

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Struktur Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan kombinasi antara agregat, aspal dan bahan tambah lainnya untuk melayani beban di atasnya. Secara umum perkerasan jalan terbagi menjadi dua macam yaitu (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Seiring dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya inovasi dalam sarana infrastruktur, perkerasan jalan menjadi lebih banyak dimodifikasi seperti perkerasan *prestress*, perkerasan komposit dan lain-lain. Perkerasan lentur adalah perkerasan yang didesain menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dan cenderung bersifat lentur. Jenis perkerasan jalan dengan aspal berfungsi memikul dan menyebarkan beban lalu lintas tanah dasar. Salah satu jenis perkerasan lentur yang dapat diterapkan di Indonesia adalah jenis aspal porus.

3.2 Karakteristik Perkerasan Jalan

Karakteristik perkerasan merupakan sifat perkerasan yang menunjukkan mutu dari suatu perkerasan jalan. Parameter dari karakteristik yang harus dimiliki oleh suatu perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan atau ketahanan dari suatu lapis keras untuk tidak berubah bentuk yang diakibatkan oleh pembebanan (*The Asphalt Institute, 1983*). Stabilitas juga merupakan kemampuan lapisan perkerasan dalam menahan beban, tanpa terjadinya perubahan bentuk deformasi permanen, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas dihasilkan oleh *interlocking* butir agregat dan daya ikat lapisan aspal. Stabilitas akan meningkat seiring dengan pertambahan kadar aspal hingga batas tertentu, dan akan menurun seiring dengan terlampauinya batas tertentu tersebut. Hal tersebut dapat terjadi, karena aspal sebagai pengikat antar butiran agregat akan menjadi pelicin setelah melewati batas tertentu tersebut.

2. Durabilitas (keawetan/daya tahan)

Durabilitas adalah ketahanan lapis keras terhadap pengaruh cuaca dan lalu lintas (*The Asphalt Institute*, 1983). Durabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk mempertahankan sifat, fungsi, dan keawetan dari kerusakan selama masa pelayanan. Kerusakan yang terjadi biasanya disebabkan oleh pengaruh beban lalu lintas, gesekan roda kendaraan, perubahan cuaca dan iklim (air dan temperatur).

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas suatu campuran merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk berdeformasi akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa terjadinya keretakan dan perubahan volume. Untuk dapat meningkatkan fleksibilitas suatu campuran, digunakan agregat bergradasi senjang sehingga akan meningkatkan nilai *VMA*. Kemudian dapat juga dengan menggunakan aspal dengan penetrasi tinggi.

4. Kelelahan (*flow*)

Flow merupakan kelelahan yang mengakibatkan deformasi secara vertikal, dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Semakin besar nilai *flow* maka mengindikasikan campuran tersebut bersifat elastis, sehingga mampu mengikuti deformasi akibat beban. Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, gradasi, suhu, dan jumlah pemadatan.

5. Tahanan Geser (*Skid Resistance*)

Skid Resistance merupakan kemampuan dari perkerasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya roda kendaraan selip atau tergelincir, terutama pada waktu permukaan jalan basah (*The Asphalt Institute*, 1983). Hal ini dapat terjadi karena nilai kekesatan akan lebih baik pada permukaan jalan yang kasar, dibandingkan pada permukaan jalan yang halus. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan ban kendaraan.

6. Porositas

Porositas merupakan ruang pada suatu perkerasan yang dapat terisi fluida atau pun udara. Pada perkerasan jenis aspal porus didesain porositas yang cukup besar guna mengalirkan air dari permukaan, sehingga tidak terjadi genangan.

Sedangkan pada jenis perkerasan lain, porositas direncanakan tidak sebesar pada jenis aspal porus karena perkerasan jenis lain bersifat kedap air.

7. Ketahanan Kelelahan

Ketahanan kelelahan adalah kemampuan ketahanan lapis perkerasan tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak dalam menerima beban berulang. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah sebagai berikut.

- a. Presentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan (*VIM*) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- b. *VMA* dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

8. *Workability*

Workability adalah kemudahan pelaksanaan suatu campuran meliputi pencampuran, penghamparan hingga pemadatan. *Workability* dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu, penentuan gradasi agregat kandungan filler, temperatur, dll.

3.3 Aspal Porus

Aspal porus adalah campuran perkerasan yang didesain memiliki nilai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain. Campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat kasar lebih tinggi dibandingkan jenis campuran yang lain sehingga campuran ini bersifat porus. Aspal porus merupakan teknologi baru dalam *flexible pavement* yang sedang berkembang, campuran ini membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*). Hal tersebut dimungkinkan, karena lapisan ini didominasi oleh agregat kasar sehingga menghasilkan rongga yang cukup besar. Aspal porus memanfaatkan besarnya pori yang didesain untuk melewatkan air ketika terjadi genangan pada permukaan jalan. Lapisan aspal porus dapat memberikan keamanan dan kenyamanan terutama ketika terjadi genangan akibat hujan serta memiliki nilai kekesatan yang lebih kasar dan mengurangi kebisingan. Kandungan rongga pori dalam jumlah yang besar

diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran (Djumari, 2009).

Banyak negara telah menggunakan jenis campuran aspal porus. Seperti di Inggris mulai tahun 1967, Belanda tahun 1971, Kanada tahun 1974, Spanyol tahun 1980, Belgia dan Prancis tahun 1990 dan Italia tahun 1989. Untuk Asia, penggunaan campuran ini masih dikategorikan baru, seperti Jepang dan Korea selatan yang menggunakan campuran ini tahun 1990. Banyak faktor yang menyebabkan jenis campuran ini lambat perkembangannya, terutama sekali jenis perkerasan ini tergolong mahal, baik dalam pembangunannya maupun erawatannya (Hardiman, 2004).

Campuran aspal porus memiliki banyak perbedaan dengan campuran aspal konvensional yang digunakan di Indonesia. Salah satu letak perbedaannya yaitu pemilihan jenis gradasi agregat pada agregat kasar. Pada campuran aspal konvensional biasanya menggunakan gradasi agregat yaitu gradasi rapat (*dense graded*), sedangkan pada campuran aspal porus menggunakan gradasi agregat yaitu gradasi terbuka (*open graded*).

3.4 Bahan Penyusun Aspal Porus

Material campuran aspal porus tidak jauh berbeda dengan campuran aspal konvensional yaitu bahan ikat berupa aspal, agregat dan bahan pengisi (*filler*). Berikut ini adalah uraian tentang bahan-bahan tersebut.

3.4.1 Aspal

Menurut Sukirman (2003) aspal merupakan material perekat berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utamanya adalah bitumen. Aspal didefinisikan sebagai suatu cairan yang lekat atau berbentuk padat, yang terdiri dari *hydrocarbons* atau turunannya, terlarut dalam *trichloro-ethylene* dan bersifat tidak mudah menguap serta lunak secara bertahap jika dipanaskan. Aspal berwarna hitam atau kecoklatan, memiliki sifat kedap air dan *adhesive* (*British Standard, 1989*). Aspal berasal dari alam yang diolah melalui pengolahan minyak bumi.

Tingkat penetrasi aspal yang biasa digunakan dalam campuran antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Pada daerah beriklim panas sebaiknya aspal yang digunakan adalah aspal dengan indeks penetrasi yang rendah, agar aspal tidak menjadi lebih kaku dan mudah pecah (*brittle*). Dalam penelitian ini digunakan aspal AC penetrasi 60/70. Pemeriksaan tersebut terdiri dari beberapa hal berikut.

Persyaratan AC 60/70 dapat dilihat pada Tabel 3.1 Persyaratan AC 60/70 berikut.

Tabel 3.1 Persyaratan Aspal Keras AC 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	≥ 48
3	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
4	Kelarutan TCE (%)	RSNI M-04-2004	≥ 99
5	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0

Sumber : Bina Marga (2010)

3.4.2 Agregat

Agregat yaitu sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berasal dari hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum-Direktorat Jendral Bina Marga, 2010). Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu hasil alam yang berfungsi sebagai bahan pengisi beton. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Sifat campuran akan sangat dipengaruhi oleh sifat dan karakteristik yang dimiliki agregat, karena biasanya 90 sampai 95 persen dari berat, atau 75 sampai 85 persen dari volume merupakan jumlah agregat di dalam campuran aspal.

Berdasarkan ukuran butiran, jenis agregat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu sebagai berikut.

1. Agregat kasar

Agregat kasar secara umum yaitu batuan yang tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm) pada saat penyaringan menurut standart ASTM atau tertahan pada saringan no.7, menurut *Standart British*. Fungsi agregat kasar dalam campuran merupakan penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca, dengan demikian membuat campuran lebih *durable* dan meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan.

Berikut merupakan persyaratan dan sifat-sifat teknis agregat kasar menurut Bina Marga 2010, dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah.

Tabel 3.2 Persyaratan dan Sifat-sifat Teknis Agregat Kasar

No	Pengujian	Standar	Nilai	Satuan
1	Keausan Dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417 : 2008	< 30	%
2	Kelekatan Dengan Aspal	SNI 2439 : 2011	> 95	%
3	Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Natrium	SNI 3407 : 2008	12	%
4	Material Lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142 : 1996	< 2	%
5	Partikel Pipih Dan Lonjong	ASTM D4791 perb 1:5	< 10	%

Sumber : Bina Marga (2010)

2. Agregat halus

Agregat halus dapat berupa butir-butiran batu pecah, pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus adalah material yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan no. 200 (0,075 mm). Fungsi agregat halus adalah mendukung stabilitas, mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar partikel. Sama seperti agregat kasar, agregat halus juga memiliki ketentuan agar memenuhi syarat sebagai material perkerasan jalan.

Berikut ini adalah persyaratan dari agregat halus berdasarkan Bina Marga 2010, dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah.

Tabel 3.3 Persyaratan dan Sifat-sifat Teknis Agregat Halus

No	Pengujian	Standar	Syarat
1	<i>Sand equivalent</i>	SNI 03-4428 : 1997	Min 60%
2	Berat jenis semu	SNI 3423 : 2008	< 3%
3	Peresapan terhadap air	SNI 03-6877 : 2002	> 2,5 gr/cc

Sumber : Bina Marga (2010)

3. Bahan pengisi (*filler*)

Filler merupakan material yang lolos dari saringan no.200 (0,075 mm) dan termasuk kapur hidrat, abu arang, portland semen dan abu batu. *Filler* dapat berfungsi untuk mengisi rongga udara pada campuran dan mengurangi kepekaan terhadap temperatur. Penggunaan *filler* pada campuran perlu dibatasi, jika proporsi *filler* terlampau tinggi maka campuran cenderung menjadi getas dan akan mudah retak akibat beban lalu lintas. Sedangkan jika kadar *filler* yang terlampau rendah akan mengakibatkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi. Jumlah *filler* ideal antara 0,6 sampai 1,2, yaitu perbandingan prosentase *filler* dengan prosentase kadar aspal dalam campuran atau lebih dikenal dengan istilah *Dust Proportion*.

3.5 Gradasi

Gradasi adalah distribusi dari variasi butir sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos, atau presentase tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat berpengaruh terhadap besarnya rongga dalam suatu campuran dan dapat menentukan *workability* serta stabilitas campuran.

Gradasi yang digunakan dalam campuran aspal porus yaitu gradasi terbuka (*open graded*), sehingga campuran aspal porus biasa dikenal dengan *open graded asphalt*. Gradasi terbuka didominasi oleh agregat kasar dengan proporsi agregat halus lebih sedikit, sehingga rongga antar agregat lebih banyak dari campuran perkerasan lainnya. Campuran beraspal dengan gradasi tersebut akan bersifat porus dan memiliki permeabilitas yang tinggi, dan memiliki berat isi yang kecil tetapi memungkinkan terjadinya penurunan stabilitas. Persyaratan gradasi agregat pada campuran aspal porus seperti yang ditentukan oleh spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* 2004 dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus AAPA (2004)

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos	
	Ag. Maks. 10 mm	Ag. Maks. 14 mm
19,00	100	100
12,70	100	85 – 100
9,53	85 – 100	45 – 70
4,76	20 – 45	10 – 25
2,38	10 – 20	7 – 15
1,19	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)

3.6 *Anti Stripping Wetfix Be*

Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas dan kekuatan struktur perkerasan jalan, pemilihan jenis material yang digunakan adalah bagian yang sangat penting. Begitupun juga dengan memodifikasi campuran menggunakan bahan tambah sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan kinerja campuran. Salah satu bahan yang dapat digunakan yaitu bahan *anti stripping* yang berbasis *hydrocarbon*, bahan ini memberikan banyak keuntungan dalam konstruksi pekerjaan jalan,

diantaranya dapat meningkatkan pelapisan dan daya lekat. *Anti stripping* merupakan zat aditif yang dapat merubah sifat aspal dan agregat, sehingga dapat meningkatkan daya lekat dan ikatan, serta mengurangi efek negatif yang diakibatkan oleh air. Hal ini akan mengurangi terjadinya pelepasan butiran pada aspal. Pada penelitian ini menggunakan bahan kimia *anti stripping wetfix be* untuk dijadikan sebagai bahan tambah (*additif*) dalam campuran perkerasan aspal.

3.7 Indeks Penetrasi

Aspal semen adalah material yang bersifat termoplastik, yang konsistensinya akan berubah seiring dengan perubahan suhu. Kepekaan terhadap suhu merupakan salah satu parameter yang sangat penting untuk diketahui nilai perubahan konsistensi aspal dengan berubahnya temperatur aspal. Aspal yang peka terhadap temperatur tinggi tidak lebih baik, mengingat viskositasnya pada suhu tertentu menjadi sangat rendah, sehingga mengakibatkan kesulitan dalam proses pemadatan dan pencampuran. Nilai indeks penetrasi dapat dihitung dengan persamaan 3.1 berikut ini.

$$PI = \frac{(1952 - \log pen - 20SP)}{(50 \log pen - SP - 120)} \quad (3.1)$$

Dengan :

PI = Indeks penetrasi

Pen = Nilai aenetrasi aspal

SP = Suhu titik lembek aspal

3.8 Karakteristik *Marshall Test*

Uji *Marshall* dimaksudkan guna mengetahui kinerja dari campuran aspal porous. Adapun beberapa parameter *Marshall Test* diantaranya adalah stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *MQ* (*Marshall Quotient*), *VITM* (*Void in the Total Mix*), *VFWA* (*Void Filler With Asphaly*), *VMA* (*Void in Mineral Agregat*), dan

kepadatan (*density*). Berikut ini adalah ketentuan atau spesifikasi dari campuran aspal porus *AAPA* dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Ketentuan Campuran Aspal Porus

No	Kriteria Perencanaan	Nilai
1	Uji <i>Contabro Loss</i> (%)	Maks. 35
2	Uji Aliran Aspal Kebawah (%)	Maks. 0,3
3	Kadar Rongga di Dalam Campuran (<i>VIM</i> %)	18 – 23
4	Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 500
5	Kelelehan <i>Marshall</i> (mm)	2 – 6
6	Kekakuan <i>Marshall</i> (kg/mm)	Maks. 400
7	Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Sumber: *Australian Asphalt Pavement Association* (2004)

3.8.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk yang permanen (*permanent deformation*) seperti alur (*rutting*), gelombang (*washboarding*), dan *bledding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani oleh jalan tersebut.

Nilai stabilitas dapat diketahui dari pembacaan arloji stabilitas pada *Marshall Test*. Akan tetapi nilai tersebut masih harus dikoreksi dengan kalibrasi alat dan ketebalan benda uji. Berikut merupakan rumus perhitungan nilai stabilitas dapat dilihat pada Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$q = p \times s \times 0,4536 \quad (3.2)$$

dengan :

q = Stabilitas (kg),

p = Pembacaan dari arloji stabilitas x kalibrasi alat,

s = Angka koreksi tebal benda uji, dan

0,4536 = Angka konversi satuan dari *lb* ke *kg*.

3.8.2 Kelelahan (*flow*)

Kelelahan merupakan besarnya deformasi vertikal mulai awal pembebanan hingga kondisi stabilitas terlihat menurun yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci. Pada campuran yang memiliki tingkat kelelahan cukup tinggi dengan nilai stabilitas rendah akan cenderung bersifat plastis. Tetapi jika campuran dengan tingkat kelelahan rendah serta nilai stabilitas tinggi akan cenderung bersifat getas terhadap beban. Nilai *flow* sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, viskositas aspal, gradasi agregat dan temperatur pemadatan. Angka *flow* dapat diketahui dari pembacaan arloji dalam satuan panjang (mm).

3.8.3 Marshall Quotient (*MQ*)

Marshall Quotient adalah hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai kelelahan (*flow*) dan digunakan sebagai pendekatan terhadap tingkat kelentutan dan kekakuan campuran. Jika campuran memiliki nilai *MQ* yang tinggi berarti campuran tersebut cenderung bersifat kaku dan memiliki nilai fleksibilitas yang rendah. Sedangkan jika campuran memiliki nilai *MQ* yang rendah berarti campuran tersebut memiliki fleksibilitas yang tinggi tapi cenderung kurang stabil. Nilai *MQ* dapat diperoleh dari Persamaan 3.3 berikut .

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.3)$$

dengan :

MQ = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

q = Stabilitas (kg), dan

r = *Flow* (mm).

3.8.4 Void in the mix (*VITM*)

VITM merupakan persentase rongga udara dalam campuran yang telah dipadatkan. Jika nilai *VITM* semakin tinggi maka rongga udara dalam campuran

semakin besar sehingga memungkinkan campuran bersifat porus. *VITM* dibutuhkan sebagai tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan atau sebagai tempat bila aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. Nilai *VITM* merupakan indikator dari durabilitas dan kemungkinan *bleeding*. Adapun cara menghitung nilai *VITM* dapat dilihat pada Persamaan 3.4 dan 3.5 berikut.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h}\right) \quad (3.4)$$

$$h = 100 - \left[\frac{100}{\left(\frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}}\right)} \right] \quad (3.5)$$

dengan :

n = nilai *VITM*,

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

h = berat jenis maksimum teoritis campuran.

3.8.5 Void in mineral aggregate (VMA)

VMA merupakan presentase rongga udara yang ada di antara butir-butir agregat dalam campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal terhadap volume campuran agregat aspal. *VMA* akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal atau agregat yang digunakan menggunakan gradasi terbuka. Adapun nilai *VMA* dapat diperoleh dengan menggunakan dari Persamaan 3.6 dan 3.7 berikut.

$$l = 100 - j \quad (3.6)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.7)$$

dengan :

l = nilai *VMA* (%),

b = presentase aspal terhadap campuran (%), dan

g = berat isi sampel (gr/cc).

3.8.6 Void Filled With Asphalt (VFWA)

VFWA merupakan presentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. VFWA adalah bagian dari VMA yang terisi aspal. Sehingga aspal yang mengisi VFWA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat didalam beton aspal padat. Nilai VFWA dipengaruhi oleh jumlah pemadatan, temperatur, kadar aspal dan gradasi agregat. Semakin besar nilai VFWA pada suatu campuran maka semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga mengakibatkan campuran menjadi kedap air, sedangkan jika nilai VFWA pada campuran rendah maka kedapannya terhadap air dan udara juga rendah. Nilai VFWA dapat diperoleh dari Persamaan 3.8 sampai 3.12 berikut.

1. Presentase aspal terhadap campuran

$$h = \frac{a}{100+a} \times 100 \quad (3.8)$$

dengan :

a = persentase aspal terhadap batuan, dan

b = persentase aspal terhadap campuran.

2. Presentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.9)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.10)$$

$$l = 100 - j \quad (3.11)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.12)$$

dengan :

m = VFWA (%),

g = berat isi sampel (gr/cc), dan

b = persentase aspal terhadap campuran.

3.8.7 Kepadatan (*Density*)

Kepadatan merupakan nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Jumlah aspal yang menyelimuti permukaan butir agregat dinyatakan dengan kadar aspal efektif. Jika kadar aspal efektif semakin tinggi maka selimut aspal akan semakin tebal pada setiap butir agregat. Tebal selimut aspal sangat dipengaruhi oleh luas permukaan seluruh butir-butir agregat. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan adalah temperatur pemadatan, komposisi bahan penyusun, kadar *filler*, energi pemadat dan kadar aspal. Semakin besar nilai *density*, maka kerapatannya semakin baik. Adapun nilai *density* dapat diperoleh dengan Persamaan 3.13 dan 3.14 berikut ini.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.13)$$

$$f = d - e \quad (3.14)$$

dengan:

g = Nilai *density* (gr/cc),

c = Berat benda uji sebelum direndam (gr),

d = Berat benda uji dalam keadaan jenuh / *ssd* (gr),

e = Berat dalam air (gr), dan

f = Volume / isi (cm³).

3.9 Pengujian Permeabilitas

Permeabilitas adalah tingkat derajat kerapatan konstruksi pada campuran aspal untuk dapat ditembus oleh zat cair. Permeabilitas aspal merupakan hal yang penting dalam kekuatan serta keawetan campuran aspal. Jika permeabilitas aspal semakin kecil, maka air yang dapat masuk ke dalam konstruksi aspal akan semakin sedikit, sehingga keawetan aspal lebih panjang.

Tes permeabilitas ini merupakan hal penting untuk campuran aspal porus berdasarkan fungsinya yaitu dapat meloloskan air. Adapun untuk memperoleh koefisien permeabilitas dapat digunakan Persamaan 3.15 berikut.

$$k = 2,3 \frac{a.L}{A.T} \times \left[\log \left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad (3.15)$$

dengan:

- k = koefisien permeabilitas air (cm/dtk),
 a = luas potongan melintang tabung (cm³),
 L = tebal spesimen (cm),
 A = luas potongan spesimen (cm²),
 t = berat jenis air (gr/cm³),
 h₁ = tinggi batas air paling atas pada tabung (cm), dan
 h₂ = tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm).

berdasarkan koefisien permeabilitas, campuran aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan tingkat permeabilitasnya sendiri.

3.10 Asphalt Flow Down (AFD)

Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui kadar aspal maksimum yang tercampur secara homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal. Besarnya nilai *AFD* disyaratkan lebih kecil dari 0,3%, untuk menentukan nilai *AFD* digunakan uji pengaliran *asphalt flow down* seperti Persamaan 3.16 berikut.

$$AFD = \frac{(m_3 - m_1)}{(m_2 - m_1)} \times 100\% \quad (3.16)$$

dengan:

- AFD* = Nilai *asphalt flow down* (%),
 m₁ = Berat cetakan berupa nampan (gr),
 m₂ = Berat cetakan beserta campuran beraspal (gr), dan
 m₃ = Berat cetakan beserta campuran aspal yang melekat pada aluminium foil (gr).

3.11 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect tensile strength merupakan sebuah metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk dapat mengetahui indikasi akan terjadinya keretakan di lapangan. Di lapangan pada saat beton aspal menerima beban yang melintas di atasnya, maka akan terjadi gaya tekan pada bagian atas beton aspal dan gaya tarik pada bagian bawahnya. Sehingga kemampuan beton aspal dalam menerima gaya tarik perlu diketahui, dalam hal ini dapat menggunakan alat *Indirect Tensile Strength* atau biasa disebut *ITS*. Pengujian ini hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan adalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengukuran kekuatan tarik dihentikan apabila jarum pengukur pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam.

Indirect Tensile Strength Test dilakukan dengan cara cara membebani sebuah sampel silinder dengan sebuah beban (dial) diletakkan di atasnya yang bekerja sejajar dan sepanjang bidang vertikal. Pembebanan ini menghasilkan kuat tarik yang relatif merata sepanjang diameter bidang vertikal, yang mana akan menyebabkan silinder akan mengalami kerusakan yaitu terjadinya keretakan sepanjang diameter vertikal (Kennedy, 1997).

Adapun untuk memperoleh nilai *indirect tensile strength* dapat dilihat pada Persamaan 3.17 berikut.

$$ITS = \frac{P_{\text{runtu}}}{h} \times A_o \quad (3.17)$$

dengan:

ITS = kuat tarik tidak langsung (kg/cm²),

Pruntu = beban puncak (kg),

h = tinggi sampel (cm), dan

Ao = kostanta (tabel *Ao* terlampir pada lampiran).

3.12 *Cantabro Loss*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ketahanan benda uji terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh beban lalu lintas yang akan menyebabkan perkerasan menjadi aus dan kekuatannya mengalami penurunan. Pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja. Setelah selesai benda uji dikeluarkan dan ditimbang dengan berat setelah abrasi (M_i), perhitungan kehilangan berat dapat dilihat pada Persamaan 3.18 berikut.

$$L = \frac{M_o - M_i}{M_o} \times 100\% \quad (3.18)$$

dengan:

M_o = Berat sebelum diabrasi (gr),

M_i = Berat setelah diabrasi (gr), dan

L = Persentase kehilangan berat (%).

3.13 *Index of Retained Strength (IRS)*

Uji perendaman *Marshall* atau *Immersion Test* memiliki tujuan untuk dapat mengetahui perubahan karakteristik dari campuran yang diakibatkan oleh pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini dilakukan dengan cara merendam benda uji di dalam *waterbath* pada suhu 60° C selama 30 menit (stabilitas standar) dan direndam pada suhu 60° C selama 24 jam (stabilitas rendaman).

Index of Retained Strength (IRS) biasanya dikenal sebagai nilai stabilitas *Marshall* sisa yang bertujuan untuk mengukur daya tahan campuran terhadap pengerusakan oleh air. Bina Marga menyaratkan nilai *IRS* minimum adalah 90%. Dari nilai stabilitas yang di dapat dari kedua pengujian perendaman, kemudian dihitung nilai *Index of Retained Strength (IRS)* menggunakan Persamaan 3.19 berikut.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (3.19)$$

dengan:

S_1 = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit (kg),
dan

S_2 = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 24 jam (kg).

3.14 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$IDP (r) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - (S_{i+1})}{(t_{i+1}) - 1} \times 100 \quad (3.20)$$

Keterangan :

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

T_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai ‘ r ’ yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai ‘ r ’ yang bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

3.15 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK didapatkan dengan perhitungan yang menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$IDK (a) = \frac{1}{2tn} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - (S_{i+1})) [2tn - (t_i + (t_i + 1))] \quad (3.21)$$

Keterangan :

a = Kehilangan Kekuatan Rerata Satu Hari (%)

tn = Total Waktu Perendaman (jam)

S_i = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%)

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%)

T_i, t_{i+1} = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai “a” yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai “a” yang bernilai negatif menggambarkan adanya penambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai $a < 100$. Oleh karena itu, memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari (S_a). Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S_a = (100 - a) \quad (3.22)$$

S_a = Kekuatan Sisa Rerata Satu Hari (%)



