agregat halus dan pasir harus ditumpuk terpisah sehingga pemakaian 13 dalam campuran dapat dikendalikan. Bahan baku untuk agregat halus harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan.

Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu Abu Batu. Abu batu adalah batuan bahan bangunan yang merupakan hasil dari proses penghancuran bongkahan batu yang digunakan untuk campuran beton. Abu batu bisa dibilang memiliki jumlah yang sangat banyak dan masih dalam tahap pengembangan untuk mengurangi penggunaan pasir dalam adukan beton. Abu batu terdiri dari butiran yang cukup kasar. Ditinjau dari ukuran butirannya maka abu batu merupakan agregat halus. Abu batu memiliki penyerapan air yang lebih tinggi dari pada pasir alami, maka dari itu untuk mendapatkan kelecakan campuran beton yang sama dengan kelecakan campuran beton menggunakan pasir alami. (Ibrahim dan Saelan, 2019),

Pada umumnya pada perkerasan jalan, abu batu digunakan sebagai filler dalam campuran aspal karena abu batu merupakan agregat yang lolos saringan no.200 dan tertahan di pan. Abu batu yang tertahan di pan merupakan filler, dan partikel abu batu yang lolos saringan no.4 dan tertahan

pada saringan no.200 masih termasuk agregat halus. Maka dari itu pada penelitian yang dilakukan ini, abu batu yang tertahan saringan no.200 adalah agregat yang digunakan sebagai agregat halus.

2.5. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) pada konstruksi jalan raya merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus (well graded) dengan atau tanpa bahan tambahan. material-material tersebut diangkut ke lokasi, dan kemudian dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C sehingga disebut beton aspal campuran panas (hotmix) (Sukirman, 2003).

Lapis Aspal Beton (Laston) terdiri dari AC (Asphalt Concrete) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus. Lapisan ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (Asphalt Concrete Base / Asphalt Treated Base). Laston sebagai lapisan aus (Wearing Course) adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan yang digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat, dan merupakan lapisan kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai tebal nominal laston 4- 6 cm (Bina Marga, 2010). Berdasarkan kegunaannya AC – WC di bagi menjadi dua yaitu AC – WC yang bergradasi kasar dimana agregat kasar lebih dominan pada campuran ini, yakni tertahan saringan No.8 (2.36 mm), biasanya digunakan untuk daerah pegunungan, gerbang tol dan dekat lampu lalu lintas, sedangkan

AC – WC yang bergradasi halus dimana agregat halus lebih dominan pada campuran ini, yakni lolos saringan No.8 (2.36 mm) , biasa digunakan untuk jalan raya yang memiliki deformasi tidak terlalu besar.

Bahan lapis aspal beton yang digunakan merupakan campuran homogen yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler) sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Lapis Aspal Beton (Laston) dibuat untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan pada perkerasan jalan yang mampu memberikan daya dukung serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut:

1. Tahan terhadap tekanan (stability)

Tahan terhadap tekanan adalah kemampuan dari suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Jalan yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan suatu perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan internal dan kohesi.

2. Keawetan (durability)

Keawetan adalah kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepampatan dan kedap airnya campuran. Semakin tebal film aspal akan mengakibatkan mudah terjadi bleeding yang akan menyebabkan jalan semakin licin.

3. Kelenturan (flexibility)

Kelenturan adalah kemampuan dari beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/settlement) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat yang bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance)

Ketahanan terhadap kelelahan adalah suatu kemampuan dari beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak.

5. Kekesatan atau tahanan geser (skid resistance)

Kekesatan atau tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga roda kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Selain itu

agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga harus mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.

6. Kedap air (impermeable)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Mudah dilaksanakan (workability)

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipampatkan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur gradasi serta kondisi agregat.

Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course), dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm, terletak dibawah lapisan aus (Wearing Course) dan di lapisan pondasi (Base Course)
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm

Lapisan aspal beton (Laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. (Suhardi dkk. 2016).

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	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 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min.	2		

Gambar 2.7 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC-WC)

(Sumber : Spesifikasi umum Bina Marga 2018)

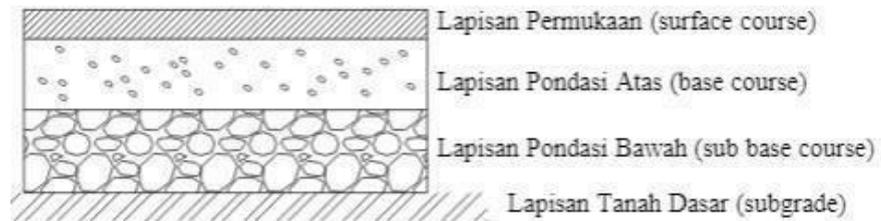
2.6. Struktur Perkerasan Jalan

Campuran pada perkerasan jalan adalah agregat dan bahan ikat (binder) yang diletakkan di atas tanah dasar yang dipadatkan untuk melayani beban lalu lintas. Tujuan dibuatannya struktur perkerasan jalan adalah untuk mengurangi tegangan atau tekanan yang disebabkan beban roda sehingga mencapai tingkat nilai yang dapat diterima oleh tanah yang memikul beban tersebut.

Pada penelitian ini yang digunakan adalah konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), dimana perkerasan ini menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Konstruksi ini memungkinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas, itulah mengapa konstruksi ini disebut “lentur”. Lapisan ini memiliki fungsi memikul dan mendistribusikan beban lalu lintas dari permukaan hingga ke tanah dasar.

Susunan struktur jalan (perkerasan lentur) di Indonesia pada umumnya mengacu kepada standar USA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

Gambar 2.8 Lapis struktur perkerasan



2.7. Lapisan Permukaan (surface course)

Lapis permukaan / Lapisan Aus (Wearing Course) adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas, yang biasanya kita pijak dan bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Fungsi lapis aus (Wearing Course) antara lain sebagai berikut :

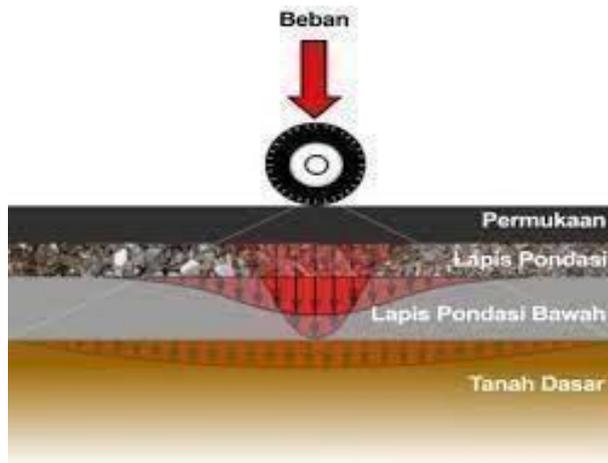
1) Sebagai lapisan aus, yaitu lapisan yang semakin lama semakin tipis karena langsung bersentuhan dengan roda-roda kendaraan lalu lintas, dan dapat diganti lagi dengan yang baru. Dengan persyaratan mempunyai stabilitas tinggi.

- 2) Sebagai lapisan kedap air, untuk mencegah air hujan terserap ke lapisan dibawahnya, yang apabila terserap dapat mengakibatkan melemahnya lapisan tersebut.
- 3) Menyediakan permukaan jalan yang aman dan kesat (anti selip).
- 4) Lapis yang fungsinya menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga lapisan lainnya dapat ikut memikul.
- 5) Menyediakan permukaan jalan yang baik dan rata sehingga nyaman dilalui.

2.8. Penyebaran Pada Perkerasan Jalan

Kendaraan pada posisi berhenti di atas struktur perkerasan akan menimbulkan beban langsung pada arah vertikal yang terpusat pada kontak kecil antara roda dengan perkerasan. Saat kendaraan bergerak, terdapat tambahan beban dinamis pada arah horizontal akibat percepatan pergerakan pada kendaraan dan pada arah vertikal disebabkan pergerakan kendaraan keatas dan kebawah karena perkerasan yang tidak merata.

Lapisan-lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang telah dipadatkan merupakan lapis pada konstruksi perkerasan lentur. Lapisanlapisan tersebut memiliki fungsi menerima beban lalu lintas dan mnyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Beban kendaraan disebarkan ke perkerasan jalan melalui kontak roda berupa beban terbagi rata atau P_0 . Kemudian beban tersebut diterima oleh lapisan permukaan dan disebarkan ke tanah dasar menjadi P_1 yang lebih kecil dari daya dukung tanah dasar. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.9 Distribusi beban pada struktur jalan

Lapisan perkerasan akan mengalami pembebanan yaitu beban tekan dan tarik. Dimana beban tarik adalah beban yang menyebabkan adanya retak, awal mula retakan (crack initiation) terjadi pada bagian bawah lapisan perkerasan yang selanjutnya akan menjalar ke permukaan. Namun, retakan juga bisa diawali pada bagian atas lalu lintas yang kemudian menyebar ke bawah permukaan.

Salah satu sebab kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan adalah meningkatnya beban dan repetisi beban yang akhirnya mengarah kepada retak pada lapisan beraspal. Selain itu cuaca juga menyebabkan kerapuhan yang dapat menyebabkan lapisan beraspal menjadi rentan terhadap retak. Apabila retak mulai meluas dan tidak dilakukan perbaikan, maka retak akan terus meluas dengan cepat dan akan menciptakan lubang.

2.9. Karakteristik Campuran

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

(workability). Di bawah ini adalah karakteristik yang akan diinginkan dalam penelitian.

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butirbutir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.

- Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda 21 kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat penaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai durabilitas adalah:

- Tebalnya selimut aspal
- Banyaknya pori dalam campuran
- Kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. 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.

4. Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya esek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu:

- Kekasaran permukaan dari butir-butir agregat
- Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
- Gradasi agregat
- Kepadatan campuran
- Tebal film aspal.

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

Faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu:

- Kecilnya presentasi porositas
- Gradasi agregat
- Kepadatan campuran

2.2. Landasan Teori II

2.2.1. Pengujian Gradasi

Pengujian agregat bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik agregat yang diperoleh dari hasil pemecahan stone crusher (mesin pemecah

batu). Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dapat di bedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (gap grade), gradasi menerus (continuous grade) dan gradasi seragam (uniform grade). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan standard dari BS 812, ASTM C-33, C 136, ASHTO T.26 ataupun Standard Nasional Indonesia.

Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk menentukan komposisi dari bricket/sample campuran Aspal yang akan kita jadikan acuan untuk pengaspalan di lokasi proyek, hasil dari uji gradasi ini akan di peroleh pada grafik amplop yang nantinya pada grafik ini di tentukan berapa persen komposisi yang masuk spesifikasi. Saringan/ayakan untuk gradasi ini berbeda dengan gradasi tanah dan lapisan berbutir, adapun ukuran gradasi aspal dari yang terbesar hingga yang terkecil adalah 1.5” , 1” , 3/4” ,1/2” , 3/8” , #4 , #8, #16 , #30, #50, #100, #200

2.2.2. Pengujian Volumetrik Benda Uji

Dilakukannya pengujian volumetrik ini bertujuan untuk membandingkan volumetrik benda uji yang akan digunakan pada pengujian marshall yaitu berupa stabilitas dan flow. Pengujian volumetrik dilakukan dengan cara membandingkan nilai density, VMA, VIM, dan VFB pada benda uji untuk masing-masing alat uji digital dan analog. pengujian marshall.

Data-data yang diperoleh dari test laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini.

A. Berat Jenis

a) Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut ini.

$$\text{Bulk} = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.1)$$

$$\text{SSD} = \frac{B}{(B-C)} \quad (2.2)$$

$$\text{APPT} = \frac{A}{(A-C)} \quad (2.3)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(B-A)}{(BA)} \times 100 \% \quad (2.4)$$

dengan,

Bulk = Berat jenis

SSD = Berat jenis kering permukaan

APPT = Berat jenis semu

A = berat benda contoh uji kering oven (gr)

B = berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

C = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gr)

b) Berat jenis agregat halus & filler dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Bulk} = \frac{BK}{(B+500-Bt)} \quad (2.5)$$

$$\text{SSD} = \frac{500}{(B+500-Bt)} \quad (2.6)$$

$$\text{APPT} = \frac{BK}{(B+BK-Bt)} \quad (2.7)$$

$$\text{Penyerapan} = \frac{(500-BK)}{BK} \times 100 \% \quad (2.8)$$

dengan,

Bulk = Berat jenis

SSD = Berat jenis kering permukaan

APPT = Berat jenis semu

500 = Berat benda uji (gram)

Bk = Berat uji kering (gram)

B = Berat picnometer diisi air (25°C) (gram)

Bt = Berat piknometer + berat benda uji (SSD) + air (25°C) (gram)

c) Berat jenis bulk gabungan (U)

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{(Bj a Bulk)}\right) + \left(\frac{b}{(Bj a Bulk)}\right) + \left(\frac{c}{(Bj a Bulk)}\right) + \left(\frac{d}{(Bj a Bulk)}\right)} \quad (2.9)$$

d) Berat jenis apparent gabungan (App)

$$App = \frac{100}{\left(\frac{a}{(Bj a App)}\right) + \left(\frac{b}{(Bj a App)}\right) + \left(\frac{c}{(Bj a App)}\right) + \left(\frac{d}{(Bj a App)}\right)} \quad (2.10)$$

e) Berat jenis efektif (V)

$$V = \frac{U + App}{2} \quad (2.11)$$

Dari data tersebut diperoleh harga Density, Stabilitas, Marshall Quotient

2.2.3. Kadar Aspal Tengah (Pb)

Kadar aspal tengah digunakan untuk menentukan kadar awal aspal yang nantinya akan digunakan pada penelitian di laboratorium, guna untuk memperoleh kadar aspal yang akan dipakai dalam perencanaan di lapangan. Kadar aspal tengah (Pb) yang diperoleh menggunakan persamaan sesuai spesifikasi umum Bina Marga, 2018 sebagai berikut :

$$P = 0.035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0.18 (\%filler) + K \quad (2.12)$$

dengan,

P = Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = Persen agregat tertahan saringan no.8

FA = Persen agregat lolos saringan no.8 dn tertahan saringan no.200

Filler = Persen agregat minimal 75% lolos saringan no.200

K = Konstanta (0.5 – 1 untuk laston, 2 – 3 untuk lataston; 1- 25 untuk campuran lain).

2.2.4. Pengujian 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 flownya, 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.

Dari hasil pengamatan pada pengujian marshall kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal Void Filled With Bitumen (VFB), Volume pori diantara partikel agregat Voids in Mineral Aggregates (VMA), presentase rongga dalam campuran Void in the Mix (VIM), kelelahan (flow), stabilitas, dan Marshall Quotient (MQ). Berikut ini penjelasan dari kata-kata di atas :

a) VMA adalah volume pori diantara partikel agregat dalam campuran yang telah dipadatkan, termasuk pori yang terisi oleh aspal, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran. Rumus VMA adalah :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \quad (2.13)$$

dengan, G_{mb} = berat jenis campuran padat (AASHTO T-166)

G_{sb} = berat jenis curah agregat

Ps = persen agregat terhadap berat total campuran

b) VFB adalah volume pori di antara partikel-partikel agregat yang terisi aspal dalam campuran padat, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran.

Rumus VFB adalah :

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \quad (2.14)$$

dengan, VFB = rongga terisi aspal persen terhadap VMA

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran

VIM = rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran

c) VIM disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidak seragaman bentuk agregat. Rongga udara merupakan indikator durabilitas campuran beraspal sedemikian sehingga rongga tidak terlalu kecil atau terlalu besar. menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous.

Rumus VIM adalah :

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \quad (2.15)$$

dengan, Gmm = berat jenis maksimum campuran

Gmb = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)

d) Kelelahan (flow) adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Besarnya nilai flow dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai flow dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

e) Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalulintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (rutting), maupun mengalami bleeding. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi atau penetrasi aspal, kadar aspal, gesekan (internal friction), sifat saling mengunci (interlocking) dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Rumus stabilitas adalah :

$$S = P \times r \quad (2.16)$$

dengan, P = Kalibrasi proving ring pada o

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas

f) Nilai MQ menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Bila nilai MQ terlalu tinggi, maka campuran akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Sebaliknya bila nilai MQ terlalu rendah, maka perkerasan menjadi terlalu lentur dan cenderung kurang stabil. Rumus MQ adalah :

$$MQ = \frac{s}{t} \quad (2.17)$$

dengan, S = Nilai stabilitas terpendang (Kg)

t = Nilai kelelahan/flow (mm)

Dari hasil yang telah didapatkan tersebut dapat diperoleh kadar aspal optimum berdasarkan kriteria di batas, untuk kemampuan campuran yang sesuai dengan Standar Bina Marga. Persyaratan campuran lapis aspal untuk lalu lintas berat berdasarkan buku petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Tabel IV halaman 10, untuk jalan raya adalah sebagai berikut : Rongga terisi aspal : > 75%
Rongga dalam campuran : 3% - 5%
Kelelehan : 2mm – 4mm
Stabilitas + kelelehan : 200 kg/mm – 350 kg/mm

Dalam perencanaan campuran aspal yang ideal maka harus memenuhi syarat antara stabilitas yang tinggi, fleksibilitas yang rendah, rongga pori yang kecil, dan rongga dalam campuran yang kecil.