

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan

Jalan raya adalah jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat. Untuk perencanaan jalan raya yang baik, bentuk geometris harus diatur sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan layanan optimal untuk lalu lintas sesuai dengan fungsinya, karena tujuan akhir dari rencana geometrik ini adalah untuk menghasilkan infrastruktur yang aman, layanan arus lalu lintas yang efisien dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya dan juga memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengguna jalan.

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi jalan dapat dijelaskan yaitu (S,Sukirman,1999):

- a. Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement), adalah perkerasan dengan menggunakan bahan berupa aspal sebagai bahan pengikat untuk menahan lapisan perkerasan serta menyebarkan beban kendaraan.
- b. Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement), adalah perkerasan dengan menggunakan bahan semen (Portland Cement) sebagai bahan pengikat. Sebuah plat beton dengan ataupun tanpa tulang ditempatkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Sebagian besar beban lalu lintas ditanggung oleh pelat beton.
- c. Konstruksi perkerasan komposit (Composite Pavement), adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan perkerasan lentur yang dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku ataupun sebaliknya perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.

Di Indonesia perkerasan beronggal adalah Alustrasi secalral

keseluruhan dipergunakan pada waktu konstruksi jalan tol Jalgorawi serta jalan tol Talngalang-Jakarta tahun 1997. Dimana dalam hal ini perkerasan porus terdiri atas lapisan-lapisan sebagai berikut:

2.1.1 Lapisan Permukaan

Konstruksi permukaan lapisan jalan yang terdiri atas ikatan antar agregat seragam diantaranya terdapat rongga antar agregat. Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi untuk menahan beban roda serta meneruskan beban ke bagian bawah untuk dapat ditahan untuk lapisan lain.

2.1.2 Lapisan Base

Lapisan pondasi (base) terletak tepat dibawah lapisan permukaan sehingga berfungsi menahan beban yang berat sehingga dibutuhkan material yang berkualitas tinggi dan pelaksanaan yang benar. Lapisan base juga berfungsi untuk menyebarkan gaya dari beban roda ke lapisan bawahnya dan sebagai bantalan lapisan permukaan. Pada perkerasan konvensional, lapisan pondasi (base) terdiri atas bantuan pecah, pasir, dan pertikel halus yang saling terikat dan didesain untuk menahan dan mentransfer beban kendaraan menuju tanah dasar. Namun, pada perkerasan porus lapisan pondasi terdiri atas batu pecah dengan gradasi yang seragam dan memiliki rongga hanya pengurangan agregat halus, karena lapisan ini tidak hanya didesain untuk menahan beban kendaraan, tetapi juga mampu melewatkan air hingga meresap dalam tanah.

2.1.3 Lapisan Tanah Dasar (Subgrade)

Tanah dasar perkerasan porus harus memiliki permeabilitas yang tinggi dan tidak bersifat ekspansif sehingga kadar air dalam tanah akan tetap terjaga walaupun dalam keadaan basah. Tanah dasar harus dapat mengalirkan air dengan cepat sehingga tetap dapat menahan beban kendaraan yang melintas. Kekuatan tanah dalam menahan beban berkaitan dengan daya dukungnya.

2.2 Aspal

Aspal adalah bahan hidro karbon yang sifatnya melekat (adhesive),

yang berwarna hitam kecoklatan dan tahan air. Aspal sering juga disebut bitumen yang digunakan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal perkerasan lentur. Aspal berasal dari pengolahan minyak bumi atau berasal dari alam. Aspal juga adalah bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dapat dikarakteristik dengan baik. Kandungan utama aspal yaitu senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, aromatic dan alifatik mempunyai atom karbon sampai ~ 150 per molekul. Aspal juga mempunyai unsur penyusun yaitu nitrogen, oksigen, belerang dan beberapa atom lainnya. Dengan kuantitatif biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 6% belerang, 10% hydrogen, sisanya oksigen dan nitrogen serta jumlah nikel, vanadium dan nikel besi. Aspal memiliki beberapa fungsi khususnya pada bahan konstruksi perkerasan jalan, yaitu:

1. Sebagai pengikat batuan agar tidak mudah lepas dari permukaan jalan akibat arus lalu lintas.
2. Sebagai bahan pengisi pori pada atau pada rongga kosong antara agregat halus, agregat kasar dan filler.

Pada lokasi diambilnya, aspal digolongkan menjadi aspal dari alam dan aspal minyak. Aspal alam merupakan aspal yang diambil di lokasi di alam, dan dapat dipergunakan atau digunakannya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak merupakan aspal residu pengilangan minyak bumi. Menurut tingkat kekerasannya aspal minyak/petroleum asphalt dapat digolongkan menjadi:

1. Aspal Keras, Aspal Panas, Aspal Semen (*Asphalt Cement*), yaitu aspal yang dipergunakan dalam kondisi panas. Aspal ini dibuat pada keadaan penyimpanan dalam temperatur ruang (25-30°C). Merupakan jenis aspal buatan atau langsung diperoleh dari penyaringan minyak dan hal itu adalah aspal yang terkeras. Angka-angka yaitu menunjukkan kekerasan aspal, yaitu yang paling keras adalah AC40-50 dan yang terlunak adalah AC200-300.
2. Aspal cair *Cut Back Asphalt*, *Liquid asphalt* Aspal cair yaitu produksi langsung pada penyaringan minyak mentah *crude oil*,

melainkan produksi tambahan, karena harus melewati cara selanjutnya terlebih dahulu. Aspal cair merupakan campuran diantara aspal semen dan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi.

3. Aspal Emulsi yaitu pencampuran suatu aspal dan air serta bahan pengemulsi.

Silvia sukirman.,(1999) menjelaskan bahwa, bagaimana di perolehnya aspal yaitu dibedakan menjadi:

a) Aspal alam, dapat di bedakan 2 yaitu:

- Rock asphalt (Aspal gunung)
- lake asphalt (Aspal danau)

b) Aspal buatan yaitu antara lain

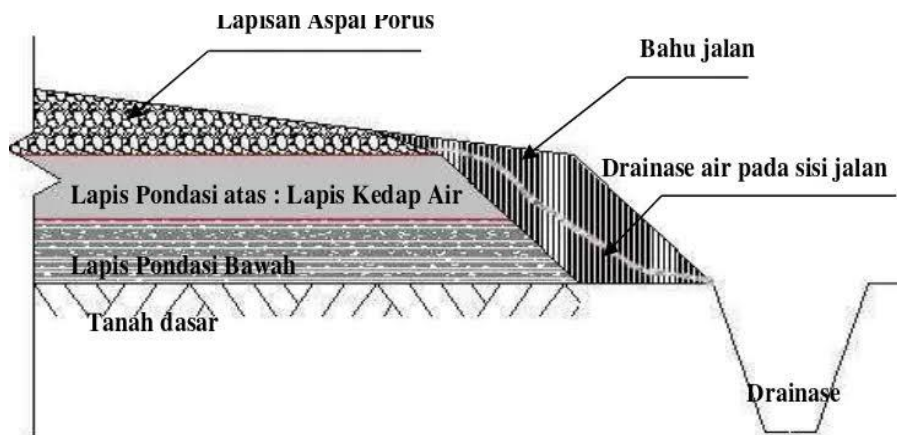
- Aspal minyak, yaitu penyulingan hasil minyak bumi.
- Tar, yaitu penyulingan hasil batu bara.

Sifat lain untuk aspal adalah viscoelasttic, ciri itulah yang mengakibatkan aspal bisa menyilimuti dan menjadikan agregat tetap di tempatnya selama proses dibuatnya dan masa kegunaanya. Kegunaan aspal untuk kontruksi jalan ialah untuk pengikat yang bersifat viscoelatstis, hingga dapat melunak dan mencair kalau cukup mendapat pemanasan dan sebaliknya. Dengan ciri ini aspal bisa memenuhi dan mejadikan agregat tetap pada tempatnya selama masa layanan dan berfungsi sebagai pelumas disaat penghamparan dilapangan, untuk memudahkan sehingga didapatkan hasil yang baik.

2.2.1 Aspal Porus

Aspal porus merupakan campuran menggunakan aspal yang di desain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat porus diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan agregat yang memenuhi standar spesifikasi dengan

proporsi agregat halus lebih sedikit dibandingkan campuran jenis yang lain.



Gambar 2.1 Sistem Drainase Aspal Porus

Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas baik secara vertikal maupun horizontal dan mengalirkan air ke samping. Kondisi ini dimungkinkan karena gradasi yang digunakan memiliki fraksi agregat kasar tidak kurang dari 85% dari volume campuran. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan di atas lapisan aspal yang kedap air agar tidak terjadi rembesan ke pondasi jalan.

Campuran aspal porus didominasi oleh agregat kasar, sedang agregat halus dan filler ditambahkan sedemikian rupa hingga tidak akan menghalangi *interlock* antar agregat kasar tersebut. Salah satu metode untuk menentukan gradasi agregat adalah dengan memproduksi campuran yang mempunyai densitas maksimum atau porositas minimum.

Aspal porus adalah campuran aspal dengan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan kadar rongga udara yang tinggi. Aspal porus dipergunakan untuk lapisan permukaan jalan dan selalu dihampar pada lapisan kedap air. Efektif untuk meningkatkan keselamatan lalu-lintas saat musim hujan, mengurangi percikan air dan mempunyai kelesatan permukaan yang baik pada kecepatan.

Bahan penyusun campuran aspal porus mengacu ke spesifikasi Umum Bina Marga 2018 dan *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)*, 2004. Standar ini dimaksud sebagai acuan bagi perencanaan,

pelaksanaan dan pengawasan pada penelitian ini. Spesifikasi ini mencakup persyaratan bahan campuran aspal pourus yang terdiri dari gradasi agregat campuran, bahan perekat (aspal), dan sifat sifat campuran.

2.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan. Fungsi dari agregat dalam campuran aspal adalah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat.

Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume. Proporsi agregat kasar dan agregat halus didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya, agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal (Bina Marga, 2018). Ukuran maksimum agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum. Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10%.

Adapun persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada tabel di bawah ini sebagai berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Agregat Kasar

Pengujian				Standar	Nilai
Berat Jenis				SNI 1969:2008	Min. 2,5%
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium Sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
		Magnesium sulfat			Maks. 18 %
	Campuran	100 putaran			Maks. 6 %

Abrasi dengan Mesin Los Angeles	AC Modifikasi dan SMA	500 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 30 %
	Semua jenis	100 putaran		Maks. 8 %
	campuran beraspal bergradasi	500 putaran		Maks. 40 %
Kelekatatan Agregat Terhadap Aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butiran Pecah Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/95 *)	
	Lainnya		95/90 **)	
Partikel Pipih dan Lonjong (**)	SMA	ASTM D-4791	Maks. 5 %	
	Lainnya		Maks. 10 %	
Material Lolos Saringan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

(Sumber: Bina Marga, 2018)

2. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm). Pasir boleh digunakan dalam campuran aspal sebagai agregat halus dengan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fraksi agregat halus dari pecahan mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar, sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik (Bina Marga, 2018).

Adapun agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Berat Jenis	SNI 1969:2008	Min. 2,5 %
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Material Lolos Saringan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Gumpalan Lempung dan Gumpalan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%

3. Gradasi

Pada penelitian ini digunakan jenis gradasi terbuka (*open graded*) dengan berpedoman pada persyaratan menurut *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)* tahun 2004.

Adapun syarat gradasi agregat AAPA (2004), ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan (mm)	Berat yang Lolos (%)	
	Ukuran Maksimum Ukuran 10 mm	Ukuran Maksimum Ukuran 14 mm
19,000	100	100
12,700	100	85 – 100
9,530	85 – 100	45 – 70
4,760	20 – 45	10 – 25
2,380	10 – 20	7 – 15
1,190	6 – 14	6 – 12
0,595	5 – 10	5 – 10
0,297	4 – 8	4 – 8
0,149	3 – 7	3 – 7
0,074	2 – 5	2 – 5
Total	100	100
Kadar Aspal	5,0 – 6,5	4,5 – 6,0

(Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association, 2004*)

2.4 Kriteria Perencanaan Campuran Aspal Porus

Adapun kriteria perencanaan untuk mengetahui kinerja campuran aspal porus yang baik, ada beberapa parameter yang harus dipenuhi menurut *Australian Asphalt Pavement Association (2004)*, adapun kriteria perencanaan aspal porus dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.4 Spesifikasi Aspal Porus

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
2	Kelelahan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 6
3	Kekakuan <i>Marshall</i> (MQ kg/mm)	Maks.

		400
4	Kadar Rongga Udara (<i>VIM</i> %)	18 – 25
5	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	Maks. 35
6	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	Maks. 0,3
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

(Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association, 2004*)

2.5 Plastik

Sebagian besar plastik adalah polimer sehingga struktur molekul polimer dapat menentukan karakteristik suatu plastik. Menurut Ulli Hermono (2009), secara garis besar plastik dapat digolongkan menjadi dua jenis, yakni plastik yang bersifat *thermoplastic* dan yang bersifat *thermoset*. Tetapi, plastik yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah bentuk *thermoplastic*:

1. Termoplastik, Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang atau dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang.
2. Termoseting, Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya.

Data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menyebutkan, untuk memudahkan proses daur ulang makaplastik dibagi kembali menjadi beberapa jenis dengan diberikan nomor pada tiap-tiap jenis plastiknya yaitu:

- a. *PET* — Polyethylene Terephthalate, tertera logo daurulang dengan angka 1. Digunakan untuk botol plastik yangjernih atau transparan seperti botol air mineral.
- b. HDPE — *High Density Polyethylene*, tertera logo daur ulang dengan angka 2. Dipakai untuk kemasan sampo, kosmetik, bedak dan lain-lain.
- c. *V* — *Polyvinyl Chloride*, tertera logo daur ulang dengan angka 3. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (*cling wrap*)
- d. LDPE — Low Density Polyethylene, tertera logo daur ulang dengan angka 4, digunakan untuk plastik kemasan. Kantong plastik merupakan jenis plastik yang termasuk LDPE.

- e. PP-*Polypropylene*, tertera logo daur ulang dengan angka 5, merupakan pilihan terbaik untuk bahan plastik, Digunakan untuk botol bayi.
- f. PS — *Polystyrene*, tertera logo daur ulang dengan angka 6, biasa dipakai sebagai bahan Styrofoam.
- g. OTHER, tertera logo daur ulang dengan angka 7, yang termasuk ke dalam jenis ini adalah SAN (*styrene acrylonitrile*), digunakan untuk sikat gigi. ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), digunakan sebagai pipa, dan PC (*polycarbonate*), digunakan untuk galon.

2.5.1 Limbah Plastik

Material plastik terdiri dari berbagai ragam jenis. Pencemaran Sampah plastik merupakan permasalahan lingkungan hidup di yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia dan dunia. Sampah plastik hanya tidak menjadi halangan diperkotaan, namun dilautan pun juga. Dampak permasalahan sampah yang terbuat dari plastik tidak hanya kesehatan manusia yang dirusak, berbagai hewan yang dilindungi terbunuh akibat sampah, dan juga secara sistematis merusak lingkungan.

Manfaat penggunaan produk sampah plastik harus diimbangi dengan kalkulasi dampak negatif yang di hasilkan. Dalam satu hal, penggunaan plastik memang menjadi produk yang paling banyak digunakan karena lebih tahan lama. Dalam hal ini meningkatkan efisiensi penggunaan transportasi yang dapat memiliki potensi besar dalam bidang teknologi terbaru.

Menurut Rasak dan Erdiansa (2016), bahan plastik dapat dipilih sebagai bahan aditif karena jumlahnya yang banyak tersedia dalam sebagai limbah yang tidak mudah terurai, serta kandungan senyawa kandungan senyawa yang ada pada aspal sangat memungkinkan diperkuat ketahanannya melalui reaksi dengan bahan sintesis maupun polimer. Selain mengoptimalkan karakteristik aspal, penggunaan plastik juga dapat mengurangi kerusakan lingkungan.

2.6 Metode Pencampuran Plastik

Suroso,T.W (2004) mengungkapkan suatu bahwa bentuk menambakan titik lembur aspal yaitu untuk mencampurkan plastik. Dari hasil pengujian, pencampuran plastik ke dalam aspal menaikkan titik lembek aspal yang juga otomatis mengurangi angka aspal penetrasi sehingga tidak dapat terpengaruh oleh beda temperatur, meningkatkan nilai stabilitas dan Marshall Quotient. terdapat dua cara dalam melakukan campuran plastik dengan tujuan meningkatkan kinerja pada aspal campuran yaitu :

2.6.1 Wet Process (Cara Basah)

Cara basah yaitu suatu campuran limbah plastik ditambahkan ke dalam aspal panas untuk diaduk pada kecepatan tinggi sampai bercampur rata. Cara ini menggunakan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, mixer kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang digunakan cukup biaya cukup bedanya dibandingkan dengan aspal manual. Pada saat pencampuran dengan cara basah, aspal dipanaskan terlebih dahulu dengan suhu tertentu, sehingga dalam penambahan campuran plastik akan lebih mudah menyatuh terhadap agregat.

Sebagaimana kita ketahui bahwa aspal pada keadaan dingin bentuk fisik sangat relatif kaku, sehingga untuk dilelekan akan dinaikkan suhunya dahulu terlebih pada suhu tertentu hingga dicampur bersama agregat. Untuk menentukan ketahanan untuk campuran beraspal, maka plastik yang dicampur dengan aspal diaduk hingga homogen sehingga selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik marshall.

2.6.2 Dry Process (Cara Kering)

Cara kering termasuk suatu cara ketika plastik dicampurkan kedalam agregat yang dinaikkan pada suhu yang ditentukan, selanjutnya aspal panas ditambahkan. Metode ini bisa lebih murah ketimbang cara basah, akan mudah hanya untuk mencampurkan plastik kedalam agregat yang dipanaskan, tidak dibutuhkan alat lain dalam pencampuran (mixer). Pada cara kering plastik ditambahkan kedalam agregat panas pada temperature campuran dan diaduk selama 30-45 detik. Kekurangan pada cara ini adalah harus benar-benar dapat diperhatikan kehomogenan dan

keseragaman kadar plastik yang dimasukan /campurkan. Tujuan dari kedua cara tersebut pada pengujian ini yaitu untuk membedakan pengaruh kedua metode dengan pencampuran plastik mutu rendah jenis LDPE terhadap kinerja campuran aspal porus. Pada penelitian ini penambahan bahan lain kedalam campuran aspal dapat meningkatkan kekuatan dari lapisan perkerasan.

Berbagai penelitian yang dilakukan hanya dengan menghamparkan plastik kedalam campuran aspal baik dengan metode cara kering maupun metode cara basah, namun tidak diketahui bagaimana reaksi plastik tersebut terhadap terhadap agregat atau aspal maka pada penelitian ini, akan ditinjau untuk mengetahui nilai karakteristik marshall serta perbandingan kinerja dari campuran beraspal yang menggunakan limbah plastik LDPE.

2.7 Metode Marshall

Metode marshall pertama kali ditemukan oleh bruce marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Pengujian marshall dilakukan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum.

Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 kn (5000 lbs). *proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji marshall standart berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

2.7.1 Pengujian Karakteristik Marshall

Pengujian marshall merupakan pengujian laboratorium untuk perkerasan yang meliputi pengujian karakteristik campuran dan perencanaan kadar aspal optimum (KAO). Menurut sukirman (2003). Dari

proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat marshall, akan diperoleh data- data yaitu:

- a. Kadar aspal
- b. Berat volume
- c. Stabilitas, menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap alur (rutting).
- d. Kelelehan plastis (flow), merupakan indikator perkerasan terhadap lentur
- e. VIM, persen rongga dalam campuran. VIM merupakan indikator durabilitas, kemungkinan bleeding.
- f. VMA, persen rongga agregat. VMA merupakan indikator durabilitas
- g. Hasil bagi marshall (koefisien marshall, hasil bagi antara stabilitas dan *flow*) merupakan indikator kelenturan akibat kerekatan
- h. Penyerapan aspal, memberikan gambaran berapa kadar aspal efektif
- i. Tenam film aspal, merupakan petunjuk durabilitas pada campuran.

1. **Stabilitas**

Stabilitas nilai marshall didapatkan pada masing-masing nilai untuk ditunjukkan dengan jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Selain itu pada umumnya alat Marshall yang digunakan pound force, sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Setelah nilai tersebut juga dapat disesuaikan untuk angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji. Selain itu pada umumnya peralatan marshall yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram.

$$MS = O \times N \times P \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

MS : marshall stabilitas(kg)

O : arloji pembacaan stabilitas (Lbf)

- N : korelasi angka benda uji volume
P : alat untuk kalibrasi Marshall

2. *Void in mineral aggregate (VMA)*

Void in mineral aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk di produksi.

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu jumlah dan temeperatur pemadatan, garadasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Nilai VMA diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$VMA = 100 - \frac{100 - Pb}{Gsb} \times Gmb \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

VMA = volume pori antar butir agregat dalam aspal

Gsb = berat jenis total agregat

Pb = kadar aspal (%)

Gmb = berat volume kering campuran (gram/cm³)

3. *Void in the mix (VIM)*

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal”.

Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan pada persamaan

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

VIM : campuran pada rongga udara sesudah dipadatkan, dari

presentase volume total (%)

Gmb : campuran setelah pemadatan berat jenis (gram/cm³)

Gmm : campuran berat jenis maksimum teoritis setelah pemadatan (gram/cm³).

4. ***Voids filler in bitument (VFB)***

VFB adalah persentase pori antar butir agregat yang terisi aspal, sehingga VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal. Tidak termasuk dalamannya aspal yang terabsorpsi oleh masing masing butir agregat. Kriteria VFB membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFB adalah membatasi VMA memaksimalkan kadar aspal optimum. VFB juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diizinkan yang memenuhi kriteria VMA

Aspal yang memiliki rongga (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantarpartikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat pada persamaan

$$VFB = 100 \times (VMA - VIM) / VMA \% \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

VFB : udara yang terisi dalam rongga aspal prosentase dari VMA, (%)

VMA : agregat mineral yang memiliki rongga udara, prosentase volume total (%)

VIM : campuran setelah pemadatan yang, prosentase dari volume total, (%)

5. Kelelehan (*flow*)

Flow merupakan deformasi besarnya pada campuran perkerasan aspal porus akibat beban yang bekerja pada perkerasan. Nilai flow didapatkan dari pembacaan arloji kelelehan pada alat uji Marshall dan dinyatakan dalam satuan mm.

2.8 **Durabilitas Campuran Aspal**

Durabilitas suatu perkerasan aspal adalah kemampuan untuk tahan terhadap beberapa faktor seperti penuaan aspal, disintegrasi agregat dan pelepasan lapisan aspal dari agregat akibat cuaca, beban lalu lintas atau kombinasi keduanya. Sifat durabilitas diperlukan untuk menahan keausan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca, air, dan perubahan temperatur atau keausan yang sebabkan gesekan antar roda kendaraan dengan permukaan aspal.

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal 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 aspal dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal, banyaknya pori, kepadatan dan kedap air. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya tahan (durabilitas) lapisan adalah.

- a. Selimut aspal yang tebal akan membungkus agregat secara baik, aspal beton akan lebih kedap air, sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik, tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi bleeding yang mengakibatkan jalan semakin licin.
- b. *Voids in Mix* (VIM) kecil, sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk ke dalam campuran. Besarnya pori-pori yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, Semakin besar pori yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara di dalam aspal yang mengakibatkan semakin mudahnya selimut aspal teroksidasi dengan udara dan menjadi getas dan durabilitasnya menurun.
- c. *Voids Mineral Aggregate* (VMA) besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar.

2.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode (*Australian Asphalt Pavement Association*, 2004), penentuan KAO pada metode ini

mensyaratkan tiga parameter yaitu, *Cantabro Loss* (ketahanan pelepasan butir), *Asphalt Flow Down* (aliran aspal ke bawah), VIM (kadar rongga). Adapun nilai spesifikasi penentuan KAO metode AAPA disajikan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5 Spesifikasi Penentuan KAO

No	Spesifikasi	Syarat
1	Kadar Rongga Udara (<i>VIM</i> %)	18-25
2	Uji <i>Cantabro Loss</i> (%)	Maks 35
3	Uji <i>Asphalt Flow Down</i> (%)	0.3

(Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association, 2004*)

2.10 Studi Kajian Terdahulu

1. **Nugrohojati, E.S (2002)** Menyimpulkan adanya penambahan bahwa plastik (PET) diduga bisa meningkatkan kekakuan campuran, yaitu untuk kadar additive 0,3% pada kadar aspal 6,8% dan 7,3% campuran memiliki nilai stabilitas yang tinggi dari pada pencampuran dengan kadar additive 0,2% pada kadar aspal yang sama.
2. **Rosyada, M.A dan Oftiana, N (2013)** Melakukan penelitian menggunakan plastik HDPE untuk meningkatkan kinerja Marshall dan titik lembek aspal pada campuran perkerasan jalan.
3. **Al-Hadidy, A.I dan Qiu, T.Y (2008)** Melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan LDPE terhadap perkerasan lentur. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa hasil komposisi LDPE optimum yang digunakan sebesar 11,7KN (57,89%) dibandingkan dengan yang tidak menggunakan LDPE (7,41 KN).
4. **Priyo Pratomo, Hadi Ali, Sepriskha Diansari (2016).** "Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik *Low Linear Density Polyethylene* (LLDPE) ditinjau dari Karakteristik Marshall dan uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC).
 - a) Pada grafik stabilitas pada bentuk grafik menyerupai parabola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya, terlihat semakin bertambahnya kadar LLDPE maka nilai stabilitasnya

bertambah, akan tetapi pada grafik VIM tidak ada yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga revisi III.

- b) Nilai penetrasi pada campuran plastik LLDPE mengalami penurunan 1% = 61 , 3% = 55,4 , 5% = 47,5 , 7% = 45,5 , 9% = 43,5...”

5. **Widi Wantoro, Dyah Kusumaningrm, Bagus Hario Setiadji, Wahyu Kushardjoko (2013).** “Pengaruh Penambahan Limba Plastik Bekas Tipe *Low Density Polyethelene* (LDPE) Terhadap Kinerja Campuran Beraspal.
 - a). KAO pencampuran laston AC-WC tanpa penambahan plastik sebesar 6,00%, untuk penambahan plastik 2% dari berat aspal sebesar 6,09% dan untuk penambahan limbah plastik 4% sebesar 6,105% dan untuk penambahan plastik 6% dari berat aspal tidak dapat ditentukan KAO-nya karena ada parameter tidak masuk spesifikasi.
 - b). Nilai marshall pada stabilitas yang tersisa untuk campuran laston AC-WC dengan penambahan plastik lebih kecil daripada campuran tanpa penambahan plastik. Hal ini mengindikasikan menurunnya keawetan campuraan.
6. **A.Maal, dkk (2017).** Menyimpulkan bahwa hasil pengujian marshall terhadap campuran aspal beton yang mengandung plastik menunjukkan bahwa penambahan kadar plastik sampai dengan 3% dapat meningkatkan stabilitas, berat isi, kepadatan agregat yang dipadatkan (CAD) dan marshall Quotien campuran HRA.
7. **Abtahi,Mahdi, dkk,.(2011)** Yang menyimpulkan bahwa dalam penambahan plastik LDPE (*Low Density Polyethilen*) kedalam aspal dapat dilakukan dengan cara basah dan kering. Stabilitas dinamis dan resilien modulus campuran aspal beton yang dicampur plastik LDPE cara kering lebih besar dari aspal pen 60, namun lebih rendah dari cara basah.
8. **Yoga Saputra, Asri Wiana Lika Zahara, Muhammad Alif Lazuardi, Nur Maaysia Saida Amada, Ninis Hadi Haryanti, (2023).** Pada penelitian karakteristik serat bemban dengan

perlakuan NaOH selama 30 menit pada suhu 28°C memiliki nilai kadar air sebesar 2,36%, kadar selulosa sebanyak 22,52%, dan kadar lignin sebesar 1,33% yang digunakan sebagai bahan campuran aspal porus. Untuk karakteristik aspal porus dengan variasi serat bemban didapatkan nilai Porositas, MQ, dan VIM, optimum pada penambahan serat bemban 1% dan mengalami penurunan setelah penambahan serat bemban 2 dan 3%, tetapi masih memenuhi standar campuran aspal porus pada AAPA 2004. Penentuan kadar serat bemban menjadi pertimbangan sangat penting pada riset selanjutnya.

9. **Amirullah, (2019)** Hasil pengujian marshall dengan penggunaan limbah plastik LDPE sebagai additif pada benda uji, memenuhi karakteristik marshall kecuali pada marshall Quetienien dan *voids filled with bitumen*, dan pengujian cantabro pada benda uji, memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan yaitu maksimal 20% kehilangan berat. Presentase kehilangan berat terkecil pada penambahan LDPE 2%
10. **Fitri Sari Wijayati, (2016)** Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan dari karakteristik campuran porus aspal dengan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus No.8 dapat disimpulkan bahwa campuran dengan menggunakan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus baik digunakan hingga kurang dari 30% dari total campuran agregat halus No.8 dan mengalami perubahan karakteristik Marshall yaitu pada kemampuan campuran menahan beban yang semakin meningkat hingga batas optimum dan menurun setelahnya yaitu pada nilai stabilitas, kemudian nilai flow, MQ, VITM, VMA yang mengalami kenaikan hingga batas nilai optimumnya kemudian mengalami penurunan.
11. **Sofyan M. Saleh, Renni Anggraini, (2014)** Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan semakin besar persentase styrofoam nilai stabilitas campuran juga semakin meningkat. Namun demikian nilai stabilitas yang diperoleh masih belum

memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimal sebesar 500 kg. Walaupun nilai stabilitas tertinggi diperoleh sebesar 495,92 kg pada kadar aspal 6,26 dan substitusi Styrofoam 9%.