

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian untuk menunjukkan Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan substitusi sebagian komposisi aspal dalam campuran didasari oleh beberapa literatur yang hampir sama. Adapun penelitian terdahulu yang diperoleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh Penambahan Plastik *Low Density Poly Ethylene* (LDPE) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Maret 2008 oleh Tjitjik Wasiah Suroso tahun 2008.

Dari hasil pengujian ini, campuran beraspal baik karakteristik Marshall (lebih tinggi 22,5%), Stabilitas Dinamis (lebih tinggi 250%), kecepatan deformasi (24% lebih rendah), modulus resilien di laboratorium menunjukkan bahwa campuran aspal plus plastik mutu rendah jenis LDPE cara kering maupun cara basah lebih baik dari aspal konvensional seperti ditunjukkan dari nilai density, Stabilitas Marshall, MQ, VFB lebih besar dari campuran beraspal dengan aspal konvensional.

2. Penggunaan Plastik LDPE (*Low Density Polyethilen*) Sebagai Substitusi Aspal Pada Campuran AC–WC pada Universitas Bangka Belitung, September 2019 oleh Pandry Situmorang, Desy Yofianti , Revy Safitri tahun 2019.

Dari hasil pengujian ini, kadar aspal optimum yang digunakan adalah 5,75%. Nilai stabilitas yang dihasilkan dari variasi campuran AC-WC telah memenuhi spesifikasi yang sudah ditetapkan. Nilai flow yang dihasilkan dari variasi campuran (0%, 2%, 4% dan 6% LDPE) secara umum menurun untuk setiap penambahan kadar aspal.

3. Karakteristik Marshall Lapisan Aus Aspal Beton Menggunakan Agregat Terselimut Limbah Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) pada Universitas Tarumanegara, April 2019 oleh Ni Luh Shinta Eka Setyarini, Anissa Noor Tajudin, Joseph Pratama tahun 2019.

Dari hasil pengujian ini, Campuran aspal beton dengan kadar plastik 6% dan kadar aspal 4% memiliki nilai stabilitas tertinggi yaitu 2498,39 kg, membuktikan bahwa semakin banyak kadar plastik yang digunakan dalam campuran aspal beton akan dapat meningkatkan nilai stabilitas, sampai batas tertentu. Dan Nilai flow meningkat seiring dengan meningkatnya kadar plastik pada campuran aspal beton.

4. Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Kresek Sebagai Aspal Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Campuran Lapisan Aspal Beton (AC-BC) pada Universitas Syiah Kuala, Januari 2018 oleh Suraya Fitri, Sofyan M. Saleh, Muhammad Isya tahun 2018.

Berdasarkan dari hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas terbaik berada pada saat persentase aditif kantong plastik bekas 5,3% yaitu sebesar 1481,83 kg pada rendaman 30 Menit (Suhu 60° C) dan sebesar 1338,68 kg stabilitas pada rendaman 24 jam (Suhu 60° C). Dari perbandingan ke dua stabilitas tersebut maka diperoleh nilai durabilitas sebesar 90,34%.

5. Analisis Karakteristik Camuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dengan Menggunakan Plastik Bekas Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Agregat pada Universitas Udayana, Juli 2013 oleh Made Andy Dwi Gunadi, I Nyoman Arya Thanaya, I Nyoman Widana Negara tahun 2013.

Dari hasil penelitian ini, didapatkan beberapa parameter pengujian Marshall yang rata-rata nya semua parameter telah memenuhi standar yang telah ditentukan.

2.2 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) merupakan jenis tertinggi dari perkerasan bitumen bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Aspal beton biasanya dicampur dan dihamparkan pada temperatur tinggi dan membutuhkan bahan pengikat aspal semen. Agregat minimal yang digunakan yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi didalam batasan yang ketat. Spesifikasi untuk pencampuran, penghamparan kepadatan akhir dan penyelesaian

akhir permukaan memerlukan pengawasan yang ketat atas seluruh tahap konstruksi.

2.2.1 Pembagian Laston (AC)

Menurut spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 tahun 2010, laston dibagi menjadi:

1. Laston sebagai lapisan aus, atau dengan kata lain AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), memiliki diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus.
2. Laston sebagai lapis antara/pengikat, atau dikenal dengan nama lain AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), memiliki diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang.
3. Laston sebagai lapis pondasi, atau dikenal dengan kata lain AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), memiliki butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.

Lapisan aspal beton terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Bahan laston terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* (jika diperlukan) dan aspal keras. Bahan harus terlebih diteliti mutu dan gradasinya.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Beraspal Panas (AC)

Sifat-Sifat Campuran		LASTON		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Lapis Pondasi
Kadar aspal efektif	Min	5,1	4,3	4,0
Penyerapan aspal (%)	Max	1,2		
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5		
	Max	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
	Max	-		-

Pelelehan (mm)	Min	3	4,5
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min	250	300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 ⁰ C	Min	90	
Rongga dalam campuran (%)	Min	2,5	

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2.3 Agregat

Agregat (*aggregate*) didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan solid. ASTM (1974) mendefinisikan agregat/batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat/batuan merupakan komponen utama dari perkerasan jalan yang mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.3.1 Sifat Agregat

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok, yaitu:

- a) Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
- b) Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan baah dan jenis agregat yang digunakan.
- c) Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran

yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

A. Gradasi

Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah/ satu set saringan dimulai dari pan dan di akhiri dengan tutup. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering atau analisa basah. Analisa kering mengikuti AASHTO T27-82, sedangkan analisa basah mengikuti AASHTO T11-82. Analisa basah umum digunakan jika agregat yang akan disaring mengandung butir-butir halus sehingga fraksi butir-butir halus dapat terdeteksi dengan baik. Jika agregat kasar itu bersih, tidak/sedikit sekali mengandung butir halus dapat digunakan analisa kering. Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

- a. Gradasi seragam (*uniform graded*), adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, dan berat volume kering.
- b. Gradasi rapat (*dense graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
- c. Gradasi buruk (*poorly graded*), merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang, sering disebut juga gradasi

senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

Sifat-sifat yang dimiliki oleh ketiga gradasi tersebut di atas dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Sifat-sifat beberapa jenis agregat

Gradasi Seragam (<i>Uniform Graded</i>)	Gradasi Baik (<i>Dense Graded</i>)	Gradasi Jelek (<i>Poorly Graded</i>)
Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik	Kontak antar butir baik
Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	Seragam dan kepadatan tinggi	Seragam tetapi kepadatan jelek
Stabilitas dalam keadaan terbatas (<i>confined</i>) tinggi	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
Stabilitas dalam keadaan lepas rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas sangat rendah dalam keadaan basah
Sulit dipadatkan	Sukar sampai sedang dalam usaha untuk memadatkannya	Mudah dipadatkan
Mudah diserap air	Tingkat permeabilitas cukup	Tingkat permeabilitas rendah
Tidak dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air	Pengaruh variasi kadar air cukup	Sangat dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air

(Sumber: *Rekayasa Jalan-2*)

2.3.2 Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun hujan. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun beban lalu lintas. Sedangkan disintegrasi didefinisikan sebagai pelapukan pada agregat menjadi butir-butir halus akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban, kepanasan ataupun perbedaan temperatur sehari-hari. Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas

dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa pelayanan jalan tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi adalah :

1. Gradasi, gradasi terbuka (*open graded*) mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dibandingkan dengan gradasi rapat (*dense graded*).
2. Jenis agregat, agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih besar dari agregat yang lebih keras.
3. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.
4. Ukuran partikel, partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dibandingkan dengan partikel besar.
5. Bentuk partikel, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar daripada yang berbentuk kubus (bersudut).

2.3.3 Pengujian Sifat Fisik Agregat

Terdapat beberapa pengujian di laboratorium untuk memeriksa sifat-sifat agregat untuk memenuhi syarat yang telah ditetapkan agar dapat dipergunakan untuk perkerasan jalan. Adapun pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Analisis Saringan Agregat

Menurut SNI 03-1968-1990, Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar.

Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar dapat digunakan antara lain:

- a) Penyelidikan quarry agregat;
- b) Perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

Cara perhitungan sebagai berikut :

- a) Hitunglah persentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan terhadap berat total benda uji setelah disaring.

2. Berat Jenis Agregat

Menurut SNI 1970 – 2008, Dalam penggunaannya, berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolute. Standar ini menetapkan cara uji berat jenis curah kering dan berat jenis semu (*apparent*) serta penyerapan air agregat halus. Agregat halus adalah agregat yang ukuran butirannya lebih kecil dari 4,75 mm (No. 4). Nilai nilai yang tertera dinyatakan dalam satuan internasional (SI) dan digunakan sebagai standar. Standar ini dapat menyangkut penggunaan bahan, pelaksanaan dan peralatan yang digunakan.

3. Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat

Menurut SNI 03–6877–2002, Metoda pengujian ini adalah untuk menentukan kadar rongga agregat halus dalam keadaan lepas (tidak dipadatkan). Bila pengujian dilakukan pada agregat yang gradasinya diketahui, kadar rongga dapat menjadi indikator angularitas, bentuk butir dan tekstur permukaan relatif terhadap agregat halus lain dengan gradasi yang sama. Bila pengujian dilakukan terhadap agregat halus sesuai gradasi yang akan digunakan di lapangan, kadar rongga merupakan indikator terhadap kemudahan pengerjaan suatu campuran.

Cara perhitungan bobot isi gembur dan padat menurut SNI 03–6877–2002 sebagai berikut :

Hitung rongga agregat halus yang tidak dipadatkan sebagai berikut:

$$U = \frac{V-(F/G)}{V} \times 100 \dots\dots\dots 2.1$$

dengan:

V : Volume silinder pengukur, ml

F : Berat bersih agregat halus dalam silinder pengukur, gram (berat total dikurangi berat silinder kosong).

G : Berat jenis balk dari agregat halus

U : Rongga agregat halus tidak dipadatkan, %.

4. Kadar Air dan Kadar Lumpur Agregat

Menurut SNI 03–1971–1990, Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, dinyatakan dalam persen. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam Pengujian untuk menentukan kadar air agregat. Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh angka persentase dari kadar air yang dikandung oleh agregat.

Cara Pengujian sebagai berikut :

- a) Timbang dan catatlah berat talam (W_1);
- b) Masukkan benda uji ke dalam talam kemudian timbang dan catat beratnya (W_2);
- c) Hitunglah berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$);
- d) Keringkan benda uji beserta dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap;
- e) Setelah kerig timbang dan catat berat benda uji beserta alam (W_4);
- f) Hitunglah berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$);

Cara perhitungan kadar air dan kadar lumpur agregat menurut SNI 03–1971–1990 sebagai berikut :

$$\text{Kadar air agregat} = \frac{(W_3 - W_5)}{W_5} \times 100\% \dots\dots\dots 2.2$$

keterangan :

W_3 = berat benda uji semula (gram).

W_5 = berat benda uji semula (gram).

5. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angeles*

Menurut SNI 2417–2008 , Cara uji ini sebagai pegangan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi Los Angeles. Tujuannya untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Hasilnya dapat digunakan dalam perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan atau konstruksi beton.

Tabel 2.3 Daftar Gradasi dan Berat benda uji

Ukuran saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)						
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500 ± 50	-	-
50	2,0	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000 ± 50	5000 ± 50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250± 25	-	-	---	-	5000 ± 25	5000 ± 25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000 ± 25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	¼	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No. 4	2,36	No. 8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25

(Sumber: SNI 2417 - 2008)

Cara perhitungan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* menurut SNI 2417-2008 adalah sebagai berikut :

$$= \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots 2.3$$

Dengan pengertian :

- a) adalah berat benda uji semula, dinyatakan dalam gram ;
- b) adalah berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70 mm), dinyatakan dalam gram.

2.4 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal menjadi lunak (cair) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika tempertur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal.

Hydrocarbon adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering disebut juga bitumen. aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan di samping itu mulai banyak pula dipergunakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton. Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi yang sering disebut sebagai aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap asam, basa dan garam. Ini berarti jika dibuatkan lapisan dengan mempergunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia yang lain. Sifat aspal akan berubah akibat panas dan umur, aspal akan menjadi kaku dan rapuh dan akhirnya daya adhesinya terhadap partikel agregat akan berkurang. Perubahan ini dapat diatasi

(dikurangi) jika sifat-sifat aspal dikuasai dan dilakukan langkah-langkah yang baik dalam proses pelaksanaan.

2.4.1 Pengujian sifat karakteristik aspal

Terdapat beberapa pengujian di laboratorium untuk memeriksa sifat-sifat aspal untuk memenuhi syarat yang telah ditetapkan agar dapat dipergunakan untuk perkerasan jalan. Adapun pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal padat dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu 25°C atau 15,6°C. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan, pengujian berat jenis aspal padat dan ter dengan piknometer. Tujuan metode ini adalah untuk menentukan berat jenis aspal padat. Pengujian ini dilakukan terhadap semua aspal padat, selanjutnya hasilnya dapat digunakan dalam pekerjaan perencanaan campuran serta pengendalian mutu perkerasan jalan. Untuk perhitungan berat jenis aspal, digunakan rumus sesuai yang terdapat pada SNI 06-2441-1991 sebagai berikut:

$$\delta = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

δ = berat jenis aspal

A = berat piknometer (dengan penutup) (gram)

B = berat piknometer berisi air (gram)

C = berat piknometer berisi aspal (gram)

D = berat piknometer berisi asal dan air (gram)

2. Pengujian Penetrasi Aspal

Menurut SNI 06-2456-1991, yang dimaksud dengan penetrasi adalah masuknya jarum penetrasi ukuran tertentu, beban tertentu, dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Aspal keras (*asphalt cement*) adalah suatu jenis aspal minyak yang didapat dari residu hasil destilasi minyak bumi pada

keadaan hampa udara. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian untuk menentukan penetrasi aspal keras atau lembek (*solid atau semi solid*). Tujuan metode ini adalah menyeragamkan cara pengujian untuk pengendalian mutu bahan dalam pelaksanaan pembangunan. Pengujian untuk mendapatkan angka penetrasi dan dilakukan pada aspal keras atau lembek.

Angka penetrasi rata-rata dalam bilangan bulat sekurang-kurangnya 3 pembacaan dapat dilihat kedalam tabel 2.4 dibawah ini :

Tabel 2.4 Toleransi angka penetrasi rata-rata dari 3 kali pembacaan:

Hasil Penetrasi	0-49	50-149	150-249	>250
Toleransi	2	4	6	8

(Sumber : SNI 06-2456-1991)

Apabila perbedaan antara masing-masing pembacaan melebihi toleransi, pemeriksaan harus diulang.

3. Pengujian Titik Lembek

Menurut SNI 06-2434-1991 yang dimaksud dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi 25,4 mm, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian titik lembek aspal dan ter. Tujuan metode ini adalah untuk menemukan angka titik lembek aspal dan ter yang berkisar 30^oC sampai 200^oC dengan cara ring and ball. Ruang lingkup pengujian ini adalah menentukan titik lembek aspal padat dan ter dengan cara ring and ball. Hasil pegujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

4. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Prosedur pengujian berdasarkan SNI 2433:2011. Titik nyala merupakan salah satu cara untuk menentukan kecenderungan aspal dapat menyala akibat panas dan api, pada kondisi di laboratorium yang terkontrol, hasil tersebut

dapat digunakan sebagai informasi bahaya kebakaran yang sesungguhnya di lapangan. Titik nyala digunakan sebagai informasi keselamatan pada pengiriman untuk bahan yang mudah terbakar. Titik nyala yang rendah memberikan petunjuk adanya bahan yang mudah menguap dan terbakar. Titik bakar merupakan salah satu cara untuk menentukan kecenderungan aspal dapat terbakar akibat panas dan api, pada kondisi di laboratorium yang terkontrol.

5. Pengujian Daktilitas Aspal

Prosedur pengujian berdasarkan SNI 2432:2011. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan panjang aspal (dalam cm) yang dapat ditarik sampai menjelang putus dengan kecepatan 5cm/menit pada suhu 25°C yang merupakan indikator dari adhesi dan elastisitas aspal.

Pengujian ini menggunakan tiga buah benda uji yang sama.

2.4.2 Jenis-Jenis Aspal

A. Aspal Minyak

Aspal minyak (aspal semen / aspal keras, bitumen, aspal baku) adalah kumpulan bahan-bahan tersisa dari proses destilasi minyak bumi (*atmospheric, vacuum, debotlenecking*, dan sebagainya) di pabrik kilang minyak, bahan sisa yang dianggap sudah tidak bisa lagi di proses secara ekonomis (dengan kemajuan teknologi dan kondisi mesin yang ada) untuk dapat menghasilkan produk-produk yang dapat dijual seperti misalnya sejenis bahan bakar, bahan pelumas dan lainnya. Bahan-bahan sisa tadi dicampurkan antara residu padat dengan bahan cair lain, biasanya akan dibagi dalam tiga kelas, yaitu kelas penetrasi (Pen 40/50, Pen 80/70 dan Pen 80/100). Di negara lain, selain kelas penetrasi dikenal juga kelas viskositas (Australia, contoh: AC-2,5, AC-5, dan sebagainya) serta kelas Performance Grade (diusulkan oleh SHRP untuk kelas aspal yang dikaitkan dengan ketahanannya terhadap suhu, contoh: PG 64-10, PG 70-20, dan sebagainya).

Pengerjaan aspal umumnya memerlukan pemanasan pada suhu sekitar 110-170⁰C, supaya aspal menjadi encer (viskositas rendah, sekitar 0,2 sampai dengan 50 Pa.s), sehingga mudah untuk dipompa/dipindahkan, dicampur dengan agregat ataupun dipadatkan.

B. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah aspal yang bercampur air (60/70%) dalam bentuk emulsi. Bergabungnya aspal dengan air dimungkinkan karena adanya bahan tambahan yang bersifat katalis. Penggunaan aspal emulsi biasanya untuk lapis beton aspal campuran dingin (digunakan pada lokasi-lokasi tertentu yang tidak membolehkan ada api terbuka, misalnya wilayah pengeboran minyak, kompleks penyimpanan bahan bakar atau daerah tertentu yang belum punya AMP, tetapi ingin kualitas jalan yang setara beton aspal, dan sebagainya), untuk lapis *tackcoat*, *primecoat*, atau campuran untuk bahan tambal lubang siap pakai.

C. Cut Back Asphalt

Cut back asphalt adalah aspal yang dicairkan dengan cara ditambahkan dengan pelarut dari keluarga hidrokarbon (minyak tanah/ cerosin bensin atau solar), biasanya dipakai untuk *tackcoat* (*Rapid curing/RC*, *Medium curing/MC* atau *slow curing/SC*) atau *primecoat* (lapis resap ikat). saat ini untuk lapis ikat (*tackcoat*), mulai banyak menggunakan aspal emulsi dengan alasan bensin terlalu berbahaya karena sering terjadi kebakaran, kerosi atau solar sebagai pelarut sering tidak sempat menguap pada saat beton aspal harus digelar di atasnya, sehingga membuat lapisan di atasnya terkontaminasi dengan pelarut menjadi melunak dan menimbulkan perubahan bentuk (deformasi, blending dan licin).

D. Aspal modifikasi

Aspal modifikasi (*polymer modified asphalt /PMA*, *polymer modify Bitumen/PMB*, Aspal modifikasi) adalah aspal minyak ditambah dengan bahan tambah/*additive* untuk meningkatkan kinerjanya. Di luar negeri, aspal polimer dijanjikan sebagai aspal yang tahan beban dan tahan lama (awet) dengan harga yang cukup mahal sehingga pemasarannya kurang begitu sukses meskipun sudah

dikenal lebih dari 20 tahun. Di Indonesia kesadaran untuk menggunakan aspal modifikasi didasari oleh alasan yang lebih khusus, yaitu agar lebih tahan panas (menaikkan titik leleh) lebih tahan beban (menaikkan kohesi) lebih lengket (menaikkan adhesi) agar agregat tidak mudah terburai dan lebih tahan ultraviolet agar lebih tidak mudah menua (*ageing*).

Masing-masing penambahan kinerja itu membutuhkan bahan tambah yang berbeda-beda, ada aditif yang bersifat lengket dan lentur (aditif berbasis karet) atau lebih keras dan tahan panas (aditif berbasis plastomer, elastomer, selulosa, filter atau penambahan aspalten seperti asbuton, gilsonit, trinidad asphalt dan sebagainya) atau aditif khusus dengan sifat beragam (jenis-jenis polimer tertentu). Aspal polimer biasanya merupakan produk sisa dari pabrik kilang minyak, karena merupakan pelayanan terhadap permintaan aspal dengan kinerja khusus yang tidak ekonomis bila diproduksi secara massal. Aspal modifikasi yang mulai dijual di Indonesia sejak tahun 1996 kita kenal beberapa merek, misalnya high bonding asphalt, mexphalt, cariphalt, bituplus, superfleks, superphalt, starbit, aspal prima 50, retona dan sebagainya.

E. Aspal Buton (Asbuton)

Aspal buton adalah aspal alam yang terdapat di Pulau Buton (ada dua lokasi tambang, yaitu Kabungka dan Lawele), berupa batuan yang mengandung aspal (*rock asphalt*) yang ditemukan sejak tahun 1920, dengan cadangan lebih dari 600 juta ton (terbesar di dunia). Di dunia juga dikenal aspal Trinidad (*Trinidad lake asphalt*), aspal alam yang ditemukan pada danau di Venezuela yang telah dipasarkan keseluruh dunia sejak abad ke-18, meskipun dalam jumlah yang tidak terlalu besar (kurang dari 30.000 ton per tahun).

Aspal Buton Kabungka, batuan induknya adalah batu kapur, material aspal meresap kedalam pori-pori batuan sebesar 12-20%, penambangannya menggunakan bahan peledak. Batuan dipecah menjadi kecil-kecil dengan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*), lalu dipasok ke proyek yang membutuhkan dalam bentuk curah (dikirim dengan tongkang dan dump truck). Pengaktifan aspal alam Kabungka memerlukan waktu perlu dijemput dengan minyak pelarut khusus

(*modifier*) yang encer dan tajam serta membutuhkan waktu pemeraman selama 2-5 hari sebelum aspal alam keluar dari cangkangnya dan membentuk mastik, sehingga dapat dicampur dengan agregat atau cara lain.

Aspal Buton Lawele, batuan induknya adalah batuan silika, material aspal tidak meresap tetapi saling tertempel dengan batuan sebanyak 20-35%, sehingga lebih mudah untuk diaktifkan tanpa pemeraman. Kesulitan penanganannya justru terletak pada kelengketannya yang terlalu tinggi (bergumpal-gumpal), sehingga susah untuk ditakar menurut jumlah berat yang dibutuhkan .

Dibanding dengan aspal minyak, aspal alam mempunyai kandungan bahan-bahan alam yang lebih kaya, karena aspal alam tidak mengalami proses destilasi seperti yang dilakukan dipabrik kilang minyak, sehingga bahan penting yang biasanya dijual dengan harga lebih mahal masih terdapat di dalamnya.

2.5 Aspal Modifikasi

2.5.1 Definisi dan pengertian

Aspal modifikasi adalah aspal minyak yang ditambah dengan beberapa aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kinerjanya. Aspal minyak yang ada dipasaran sekarang ada kecenderungan kehilangan beberapa sifat yang sangat dibutuhkan untuk fungsinya sebagai bahan pengikat agregat batuan pada lapisan perkerasan.

Awal kesadaran tentang hal itu adalah pelunakan beton aspal akibat panas permukaan jalan yang jauh lebih tinggi dari apa yang dikenal di negara sub tropik, yang beranggapan panas permukaan jalan tidak akan lebih dari 60⁰C (Asphalt Institute). berbagai cara dan jenis aditif dicoba untuk ditemukan agar titik leleh aspal yang ada dipasaran dapat dinaikkan dari 48⁰C menjadi paling tidak 55⁰C, bahkan lebih tinggi untuk mengantisipasi permukaan beton aspal yang menderita panas permukaan tinggi, beban ini berat, kendaraan berjalan lambat dan alur ban bergerak seperti berjalan di atas rel kereta api (kanalisasi).

Pemakaian aditif untuk menaikkan titik lembek ternyata berakibat menurunnya angka penetrasi aspal, sehingga aspal menjadi kering dan keras, serta menyulitkan dalam pengerjaannya. Aditif lain harus ditemukan untuk mengembalikan kelas aspal menjadi kelas 60/70 lagi agar tidak, mudah *ageing* (penuaan), batas terendah untuk angka penetrasi sementara ini disepakati tidak kurang dari 50.

Kesulitan lain mulai tampak dengan terlihatnya secara nyata aspal modifikasi yang terbentuk dengan titik lembek tinggi dan penetrasi 50 menderita kehilangan kelengketan, sifat aspal yang sangat penting untuk kondisi indonesia dengan curah hujan tinggi.

Kesulitan produksi akhirnya berujung dengan tidak selalu semua aditif yang ditambahkan itu mau bekerja sana secara sinergis membentuk kesatuan dalam peningkatan kinerja aspal. Masing-masing peneliti dan produsen sekarang masih berlomba untuk menemukan aditif-aditif yang sesuai dengan kebutuhan peningkatan kinerja aspal dan aditif tersebut dapat saling bekerja sama dengan hasil akhir yang secara ekonomis memberikan harga wajar.

2.5.2 Tes Bahan dan Sifat Dasar Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi termasuk produk baru di indonesia, dikenalkan pada awal tahun 1996 ketika perkerasan beton semen jalan tol *Jakarta Outer Ring* (JORR Pondok Pinang-Kp Rambutan) memerlukan lapisan tipis untuk leveling dan waterproofing. Kreasi untuk meningkatkan kinerja aspal modifikasi didasarkan pada pengetahuan yang masih sangat minim dengan peralatan yang serba kurang. Peningkatan titik lembek dicapai dengan menambahkan serat selulosa dan peningkatan kelengketan diusahakan dengan menambahkan latex. Hingga saat ini, lapisan setipis 2 cm itu bertahan lebih dari 10 tahun dengan beberapa lokasi mengalami terkelupas, diduga karena pilihan yang kurang tepat dari jenis tackcoat yang dipakai.

A. Penetrasi

Angka penetrasi aspal modifikasi dibanding persyaratan untuk aspal biasa (aspal 60/70) diturunkan menjadi 50 dengan alasan meningkat titik lembek dengan aditif apa pun yang dikenal sampai saat ini, akan selalu berakibat menurunnya angka penetrasi. Di lain pihak, kita harus membatasi angka penetrasi untuk tidak lebih rendah dari 50, karena khawatir terjadi oksidasi akibat pemanasan sewaktu dalam proses pencampuran dan panas permukaan jalan selama masa pelayanan (daerah tropis, intensitas ultraviolet sangat tinggi), yang akan mempercepat kehilangan sifat lengket dari aspal (aspal terbakar dan berubah menjadi karbon). Adapun persyaratan aspal keras penetrasi yang biasa digunakan di Indonesia adalah aspal penetrasi 60/70 dan 80/100 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70 dan 80/100

No.	Jenis Pengujian	Penetrasi				Satuan
		60/70		80/100		
		Min	Maks	Min	Maks	
1.	Penetrasi (25 ⁰ C, 5 detik)	60	79	80	99	Mm
2.	Titik Lembek	48	58	46	54	⁰ C
3.	Titik Nyala	200	-	225	-	⁰ C
4.	Kehilangan Berat (163 ⁰ C, 5 jam)	-	0,8	-	0,1	% berat
5.	Kelarutan (C ₂ HCL ₃)	99	-	99	-	% berat
6.	Daktalitas (25 ⁰ C, 5 cm/menit)	100	-	100	-	Cm
7.	Penetrasi setelah kehilangan berat	54	-	50	-	% awal
8.	Daktalitas setelah kehilangan berat	50	-	75	-	Cm
9.	Berat Jenis (25 ⁰ C)	1	-	1	-	gr/cc

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 1989 (SNI-03-1737-F))

B. Titik Lembek

Titik lembek kebutuhan aspal dengan titik lembek tinggi sudah dibuktikan melalui beberapa proyek yang berlokasi di Jakarta (jalan tol dalam kota) dan jalan

tol wilayah Pantura, di mana dengan aspal biasa yang titik lembeknya disekitar 48°C akan menderita deformasi alur. Sesuai dengan saran peneliti Shell (Shell Bitumen Handbook 1995) untuk menggunakan aspal dengan Penetration Index nol atau positif, bila angka penetrasi ditetapkan minimal 50 harus dicapai titik lembek minimal 55°C , lebih tinggi lebih baik.

C. Titik Nyala

Tidak ada perubahan dalam penetapan titik nyala, yaitu 220°C . Yang harus diperhatikan biasanya aspal modifikasi membutuhkan panas sampai suhu 180°C untuk mencapai viskositas yang diperlukan, sehingga sudah sangat mendekati titik nyala.

D. Kehilangan Berat

Kehilangan berat tidak ada perubahan dari persyaratan untuk aspal biasa, karena pada umumnya dengan penambahan bahan aditif justru kehilangan berat akan semakin kecil, mungkin disebabkan adanya ikatan yang lebih kuat antarmolekul.

E. Kelarutan

Angka kelarutan ditetapkan lebih rendah daripada persyaratan untuk aspal biasa (99%) karena disadari bahwa banyak bahan aditif yang tidak akan larut dengan mudah pada karbon tetra klorida. Namun, kehadiran aditif tersebut diperlukan untuk meningkatkan kinerja aspal.

F. Daktilitas

Daktilitas disepakati secara kompromi menjadi 50 cm tanpa dasar yang kuat sambil menunggu hasil pengamatan yang lebih saksama, apakah ada kaitan langsung daktilitas aspal modifikasi dengan unjuk kerjanya (Beton aspal tipis di jalan tol Cawang-Semanggi menggunakan aspal modifikasi dengan daktilitas 20 cm, bertahan hingga 7 tahun lebih).

2.6 Semen Portland

Semen Portland adalah jenis semen yang paling umum yang digunakan secara umum di seluruh dunia sebagai bahan dasar beton, mortar, plester, dan adukan non-spesialisasi. Semen ini dikembangkan dari jenis lain kapur hidraulis di Britania Raya pada pertengahan abad ke-19, dan biasanya berasal dari batu kapur. Semen ini adalah serbuk halus yang diproduksi dengan memanaskan batu gamping dan mineral tanah liat dalam tanur untuk membentuk klinker, penggilingan klinker, dan menambahkan sejumlah kecil bahan lainnya. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya, semen Portland terbagi dalam 5 jenis yaitu :

- a. Tipe I, yaitu untuk konstruksi pada umumnya, dimana tidak diminta persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lainnya. Hanya tipe ini yang harus dipakai jika ingin ditambah additive dan admixture.
- b. Tipe II, yaitu untuk konstruksi secara umum terutama sekali bila disyaratkan agak tahan terhadap Sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
- c. Tipe III, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi.
- d. Tipe IV, yaitu untuk konstruksi-konstruksi yang menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
- e. Tipe V, yaitu untuk konstruksi yang menuntut persyaratan sangat tahan terhadap Sulfat.

2.6 Plastik

Plastik adalah polimer, rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau monomer. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang. Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet/*shellac*) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami/*nitrocellulose*) dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: *epoxy*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene*). Plastik adalah benda yang termasuk kedalam kelompok anorganik.

Dalam penelitian ini, plastik yang digunakan adalah jenis plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*) atau Kode 4.



Gambar 2.1 Plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*)

LDPE (*Low-Density Polyethylene*) biasa ditemukan pada pembungkus baju, kantung pada layanan cuci kering, pembungkus buah-buahan agar tetap segar, dan pada botol pelumas. LDPE (*Low-Density Polyethylene*) dianggap memiliki tingkat racun yang rendah dibandingkan dengan plastik yang lain. LDPE (*Low-Density Polyethylene*) tidak umum untuk didaur ulang, jika didaur ulang plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*) biasanya digunakan sebagai bahan pembuat ubin lantai.