

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan suatu konstruksi yang dibangun diatas tanah dasar dengan maksud untuk dapat menahan beban lalu lintas atau kendaraan serta tahan terhadap perubahan cuaca yang terjadi (Indrasurya 1993). Untuk mencapai maksud yang disebutkan diatas maka konstruksi jalan raya dituntut untuk memenuhi persyaratan – persyaratan antara lain :

1. Mempunyai tebal total dan tegangan ijin yang memenuhi persyaratan,
2. Dapat mencegah timbulnya deformasi atau penurunan akibat beban roda,
3. Tahan terhadap perubahan bentuk yang terjadi akibat pengaruh perubahan kadar air. Pada penelitian kali ini air yang akan digunakan sebagai simulasi perendaman adalah air sungai Mahakam.

Perlunya perkerasan jalan disebabkan tanah asli di alam jarang sekali dalam kondisi mampu mendukung beban berulang dari lalulintas kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan yaitu struktur perkerasan (*Pavement*).

Di Indonesia terdapat dua jenis perkerasan yang umumnya dipakai yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*). Namun dalam penelitian ini penulis hanya akan membahas lebih lanjut mengenai perkerasan lentur.

3.2 Bahan Penyusun Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi (*filler*), dan aspal yang kemudian dihamparkan lalu dipadatkan. Perkerasan lentur dirancang untuk melendut dan kembali lagi keposisi semula bersama-sama dengan tanah dasarnya saat menerima beban. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan – lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu-lintas (Sukirman, 1999).

3.2.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun buatan sebagai bahan penyusun jalan (Bina Marga, 2006). Agregat didefinisikan sebagai suatu bahan yang keras dan kaku yang terdiri dari sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu antara 90 - 95% terhadap total berat campuran sampai dengan 85% - 90% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 1993).

Pembagian Agregat berdasarkan ukuran butiran.

1. Agregat kasar adalah agregat yang terdiri dari pengayakan batu pecah / pasir yang lebih besar dari saringan No. 8 (2,36 mm).
2. Agregat halus adalah agregat yang terdiri dari pengayakan batu pecah / pasir yang lolos dalam saringan No. 8 (2,36 mm).
3. *Filler* atau bahan pengisi adalah agregat halus yang lulus saringan No. 200 dan tidak kurang di 75% dari beratnya.

Persyaratan agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

No.	Pengujian	Standar	Nilai
-----	-----------	---------	-------

1	Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan.	Natrium Sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12 [^] %
2		Magnesium Sulfat			Maks. 18 [^] %
3	Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 Putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 [^] %
4			500 Putaran		Maks. 30 [^] %
5		Semua jenis Campuran Aspal Bergradasi lainnya	100 Putaran		Maks. 8 [^] %
6			500 Putaran		Maks. 40 [^] %
7	Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
8	Butir Pecah Pada Agregat Kasar			SNI 7619:2012	95/90
9	Partikel Pipih dan Lonjong			ASTM D4791	Maks. 10 [^] %
				Perbandingan 1 : 5	
10	Material Lolos Ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks. 2 [^] %

Sumber : Bina Marga 2010 Divisi 6.

Catatan : 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar	Nilai
1	Berat Jenis	SNI 1970 : 2008	> 2,5
2	Penyerapan Agregat Terhadap Air (%)	SNI 1970 : 2008	< 3
3	Nilai Setara Pasir	SNI 03 – 4428 – 1997	Min. 60%
4	Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03 – 6877 – 2002	Min. 45%
5	Gumpalan Lempung dan Butir – butir mudah pecah dalam Agregat.	SNI 03 – 4141 – 1996	Maks. 1 %
6	Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga 2010 Divisi 6.

3.2.2 Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah susunan dari beberapa ukuran butiran agregat yang membentuk suatu campuran agregat yang terdiri dari beberapa fraksi agregat yang harus sesuai dengan standar dan rancangan campuran yang direncanakan. Gradasi atau distribusi partikel – partikel berdasarkan agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir dalam proses pelaksanaan (Sukirman, 1999).

Dalam penelitian ini gradasi yang digunakan dalam campuran AC-WC adalah jenis Laston Gradasi Campuran berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2010.

3.2.3 Filler

Filler atau bahan pengisi adalah agregat halus yang berupa butiran yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm). *Filler* dapat terdiri dari batu kapur, semen *portland*, abu terbang (*fly ash*), abu batu atau bahan non plastis lainnya. *Filler* merupakan bahan butiran halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada beton aspal (Bina Marga, 1987).

3.2.4 Aspal

Aspal adalah bahan pengikat agregat berwarna hitam atau cokelat tua pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal dipanaskan sampai temperatur tertentu, aspal dapat berubah menjadi lunak hingga cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan beton aspal atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada dalam proses penyemprotan atau penyiraman. Jika suhu temperatur mulai turun, maka aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya. Aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran.

Bitumen adalah Bahan bitumen sebagian besar terdapat pada residu dari minyak bumi dan pada bahan – bahan lain.cairan kental yang sebagian besar tersusun dari hidrokarbon dengan sedikit mengandung klor, oksigen dan sulfur. Aspal akan bersifat padat pada suhu normal dan akan berbentuk cair bila dipanaskan. Struktur utama penyusun aspal yaitu senyawa karbon jenuh dan tidak jenuh, alifatik serta aromatic yang memiliki atom karbon 150 per molekulnya. Selain itu, terdapat juga atom lain penyusun aspal, seperti belerang, nitrogen, oksigen dan beberapa jenis atom lain.

Aspal minyak bumi adalah kumpulan dari bahan-bahan sisa proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak, dibuat dalam empat kelas, yaitu kelas Penetrasi (Pen 45/60, Pen 60/70, Pen 80/100, Pen 120/150). Aspal modifikasi

adalah aspal minyak ditambah dengan bahan tambah/additive dengan tujuan meningkatkan kinerja dari aspal. Bahan tambah yang digunakan bisa dari asbuton yang diproses, elastomer alam (latex) maupun elastomer sintesis (Romadhona, 2015)

Aspal Starbit adalah aspal modifikasi berbasis elastomer yang telah dikembangkan oleh PT Bintang Jaya. Aspal Starbit ini terdapat 5 macam variasi, yaitu starbit E-55, Starbit E-60, Starbit E-65, Starbit E-70. Bedanya adalah terdapat pada pengujian Titik Lembek, Viskositas Dinamis 60°, Penetrasi pada 25°, Daktalitas pada 25° dan Keelastisan setelah Pengembalian. Aspal Starbit diproduksi untuk memenuhi persyaratan spesifikasi baru Bina Marga. Bedanya dengan aspal modifikasi lain, Starbit merupakan aspal yang dimodifikasi dengan polimer jenis elastomer, peningkatan kualitas aspal yang didapat tidak hanya berupa peningkatan titik lembek, namun juga elastic recovery (sangat penting untuk daerah dengan lalu lintas berat), kelekatan terhadap agregat, ketahanan terhadap oksidasi, ketahanan terhadap fatigue (krekatan), dan ketahanan terhadap deformasi. Ketahanan terhadap air dan cuaca juga merupakan nilai tersendiri yang ditawarkan oleh produk ini dan sangat cocok untuk daerah dengan curah hujan yang tinggi. (PT Bintang Jaya, 2013 dalam Romadhona, 2015)

Fungsi aspal dalam campuran aspal beton, pertama yaitu sebagai bahan pelapis dan perekat agregat, kedua yaitu sebagai lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapis tipis aspal cair yang diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya. Ketiga lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar berfungsi sebagai pengikat diantara keduanya, dan sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, halus dan filler.

Berikut adalah ketentuan – ketentuan untuk aspal keras dan aspal Starbit yang bisa dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4 dibawah ini.

Tabel 3.3 Ketentuan - Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70	Tipe II Aspal yang di modifikasi
				Elastomer Sintetis

1	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	MIN 40
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160 - 240	320 - 480
3	Viskositas Kinematis 135 °C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	≤ 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 54
5	Daktalitas Pada 25 °C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 232
7	Klarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1	-	≤ 2,2
Pengujian Residu Hasil TFOT atau RTFOT				
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8
11	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1600
12	Penetrasi Pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54
13	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432 :2011	≥ 100	≥ 25
14	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	≥ 60

Sumber : Bina Marga 2010 Revisi 3

Tabel 3.4 Ketentuan - Ketentuan untuk Aspal Starbit E-60

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Starbit E-60	
			Min	Max
1	Penetrasi Pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	40	
2	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 06-6441-2000	320	500
3	Viskositas Kinematis 135 °C (cSt)	SNI 06-6441-2000		3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	60	
5	Daktalitas Pada 25 °C, (cm)	SNI 2432:2011	100	
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	232	

7	Klarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,0	
9	Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1		2,2
10	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991		0,8
11	Viskositas Dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-2000		1.60 0
12	Penetrasi Pada 25°C (%)	SNI 06-2456-1991	54	
13	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432 :2011	1,0	
14	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	70	

Sumber : Bina Marga 2010 Revisi 3

3.3 Air Sungai Mahakam

Air Sungai Mahakam adalah air tawar yang tidak mengandung banyak larutan garam dan larutan mineral didalamnya. Air tawar pada umumnya tidak berwarna, sehingga tampak bersih, bening dan jernih. Tetapi pada beberapa jenis air tawar juga memperlihatkan warna yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan karena sedimen (bebatuan) dan organisme yang hidup didalamnya. Air tawar memiliki sifat *salinity* (kadar garam) rendah.

Sungai merupakan contoh utama dari habitat air tawar yang mengalir. Sungai adalah air tawar dari sumber alamiah yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah dan menuju atau bermuara ke laut, danau atau sungai yang lebih besar. Air dalam sungai umumnya terkumpul dari Presipitasi yaitu kumpulan dari curah hujan atau turunnya air dari atmosfer ke permukaan bumi. Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai. Beberapa anak sungai akan bergabung untuk membentuk sungai utama. Aliran air biasanya berbatasan dengan saluran dengan dasar dan tebing disebelah kiri dan kanan. Penghujung sungai dimana sungai bertemu laut dikenal sebagai muara sungai.

3.4 Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur yaitu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat

dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material – material pembentuk beton aspal dicampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampurannya ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal maka pencampuran umumnya antara 145° - 155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan nama *Hot Mix*. (Silvia Sukirman, 2003).

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah *AC – WC* adalah salah satu dari 3 macam campuran lapis aspal beton yaitu *AC – WC*, *AC – BC*, *AC – BASE*. Ketiga jenis laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga. Penggunaan *AC – WC* yaitu lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya, dan merupakan lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang di syaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Adapun spesifikasi campuran *AC-WC* dapat dilihat pada Tabel 3.5 dibawah ini.

Tabel 3.5 Spesifikasi Campuran AC-WC

Ukuran Ayakan		Laston (AC)		
<i>ASTM</i>	mm	<i>WC</i>	<i>BC</i>	<i>Base</i>
1 1/2"	37,5			100
1"	25		100	90 - 100
3/4"	19	100	90 - 100	76 - 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 - 90	60 78

3/8"	9,5	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No. 8	2,36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No. 50	0,3	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No. 100	0,15	6 - 15	5 - 13	4 - 10
No. 200	0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum 2010 Revisi 3

3.5 Karakteristik *Marshall Test*

Metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran sampel padat yang terbentuk. Karakteristik dari campuran beton aspal dapat di lihat pada nilai – nilai atau parameter berikut ini.

3.5.1 *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient (MQ) adalah hasil perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada perencanaan perkerasan dengan metode *Marshall* digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas perkerasan. Semakin besar nilai MQ maka semakin tinggi fleksibilitas atau semakin kaku campuran tersebut, namun jika sebaliknya semakin kecil nilai *MQ* maka campuran semakin lentur. Nilai dari *MQ* dapat diperoleh dari persamaan 3.1 berikut ini.

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.1)$$

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

q = nilai stabilitas (kg)

r = nilai *flow* (mm)

3.5.2 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan beton aspal menerima beban lalu-lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) seperti gelombang, alur (*rutting*), maupun mengalami *bleeding* atau sampai terjadi

kelelahan plastis. 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.

Nilai Stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini.

$$S = p \times q \quad (3.2)$$

Dimana :

- S = Nilai Stabilitas
- p = Pembacaan arloji stabilitas x Kalibrasi alat
- q = Angka koreksibenda uji

3.5.3 Kelelahan (*Flow*).

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. Suatu campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas yang tinggi cenderung menjadi kaku, sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk saat terbebani oleh lalu lintas.

3.5.4 Kepadatan (*Density*).

Kepadatan atau *density* merupakan tingkat kerapatan suatu campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* suatu campuran menunjukkan kepadatannya semakin baik. Nilai dari *density* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis dan kualitas bahan penyusun, gradasi campuran, jumlah pemadatan, temperature pemadatan, kadar aspal, serta penambahan bahan *addictive* dalam campuran. Suatu campuran dengan nilai *density* yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki nilai *density* yang rendah. Nilai *density* juga mempengaruhi kekedapan campuran, semakin

besar nilai density maka semakin rapat suatu campuran sehingga menjadi semakin kedap terhadap air dan udara.

Nilai kepadatan atau *density* dapat dihitung dengan Persamaan 3.3 dan Persamaan 3.4 berikut ini.

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.3)$$

$$f = d - e \quad (3.4)$$

Dimana :

- g = nilai *density* (gr/cc)
- c = berat benda uji sebelum direndam air (gr)
- d = berat benda uji dalam keadaan jenuh (gr)
- e = berat dalam air (gr)
- f = volume benda uji (cm³)

3.5.5 Void In The Mix (VITM).

Void In The Total Mix (VITM) adalah prosentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai *VITM* akan semakin kecil apabila kadar aspal semakin besar. *VITM* yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur dan retak. (Silvia Sukirman 1992).

Besarnya nilai *VITM* dapat diperoleh dari Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6 berikut ini.

$$n = 100 - \left(100 - \frac{g}{h} \right) \quad (3.5)$$

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

(3.6)

Dimana :

- n = nilai *VITM*
- g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat jenis maksimum teoritis campuran

3.5.6 Void In Mineral Aggregate (VMA)

Void In Mineral Aggregate (VMA) adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal. Bila nilai *VMA* naik, nilai *flow* akan naik, tetapi stabilitasnya akan menurun.

Besarnya nilai *VMA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.7 dan Persamaan 3.8 berikut ini.

$$l = 100 - j \quad (3.7)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.8)$$

Dimana : l = nilai *VMA* (%)

b = persentase aspal terhadap campuran (%)

g = berat isi sampel (gr/cc)

3.5.7 Void Filled With Asphalt (VFWA)

Void Filled With Asphalt (VFWA) adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal yang nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, dimana rongga telah penuh (optimum). Jika rongga dalam campuran telah terisi penuh oleh aspal, maka persen kadar aspal yang mengisi rongga adalah persen kadar aspal maksimum.

Besarnya nilai *VFA* dapat diperoleh dari Persamaan 3.9 dan Persamaan 3.10 berikut ini.

Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.9)$$

Keterangan : a = persentase aspal terhadap batuan (%)

b = persentase aspal terhadap campuran (%)

Persentase aspal terhadap campuran

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.10)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.11)$$

$$l = 100 - j \quad (3.12)$$

$$j = \left(\frac{(100-b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \right) \quad (3.13)$$

Dimana : $m = \text{VFWA (\%)}$

$g = \text{berat isi sampel (gr/cc)}$

$b = \text{persentase aspal terhadap campuran (\%)}$

3.6 Immersion Test

Karakteristik dari campuran beton aspal salah satunya adalah *durability*. Sifat ini berhubungan dengan ketahanan suatu campuran dari kerusakan akibat pengaruh cuaca, air dan beban lalu lintas. Metode pengujian *Immersion Compression Test* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menguji ketahanan pengelupasan aspal (*stripping*) pada campuran perkerasan beton aspal dari ASTM – D107594. Untuk mengetahui nilai indeks kekuatan sisa (*IRS*) aspal yang dinyatakan dalam persen dapat dilihat pada persamaan 3.14 di bawah ini.

$$IRS = \left(\frac{S_2}{S_1} \right) \times 100\%$$

(3.14)

Dimana :

$S_1 = \text{Kuat Tekan Benda Uji Kering (kN)}$

$S_2 = \text{Kuat Tekan Benda Uji Direndam (kN)}$

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan ($\geq 90\%$), campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

3.7 *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Indirect Tensile Strength Test adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Sifat uji ini adalah kegagalan gaya tarik yang berguna untuk memperkirakan potensial retakan. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan. Retak yang disebabkan oleh pengulangan beban menyebabkan adanya gaya tarik yang dialami perkerasan.

Gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silinder yang mengalami pembebanan tekanan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Besarnya gaya tarik tidak dapat diperoleh dari pengujian *Marshall* secara langsung, namun pengujian yang paling sesuai untuk mengetahui besarnya gaya tarik pada perkerasan adalah dengan cara pengujian *Indirect Tensile Strength Test (ITS)*.

Untuk mengetahui perhitungan gaya tarik tidak langsung dapat di lihat melalui persamaan 3.15 dibawah ini.

$$ITS = \frac{P_{runtuh}}{h} \times A_0 \quad (3.15)$$

Keterangan : *ITS* = kuat tarik tidak langsung (kg/cm²)

P runtuh = beban puncak (kg)

h = tinggi sampel (cm)

A₀ = konstanta

3.8 *Cantabro Test*

Cantabro Loss adalah pengujian untuk mengetahui berat sampel yang hilang setelah dilakukan tes abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi. Benda uji dibuat dengan diameter 101,6 mm dan dipadatkan kedua sisinya

dengan 2 x 75 tumbukan kemudian sampel diletakkan kedalam mesin Los Angeles tanpa bola besi.

Nilai karakteristik *Cantabro Test* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.17 berikut ini.

$$L = \left(\frac{a - b}{a} \right) \times 100$$

(3.16)

Dimana :

L = Persentase Kehilangan Berat (%)

a = berat sampel sebelum di uji (gr)

b = berat sampel setelah di uji (gr)

3.9 Analisis Statistik

Statistik adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pengumpulan, penyajian, serta analisa data dan pengambilan kesimpulan secara umum berdasarkan hasil dari penelitian yang menyeluruh. (J.Supranto).

Pada penelitian ini, analisis Statistik yang digunakan adalah analisis statistik *Anova* satu arah (*One Way Anova*). *Anova* merupakan singkatan dari *Analysis of Variance*. Merupakan prosedur uji statistik yang mirip dengan t-test. Analisis *Anova* digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian yang mana menilai adakah perbedaan rerata antara kelompok. Hasil akhir yang nantinya akan dibandingkan dengan nilai pada tabel. Adapun asumsi dasar yang harus dipenuhi dalam analisis *Anova* adalah sebagai berikut.

1. Kenormalan

Distribusi data harus normal, agar data terdistribusi normal dapat ditempuh dengan cara memperbanyak jumlah sampel dalam kelompok.

2. Kesamaan variasi

Bila banyaknya sampel sama pada tiap kelompok maka kesamaan variasinya dapat diabaikan. Tetapi jika banyaknya sampel pada tiap kelompok berbeda maka kesamaan variasi populasinya sangat diperlukan.

Pada analisis *Anova* satu arah diperlukan adanya rumusan hipotesis, Hipotesis tersebut terdiri atas sebagai berikut.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots \dots \dots \mu_k$

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \dots \dots \neq$ ada perbedaan antara sebelum dan setelah adanya perlakuan.

Penarikan kesimpulan dengan statistik *Anova* satu arah dapat dilakukan dengan cara berikut.

1. Membandingkan antara nilai t-hitung dengan nilai t-tabel

Besarnya nilai α yang sering digunakan dalam penelitian adalah 5% atau 0,05.

Bandingkan nilai t-hitung dengan t-tabel yang telah diperoleh.

Jika nilai F-hitung $>$ F-tabel ; maka H_0 ditolak.

Jika nilai F-hitung $<$ F-tabel ; maka H_0 diterima.

2. Menggunakan nilai signifikan atau *P-Value*

Jika nilai signifikan atau *P-Value* $>$ 0,05; maka H_0 diterima.

Jika nilai signifikan atau *P-Value* $<$ 0,05; maka H_0 ditolak.

3. Keputusan.

4. Pasca *Anova* (jika ada).

5. Kesimpulan.

Analisis setelah *Anova* atau pasca *Anova* (*post hoc*) dilakukan apabila hipotesis nol (H_0) ditolak. Fungsi analisis setelah *anova* adalah untuk mencari kelompok mana yang berbeda. Hal ini ditunjukkan oleh F hitung yang menunjukkan adanya perbedaan. Apabila F hitung menunjukkan tidak ada perbedaan, tentu analisis setelah *Anova* tidak perludilakukan.