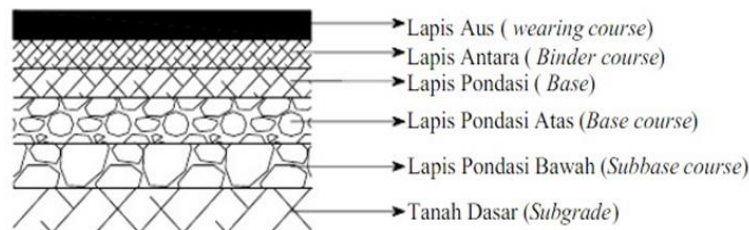


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan Lentur

Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar, lapisan tersebut berfungsi menerima beban lalu lintas dan menyebar ke lapisan bawahnya, lapisan bawah yang terbuat dari material yang lebih lemah. Dibawah ini adalah perkerasan lentur terdiri dari beberapa komponen yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Lapis Perkerasan Jalan Lentur
Sumber : Sukirman (2003)

2.2. Lapis Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003) lapis aspal beton (Laston) digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Menurut Bina Marga (2007) aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau *filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, di hamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi. Laston (Lapis Aspal Beton) yang dikenal dengan AC (*Asphalt Concrete*) adalah lapis permukaan yang terdiri atas laston sebagai lapisan aus AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), laston sebagai lapis antara AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dan laston sebagai lapis pondasi AC-Base. Laston terbuat dari agregat yang bergradasi kasar dengan dominasi pasir dan aspal keras yang

dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Berdasarkan fungsinya lapis aspal beton mempunyai 3 macam campuran yaitu :

- AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) adalah lapis permukaan (lapis aus) yang kontak langsung dengan cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air. Memiliki ketebalan minimum 4 cm
- AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah lapis perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapis pondasi (*Base Course*). Lapis AC-BC memiliki ketebalan minimum 6 cm
- AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) adalah lapis pondasi, biasanya dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan. Lapis AC-Base memiliki ketebalan minum 7,5 cm

Campuran beraspal panas memiliki ketentuan sifat-sifat menurut spesifikasi kementerian PU RI-Ditjen Bina Marga

Tabel 2.1. Ketentuan Sifat Campuran Beraspal Panas Laston Limbah Plastik

Sifat-sifat campuran		Laston Limbah Plastik (ACLp)		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,4		
Rongga dalam Campuran (VIM) (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (VFA) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	900		2000
Pelelehan (mm)	Maks	2		3
	Min	4		6

Sumber: kementerian PU RI-Ditjen Bina Marga,Spesifikasi Khusus Interim Tabel 1.6.10.3.(2)

2.2.1. Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

Asphalt Concrete-Binder Course merupakan lapis perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*Wearing-Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*) lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting dalam campuran ini adalah stabilitas. Mutu material pembentuk lapisan perkerasan jalan dalam hal ini campuran aspal beton lapis antara (AC-BC) adalah salah satu faktor penentu kinerja lapis perkerasan jalan (AASHTO, 1993).

2.3. Aspal Modifikasi Polymer

Dalam ilmu kimia *Polymer* adalah senyawa yang terbentuk dari rangkaian atom panjang secara berulang atau disebut monomer. Aspal polimer merupakan salah satu dari aspal modifikasi. Modifikasi aspal polimer umumnya dengan sedikit penambahan sekitar 2-6% sudah dapat meningkatkan ketahanan yang tinggi dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih lama serta dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Aspal polimer dibagi menjadi dua yaitu Polimer Elastomer (Karet alam, getah asli, silikon) dan polimer plastomer (Polimer bersifat plastis). Aspal modifikasi dengan polimer dapat memperbaiki karakteristik penuaan dari *Binder* (aspal), efek dari polimer menyebabkan oksidasi bisa ditunda sehingga perkerasan menggunakan polimer dapat bertahan lebih lama. Aspal modifikasi polimer juga penggunaannya untuk mengontrol terjadinya deformasi permanen, bisa meningkatkan daktilitas sehingga daya ikat lebih tahan lama terhadap adanya tekanan termasuk pada suhu rendah atau dikarenakan beban lalu lintas dari ketahanan kelelahan (*Fatigue Resistance*).

Dengan ditambahkan polimer dapat meningkatkan kekakuan dan meningkatkan kepekaan terhadap suhu. Berikut alasan digunakan modifikasi aspal dengan polimer :

1. Bisa meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran aspal
2. Mengurangi potensi terjadinya *Cracking* (retak)
3. Meningkatkan ketahanan lelah (*Fatigue*)
4. Meningkatkan daya tahan oksidasi dan penuaan campuran
5. Dengan polimer agar aspal lebih kuat dan kaku pada temperatur tinggi sehingga mengurangi potensi terjadinya deformasi.

Kelebihan penelitian menggunakan aspal modifikasi *Polymer* :

1. Dengan campuran sampah plastik dibandingkan campuran beraspal panas standar dapat menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi maka campuran aspal tersebut akan semakin tahan terhadap deformasi.
2. Dengan menggunakan sampah plastik yang dimanfaatkan untuk campuran aspal bisa menghemat penggunaan aspal dan dapat mengurangi sampah yang bisa menyebabkan pencemaran lingkungan karena butuh waktu lama untuk bisa terurai.
3. Penggunaan sampah plastik yang dimodifikasi dengan aspal bisa mengakibatkan aspal lebih tahan air karena dalam kondisi cair plastik memiliki sifat pengikat yang sangat baik, sebagaimana aspal. Plastik cair mampu mengisi ruang antar kerikil dan aspal sehingga umur aspal bisa lebih tahan lama dan membuat air hujan tak bisa merembes dan pada akhirnya merusak jalanan. Aspal plastik mencegah pembentukan lubang dibandingkan aspal biasa

2.4. Bahan Tambah (*Additive*)

Aspal yang berfungsi sebagai perekat agregat dalam campuran aspal beton sangat penting dipertahankan karakteristiknya. Untuk mempertahankan atau meningkatkan sifat aspal tersebut salah satunya bisa menggunakan bahan tambah/*additive*. *Additive* adalah suatu komponen tambahan di luar komponen utama dalam aspal beton yang dicampurkan sehingga dapat memberikan pengaruh yang positif di dalamnya. Banyak penelitian yang menggunakan bahan tambah dalam campuran lapis aspal beton antara lain menggunakan Gilsonite yang dilakukan oleh Putra (2014). Penggunaan Gilsonite

sebagai *additive* pada perkerasan lentur jalan raya, dapat meningkatkan stabilitas.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Apriyanti (2018). Menggunakan getah kemenyan sebagai bahan *additive* pada campuran aspal. Dengan menambahkan getah kemenyan pada karakteristik aspal beton menghasilkan peningkatan dan penurunan nilai stabilitas *Marshall*. Dengan *additive* getah kemenyan kadar 2% diperoleh nilai stabilitas yang baik dan pada kadar 4% nilai stabilitas *Marshall* mengalami penurunan. Penelitian lainnya yang dilakukan Wijaya dkk, (2016). Menggunakan zat *additive* lateks pada aspal beton. Dengan menggunakan lateks kestabilan aspal semakin meningkat. Kadar yang digunakan adalah 15%, 20%, dan 25%. Pada kadar 15% stabilitas aspal tidak memenuhi spesifikasi standar, tetapi seiring dengan kenaikan kadar lateks kestabilan aspal memenuhi spesifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa lateks berpengaruh baik dalam meningkatkan kestabilan aspal. Penelitian lainnya menggunakan zat *additive* menggunakan anti stripping yang dilakukan oleh Aminsyah (2014). Variasi kadar *Fatty Amido-Polyamine* yang digunakan 0,1%, 0,3%, 0,5% dan 1% terhadap berat aspal. Dengan penambahan *Fatty Amido-Polyamine* sebanyak 0,3% dapat meningkatkan nilai stabilitas dan meningkatkan durabilitas dengan nilai yang cukup signifikan yang ditunjukkan oleh nilai stabilitas sisa.

2.4.1. Plastik

Plastik adalah bahan yang terbentuk dari produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Bahan baku pembuatan plastik adalah minyak dan gas sebagai sumber alami. Menurut Erliza (dalam Nurminah, 2002). Plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *Polyethylene*, *Polypropylene*, *Polystyrene*, dan *Polyvinil Chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *Phenol Formaldehid* dan *Urea Formalhedid* (Nurminah, 2002). Di bawah ini terdapat jenis-jenis plastik antara lain :

1. PET/PETE (*Polyethylene Terephthalate*)

PET adalah film yang lunak, transparan dan fleksibel mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Secara fisik bahan PE dapat didaur ulang dengan mudah dengan proses pemanasan suhu 110°C. Penggunaan bahan PE sering digunakan untuk botol plastik : botol air mineral, jus/botol yang tembus pandang.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. Plastik jenis ini digunakan untuk botol sampo, Tupperware.

3. V/PVC (*Polyvinyl Chloride*)

Lebih dari 50% PVC banyak digunakan pada konstruksi bangunan karena relative murah, tahan lama.

4. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Plastik jenis ini sering digunakan untuk kemasan, kantong plastik, botol-botol bersifat lunak.

5. PP (*Polypropilena*)

Plastik PP memiliki sifat sangat mirip dengan plastik PE dan sifat penggunaannya serupa (Brody, 1972). PP digunakan dalam kemasan makanan ringan/snack, sedotan, kantong obat dan lain-lain.

6. PS (*Polystyrene*)

PS mempunyai *softening point* rendah (90°C) sehingga PS tidak digunakan untuk pemakaian suhu tinggi.

7. *Other (Styrene Acrylonitrile (SAN), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polycarbonate)*

Jenis plastik dalam kategori ini terbuat dari bahan selain bahan yang disebutkan di atas.

2.4.1.1. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE atau disebut Polietilena (disingkat PE) biasa digunakan untuk membungkus makanan, LDPE merupakan plastik polietilen berat jenis rendah. Sesuai urutannya,

LDPE adalah plastik berlogo segitiga dengan kode 4 pertama kali diproduksi oleh *Imperial Chemical Industries* (ICI). LDPE dapat bertahan pada temperature 90°C. plastik jenis ini jika dibakar dengan suhu 170°C akan mengeluarkan zat beracun. dalam agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*). Secara kimia LDPE mirip dengan HDPE. Tetapi secara fisik LDPE lebih fleksibel. Telah diproduksi LDPE yang memiliki bentuk linier dan dinamakan LLDPE (*Low Linier Density Polyethylene*). Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi namun melarut dalam benzena dan *Tetrachlorocarbon* (CC14) (Billmayer, 1971 dalam Sari Permata Dian 2014).

Menurut Wantoro dkk, (2013) LDPE bisa tembus cahaya, sangat kuat, sangat lentur, kedap air dan tidak dapat dihancurkan seperti plastik lain yang lebih keras. Menurut Suroso dkk, (2003) menyebutkan aspal modifikasi polimer dapat menaikkan titik lembek aspal sehingga indeks penetrasi aspal naik, dengan demikian aspal tidak mudah terpengaruh oleh perbedaan temperatur dengan naiknya indeks penetrasi maka naiknya *siftness modulus* akan naik yang pada akhirnya akan menghasilkan lapisan perkerasan yang lebih tahan terhadap beban berat dan padat. Menurut Mohammad dan Lina (2007) penggunaan limbah plastik LDPE sebagai substitusi aspal penambahan kadar 6-18% dari berat kadar aspal optimum dapat mengurangi deformasi pada perkerasan jalan dan bisa memberikan peningkatan daya adhesi antara aspal dan agregat.

Vasudevan (2013), penggunaan limbah plastik sebesar 10% dalam campuran perkerasan akan dapat mengurangi 3% rongga dari campuran konvensional. Penggunaan limbah plastik LDPE sebagai pelapis agregat diharapkan dapat memberikan perbaikan kualitas campuran perkerasan terutama dari segi karakteristik campuran beton aspal. Vasudevan (2013), ketika plastik cair ditambah ke batu dan campuran aspal, sesuai dengan sifat plastik yaitu melekat cepat dan mengikat kedua bahan menjadi satu, plastik yang dimodifikasi dengan aspal akan membuat jalan tahan

lama dikarenakan lapisan plastik cair mampu mengisi ruang antara kerikil dan aspal sehingga membuat air hujan tidak meresap dan pada akhirnya akan merusak jalanan. Aspal plastik dapat mencegah pembentukan lubang.

Menurut Suroso (2009), campuran aspal plus plastik LDPE maupun dengan cara kering atau basah menyatakan bahwa cara kering dalam penambahan LDPE menghasilkan karakteristik *Marshall*, Stabilitas Dinamis, dan Resilien modulus lebih besar dari aspal pen 60 namun lebih rendah dari cara basah. Dari segi ekonomi cara kering diperkirakan lebih murah karena waktu pencampuran lebih cepat tidak memerlukan alat pengaduk dan lebih mudah di *handle* daripada cara basah. Menurut Sjamjudin, (2017) menyatakan bahwa dengan penambahan 6% limbah plastik kresek terhadap berat aspal pada campuran beraspal panas, menunjukkan peningkatan nilai stabilitas sebesar 40% dan lebih tahan terhadap deformasi serta retak lelah. Menurut Jonathan (2017) nilai stabilitas cenderung meningkat bila campuran aspal diselimuti limbah plastik LDPE. Polietilena (PE) atau *Polyethylene* adalah suatu poliolefin (mirip minyak) yang paling banyak digunakan sebagai bahan pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga ataupun kemasan makanan dan minuman karena harga yang murah, sifatnya lentur resisten (ketahanan) terhadap suhu rendah, umum nya resisten terhadap bahan-bahan kimia.

Polyethylene dibagi menjadi 10 yaitu :

1. UHMWPE (*Ultra High Molecular Weight Polyethylene*) Polietilena bermassa molekul sangat tinggi berkisar antara 3,1 hingga 5,67 juta tinggi massa molekul membuat plastik sangat kuat.
2. ULMWPE atau PE-WAX (*Ultra Low Molecular Weight Polyethylene*) polietilena bermassa molekul sangat rendah
3. HMWPE (*High Molecular Weight Polyethylene*) Polietilena bermassa molekul tinggi
4. HDPE (*High Density Polyethylene*) Polietilena berdensitas tinggi.
HDPE mempunyai densitas 0,95-0,97 g/cm³, dan memiliki titik leleh diatas 127°C (beberapa macam berkisar 135°C).

5. HDXLPE (*High Density Cross-Linked Polyethylene*) Polietilena ini berdensitas tinggi
6. PEX atau XLPE (*Cross-Linked Polyethylene*) dengan kepadatan menengah hingga tinggi yang memiliki sambungan *Cross-Linked* pada struktur polimernya. Sifat ketahanan terhadap temperatur tinggi meningkat seperti juga ketahanan terhadap bahan kimia.
7. MDPE (*Medium Density Polyethylene*) Polietilena berdensitas menengah mempunyai densitas 0,926-0,940 g/cm³.
8. LDPE (*Low Density Polyethylene*) Polietilena dengan densitas rendah mempunyai densitas 0,910-0,94 g/cm³, dan memiliki titik leleh 100-120°C.
9. LLDPE (*Linear Low Density Polyethylene*) Polietilena dengan densitas atau memiliki 0,915-0,925 g/cm³.
10. Polietilen dengan densitas sangat rendah atau *Very Low Density Polyethylene* (VLDPE). Polietilena ini memiliki densitas antara 0,86-0,90 g/cm³.

Berdasarkan densitas dan berat molekul penyusunannya, polietilena memiliki tiga produk, yaitu :

1. *Low Density Polyethylen* (LDPE)
Densitas : 0,910-0,94 g/cm³
Berat molekul : 10.000-15000 gr/mol
2. *Medium Density Polyethylen* (MDPE)
Densitas : 0,915-0,925 g/cm³.
Berat molekul : 15000-35000 gr/mol.
3. *High Density Polyethylen* (HDPE)
Densitas : 0,95-0,97 g/cm³
Berat molekul : 35000-100.000 gr/mol

2.5. Metode Pencampuran Aspal Plastik

Ada dua cara untuk melakukan pencampuran plastik dengan tujuan menaikkan kinerja campuran beraspal (Zoorob, 2000) :

1. Metode *Dry Process* (Cara Kering)



Gambar 2.2. Metode *Dry Process*

Sumber : Buku *Teknologi Aspal Plastik*

Pada metode ini limbah plastik digunakan sebagai bahan modifikasi agregat. Pencampuran metode ini yaitu dimana plastik yang sudah meleleh dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan kemudian aspal panas ditambahkan dengan lama waktu pencampuran selama 45 detik. Cara ini lebih murah dibandingkan cara basah, lebih mudah hanya dengan memasukkan plastik ke dalam agregat panas tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur. Namun kekurangan cara ini adalah harus benar-benar dapat dipertanggungjawabkan kehomogenan dan keseragaman kadar plastik yang dicampurkan.

Menurut Fardan (2019) metode *Dry Process* tidak perlu dilakukan pengujian mutu seperti *Wet Process* karena limbah plastik berperan sebagai *filler*.

2. Metode *Wet Process* (Cara Basah)



Gambar 2.3. Metode *Wet Process*

Sumber : Fardan (2019)

Menurut Fardan (2019) metode *Wet Process* limbah plastik pada metode ini berperan sebagai *additive*. Dalam pencampuran bahan dilakukan menggunakan *Mixer* dengan kecepatan tinggi agar campuran bersifat homogen. Setelah itu dilakukan uji mutu campuran aspal dan limbah plastik tersebut. Pengujian mutu yang dilakukan yaitu titik lembek, penetrasi, dan berat jenis dari aspal modifikasi tersebut. Uji mutu dilakukan untuk mengetahui proses pencampuran telah mencapai ketentuan yang diisyaratkan yang terdapat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 2.2. Ketentuan Aspal Keras

Jenis Pengujian	Standar Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
			A	B
			Asbuton yang diproses	Elastomer Sintetis
Penetrasi, 25°C (mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min 50	Min 40
Berat Jenis	SNI 2432:2011	≥ 1	≥ 1	≥ 1
Titik Lembek, (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
Daktalitas 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6

Setelah uji mutu aspal mencapai ketentuan yang diisyaratkan, aspal modifikasi dicampur dengan agregat panas seperti pembuatan benda uji pada metode yang dilakukan sebelumnya.

Menurut Purnamasari (2010) *Wet Process* yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antar lain bahan bakar, *Mixer* kecepatan tinggi.

Namun menurut Afriyanto dkk (2019) terdapat 3 (tiga) metode pencampuran aspal dengan plastik untuk menghasilkan aspal modifikasi yang homogen dan tidak menggumpal :

- 1). Metode campuran Aspal Dingin-Plastik Dingin, pencampuran dilakukan dengan memasukkan aspal dan plastik pada wadah yang sama, kemudian dilakukan pemanasan dan pengadukan. Proses ini dilakukan hingga aspal modifikasi menjadi homogen. Temperatur pencampuran saat aspal modifikasi menjadi homogen dicatat Plastik LDPE dingin harus diproses terlebih dahulu dengan cara dibakar hingga meleleh sempurna. Kemudian hasil lelehan LDPE didiamkan sekitar 30 menit hingga plastik tersebut mengeras. Plastik hasil pembakaran yang telah didinginkan kemudian ditimbang sesuai porsi kadar pengujian untuk dicampurkan ke dalam aspal panas. Kemudian aspal modifikasi plastik LDPE tersebut dituang ke dalam media benda uji untuk masing-masing pengujian.
- 2). Metode campuran Aspal Panas-Plastik Dingin, pencampuran dilakukan dengan cara aspal dipanaskan terlebih dahulu hingga cair, kemudian ditambahkan plastik. Selanjutnya dilakukan pengadukan selama pencampuran hingga menghasilkan aspal modifikasi yang homogen. Temperatur pencampuran saat diperoleh aspal modifikasi yang homogen dicatat.
- 3). Metode campuran Aspal Panas-Plastik Panas, aspal dan plastik dipanaskan pada wadah yang berbeda. Setelah keduanya mencair, aspal

dituang ke dalam wadah plastik yang telah mencair. Kemudian dilakukan pengadukan selama pencampuran hingga aspal modifikasi menjadi homogen dan temperatur pencampuran saat diperoleh campuran yang homogen dicatat.

2.6. Karakteristik Campuran Aspal :

Di bawah ini adalah salah satu dari beberapa karakteristik campuran aspal beton :

Menurut Sukirman (2003) Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk gelombang, alur, dan *bleeding* (keluar aspal dari permukaan jalan), kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dominan dengan kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Menurut Sukirman (1999) Stabilitas adalah kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (plastik *flow*) atau tanpa terjadi *bleeding*. Menurut Sulaksono dan Sony (2001) Stabilitas adalah kekuatan campuran menahan deformasi akibat beban lalu lintas, stabilitas dapat diperoleh melalui tahanan friksi antar agregat-agregat yang saling mengunci (*Interlocking*), dan daya kohesi dari aspal.

2.7. Metode Marshall

Untuk mengukur kualitas campuran aspal beton, maka dilakukan serangkaian pengujian dengan metode *Marshall*. Dimana *Marshall* ditemukan oleh Bruce *Marshall* dan dikembangkan U.S *Corps of Engineer*. Pengujian *Marshall* menggunakan prosedur PC-0201-76, AASTHO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T. Pengujian *Marshall* merupakan alat yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 2500 g atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran sedangkan arloji kelelahan (*flow meter*) berfungsi untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*).

2.7.1. Uji *Marshall*

Pada penelitian ini menggunakan benda uji *Marshall* standar berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,76 inchi (7 cm). benda uji dipadatkan menggunakan alat pemadat yaitu *Marshall (Marshall Compaction Hammer)* berupa penumbuk yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inchi), berat 4,54 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh 45,7 cm (18 inchi) yang dibebani kecepatan tetap 50 mm/menit. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk pemadatan campuran pada Laston AC-BC dilakukan sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas bawah).

2.7.2. Parameter *Marshall*

Dalam pengujian dengan metode *Marshall* akan diperoleh data-data atau harus memenuhi karakteristik campuran sebagai berikut :

1. *Stability* (daya tahan)

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh kohesi/penetrasi, kadar aspal, gesekan (*internal friction*), sifat saling mengunci (*interlocking*) dari pertikel-pertikel agregat, bentuk, tekstur permukaan serta gradasi agregat. Nilai stabilitas didapatkan dari hasil pembacaan langsung pada jarum dial alat *Marshall Test* saat melakukan pengujian *Marshall*. Terlalu tinggi nilai stabilitas maka akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetan berkurang.

stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan megusahakan penggunaan :

1. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*)
2. Agregat dengan permukaan yang kasar
3. Aspal dengan penetrasi rendah

Agregat dengan gradasi baik/bergradasi rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*Void In Mineral Aggregate*) yang kecil untuk menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk

mengikat agregat. *Void In Mineral Agreggate* (VMA) yang kecil mengakibatkan aspal yang tipis. Film (selimut) aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian apal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga antar campuran *Void In The Mix* (VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang menambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding* (penggumpalan pada aspal dipermukaan perkerasan). Dibawah ini adalah rumus untuk perolehan nilai stabilitas dapat dilihat pada Persamaan 2.11.

$$S = p \times q \quad (2.11)$$

Keterangan :

S = Angka stabilitas sesungguhnya
p = Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
q = Angka koreksi benda uji

2. Kelelehan Plastis (*flow*)

Kelelahan plastis menurut Departemen Pekerjaan Umum (1987) adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang.sama seperti stabilitas nilai *flow* diperoleh dari pembacaan jarum dial alat *Marshall* test saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran memiliki nilai kelelehan rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan jika nilai kelelehannya terlalu tinggi maka mengindikasikan campuran plastis dan mudah berbentuk apabila mendapat beban lalu lintas.

3. *Marshall Quotient* (MQ)

MQ adalah hasil perbandingan nilai stabilitas dengan nilai kelelehan (*flow*). *Marshall Quotient* merupakan nilai yang menunjukkan kekakuan dan fleksibilitas campuran. Nilai MQ yang terlalu tinggi maka semakin tinggi

kekakuan suatu campuran sehingga campuran tersebut rentan terhadap keretakan, sedangkan semakin rendah nilai MQ maka campuran semakin lemur. Penentuan Nilai MQ dinyatakan dalam rumus yang dapat dilihat pada Persamaan 2.12.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.12)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

4. *Void In Mix* (VIM) merupakan persentase volume rongga udara yang terdapat dalam campuran aspal dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma
5. *Void In Mineral Aggregate* (VMA) merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif.
6. *Void Filled With Asphalt* (VFA) merupakan persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat