

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bioaspal

Aspal yang terbuat dari bahan cangkang kelapa sawit dan dapat diperbarui disebut dengan bioaspal. Dapat juga digunakan untuk bahan pengikat campuran aspal, karena bioaspal ini dari bioamassa yang terkandung lignin didalamnya, Bioaspal juga memiliki potensi sebagai peremajaan untuk campuran yang mengandung *reclaimed asphalt pavement* dan juga bisa digunakan sebagai bahan tambah untuk campuran beraspal hangat dikarenakan sifat reologi bioaspal dapat menurunkan suhu pencampuran hingga 20°C. Untuk proses tahapan awal pembuatan bioaspal ini dengan proses pirolisis dahulu dimana untuk mendapatkan tar dan asap cair cangkang kelapa sawitnya. Setelah mendapatkan hasil dari proses pirolisis, lalu proses destilasi untuk menguapkan asap cair dan mendapatkan residunya dan jadilah Bioaspal.

Pirolisis yaitu proses pemanasan dekomposisi kimia bahan organik oksigen dimana material yang masih mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi gas. Sedangkan bioamassa yaitu istilah yang digunakan untuk semua senyawa organik yang berasal dari tanaman budidaya.

Destilasi atau juga penyulingan yaitu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan antara perbedaan kecepatan menguapnya bahan, dalam proses penyulingan, campuran zat di didihkan sehingga menguap, dan di dinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Sedangkan selulosa adalah komponen utama struktur dinding sel dari tanaman-tanaman hijau.

Menurut Nindita, 2013 bioaspal juga menjadi suatu bahan untuk alternatif lain. Untuk manfaat bioaspal sendiri yaitu dapat digunakan sebagai pengganti aspal, juga dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, bahan baku bioaspal lebih murah dan tersedia dalam jumlah yang memadai dan bioaspal dapat meningkatkan penggunaan bahan biomassa.

Menurut Prayogo, 2010; Kusumawati, 2012; Nindita, 2013) untuk bahan dasar dari pembuatan bioaspal terdapat 3 sumber yaitu dari limbah perkotaan (*scrap rubber* dan *waste tires*), limbah industri (*cellulose waste*, *wood lignin*, *bottom ash* dan *fly ash*), dan limbah tambang (*coal mine refuse*). Di negara Indonesia, penggunaan untuk bahan baku dari pembuatan bioaspal yang sudah diproduksi secara industri banyak yang terbuat dari tempurung kelapa. Bioaspal dari bahan lain juga masih diuji dalam skala penelitian dan belum diproduksi secara industri adalah bioaspal yang berasal dari limbah kelapa sawit, ampas tebu, dan serbuk kayu, dll.

Menurut Ledo, 2015 aspal buatan dan aspal minyak yang ada di Indonesia sudah banyak digunakan sebagai bahan pengikat untuk perkerasan jalan. Aspal buatan yang berpotensi sebagai bahan pengikat, antara lain tar dari cangkang kelapa sawit dan tar batubara.

2.2 Bioaspal sebagai Bahan Peremaja

Bioaspal dapat menggantikan aspal secara penuh sebagai pengikat pada campuran beraspal. Menurut Atmy Vera RL, pencampuran 2%, 5%, dan 10% bioaspal dengan aspal murni dapat meningkatkan kinerja aspal terhadap rutting pada suhu yang rendah sedangkan untuk penambahan 2% dan 4% dapat menambah rentang *Performance Grade (PG)* pada suhu yang rendah.

Bioaspal memiliki kandungan lignin, lignin ini adalah zat bersama selulosa yang merupakan salah satu sel yang terdapat di dalam kayu, lignin banyak terdapat pada kelompok kayu dan jarum rentang di atas 26% sedangkan kayu daun lebar lignin terdapat kurang dari 26%. Bioaspal bisa didapatkan dari non makanan seperti pohon, tanaman, dan perkebunan, masing-masing akan mendapatkan kandungan lignin yang berbeda-beda. Jadi bioaspal dapat digunakan sebagai peremaja untuk bahan daur ulang aspal pada perkerasan jalan.

2.3 Bioaspal Tempurung Kelapa

Bioaspal tempurung kelapa memiliki kadar air sekitar 6% s/d 9% perhitungan atas berat kering, yang tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Bioaspal memiliki kandungan 36,51% kadar lignin pada tempurung kelapa, kadar lignin yang

tinggi pada tempurung kelapa menunjukkan bahwa tempurung kelapa dapat dimanfaatkan untuk dijadikan bioaspal.

Metode yang cocok untuk proses bioaspal yaitu metode pirolisis karena tempurung kelapa terdapat bagian yang paling kerasnya, dengan cara pemanasan tidak langsung dengan api tanpa adanya udara yang dilakukan pada alat yang khusus. Metode Pirolisis akan menghasilkan arang tempurung kelapa (ATK) dan cairan yang disebut sebagai asap cair, kemudian pengambilan asap cair dilakukan dengan menampung asap yang keluar kemudian didinginkan dengan metode penyulingan atau distilasi. Bioaspal ini dapat menggantikan aspal minyak dengan kepadatan yang sangat keras setelah dingin, dengan sisa residu sebanyak 7 s/d 8%.

Hasil dari penelitian *Prayogo (2010)* melakukan pengujian fisik terhadap bioaspal tempurung kelapa. Hasil yang didapat menunjukkan viskositas pada temperatur kamar (25°C) adalah 230 dPas, nilai penetrasi adalah 128, dan titik lembek adalah 36°C. Sedangkan standar aspal minyak untuk viskositas adalah 320-330 dPas, penetrasi adalah 80-99, dan titik lembek 46-54°C, yang berarti bioaspal tempurung kelapa tidak memenuhi standar aspal minyak.

2.4 Aspal

Campuran material dari bitumen dan mineral disebut juga dengan aspal, aspal yang berwarna kecoklatan atau kehitaman memiliki fungsi sebagai material perekat terhadap agregat. Bitumen dan aspal memiliki sifat termoplastis jika dipanaskan aspal akan menjadi mencair dan kembali mengeras jika temperaturnya rendah atau turun, yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama masa produksi dan pemakaiannya.

Menurut (Asphalt Institute, 1989), Secara ilmiah aspal terdiri dari asphaltene dan maltene. Asphaltene adalah fraksi padat yang berwarna hitam atau coklat tua, sedangkan maltene merupakan fraksi cair dari aspal. Maltene mengandung resin dan minyak yang berfungsi melarutkan komponen asphaltene sehingga aspal bersifat elastis.

Berdasarkan dari tempat didapatkannya aspal terdapat 2 jenis yaitu aspalbuatan dan aspal alam. Aspal alam yaitu aspal yang berasal dari alam tanpa diproses dahulu,

sedangkan aspal buatan adalah aspal yang didapat dari hasil penyulingan minyak bumi dan pastinya melalui proses terlebih dahulu. Aspal yang sering digunakan pada perkerasan jalan yaitu aspal buatan yang berasal dari penyulingan minyak bumi. Aspal buatan memiliki 2 jenis yaitu:

- Aspal minyak yaitu aspal yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi.
- Tar adalah aspal yang dihasilkan dari penyulingan batu bara. Jenis aspal ini lebih elastis terhadap perubahan suhu dan lebih cepat mengeras.

Proses destilasi yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan satu persatu sehingga mendapatkan suatu residu yang disebut dengan aspal padat. Aspal yang berbentuk padat pada suhu ruang ($25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$) jika digunakan maka harus dipanaskan dahulu sampai mencapai suhu tertentu agar menjadi cair. Aspal padat dengan penetrasi yang tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume yang rendah dan aspal padat dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas dan lalu lintas dengan volume tinggi, dan untuk Jenis aspal yang umum digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 dan pen 80/100.

Fungsi dari aspal untuk perkerasan jalan raya yaitu:

1. Sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat.
2. Untuk mengisi rongga diantara butiran agregat dan pori-pori pada agregat itu sendiri.

Persyaratan bahan pengikat aspal yang digunakan yaitu spesifikasi Bina Marga 2018 untuk pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Table 2.1 Persyaratan Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-2011	60-70
2	Viskositas Dinamis 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-
3	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2434:2011	≥ 48
5	Daktilitas pada 25°C , (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1 dan SNI 2434:2011	-
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 2
	Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)		
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8
12	Viskositas Dinamis 10 rad/detik ≥ 2,2 kPa, (°C)	SNI 03-6442-2000	-
13	Penetrasi pada 25°C (%)	SNI 2456:2011	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50
	Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C DAN TEKANAN 2,1 Mpa		
15	Viskositas Dinamis 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

Keterangan :

1. Berat Jenis (SNI 2441:2011)

Pengujian menggunakan piknometer berat jenis adalah berat aspal dibagi berat isi aspal pada temperatur yang sama-sama. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{Berat Aspal}}{\text{Berat Isi Aspal}} \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Titik Lembek (SNI 2434:2011)

Digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu, temperatur pada saat aspal mulai menjadi lunak tidak sama pada setiap hasil produksinya walaupun nilai penetrasinya sama. Titik lembek yaitu pembacaan suhu pada saat bola baja yang perlahan turun suatu lapisan aspal yang tertahan dengan cincin berukuran,

aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi 25,4 mm akibat kecepatan pemanasan yang telah ditentukan.

3. Viskositas (ASTM D2170-10)

Pemeriksaan initujuannya untuk menentukan kekentalan kinematis dari aspal dengan metode empiris dari *Saybolt* dari aspal dan minyak untuk jalan atau sisa destilasinya cair nya pada rentang suhu 21°C dan 99°C.

4. Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433:2011)

Cara pengujian titik nyala pembacaan suhu dengan melihat permukaan aspal yang menyala sedangkan titik bakar pembacaan suhu dengan melihat permukaan aspal menyala selama 5detik atau lebih.

5. Penetrasi (SNI 2456-2011)

Penetrasi menggunakan alat uji penetrasi yaitu *penetrometer* bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal, cara uji penetrasi yaitu melihat kedalaman suatu jarum dengan ukuran yg ditentukan pada suhu dan beban yang ditentukan masuk kedalam aspal (dalam satuan 0,1 mm).

6. Kelarutan (AASHTO T44-14)

Persyarat minimum 99% untuk aspal yang masih murni, dengan cara melarutkan aspal dengan cairan pelarut.

7. Daktilitas (SNI 2432:2011)

Pengujian daktilitas ini tujuannya untuk mengetahui sifat kohesi aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang terisi aspal keras sebelum terputus.

8. TFOT (*Thin Film Oven Test*) (SNI 06-2411-1991)

Menunjukkan nilai selisih penetrasi setelah aspal dipanaskan, memiliki tujuan untuk mengetahui berapa minyak yang hilang pada aspal akibat pemanasan yang berulang dan seberapa peka terhadap cuaca dan temperatur.

9. Kelekatan Terhadap Agregat (SNI 03-2439-1991)

Agregat yang suka terhadap air (*hidrophilic*) tidak baik untuk campuran dengan aspal murni, sedangkan agregat yang tidak mudah terikat dengan air (*hydrophobic*) cukup baik untuk bahan campuran dengan aspal.

10. IP (Indeks Penetrasi ASTM D5546)

Nilai IP sebagai parameter pengukuran untuk kepekaan aspal terhadap temperatur yang dihitung dengan menggunakan rumus 2.2 .

$$\frac{20-IP}{10+IP} = 50 \frac{\log Pen_{R\&B} - \log Pen_{25^{\circ}C}}{T_{R\&B} - 25} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

IP = Index penetrasi

Pen 25°C = nilai penetrasi.

T_{R&B} = nilai suhu titik lembek aspal.

Pen_{R&B} = nilai penetrasi pada suhu titik lembek. Jika tidak ada diasumsikan 800,

Hasil dari nilai indeks penetrasi bisa di simpulkan dengan semakin rendah nilai IP maka semakin rendah tingkat ketahanan aspal terhadap perubahan suhu.

2.5 Agregat

Material berbutir keras dan kompak disebut dengan agregat, terdiri dari beberapa bagian, yaitu dari batu pecah, pasir, kerikil, atau material lain seperti dari bahan mineral alami dan juga buatan. Agregat salah satu bahan utama untuk bahan campuran beraspal yang digabungkan untk menjadi sautu kombinasi ikatan antara material pembentuk campuran beraspal.

Komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu agregat, memiliki peran yang sangat penting dalam perkerasan jalan, karena jumlah yang harus dipenuhi dalam campuran perkerasan umumnya berkisar antara 90%-95% dari berat total campuran atau 75%-85% dari volume campurannya yang sebagian besar ditentukan oleh sifat agregat yang digunakan. Jadi hasil campuran dan sifat agregat ini sangat menentukan kualitas perkerasan jalan.

Sifat-sifat agregat dapat diteliti dalam berbagai aspek yaitu:

1. Ukuran dan Gradasi

Besar dan kecilnya ukuran agregat sangat mempengaruhi kepadatan campuran. Terdapat beberapa istilah menurut spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 agregat, diantaranya:

- Agregat kasar, adalah agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,75 mm).
- Agregat halus, adalah agregat yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm).
- Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).

Susunan butir agregat sesuai ukurannya disebut dengan gradasi. Gradasi merupakan suatu hal yang paling penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat sangat mempengaruhi besar dan kecilnya rongga dalam campuran dan nilai stabilitas marshalnya. Umumnya terdapat perbedaan dari sifat campuran agregat bergradasi baik dan buruknya seperti pada Tabel 2.2.

Table 2.2 Perbedaan Sifat Campuran Gradasi Agregat.

Sifat	Bergradasi Buruk	Bergradasi Baik
Permeabilitas	Baik	Buruk
Rongga Pori	Besar	Sedikit
Tingkat Kepadatan	Buruk	Baik
Stabilitas	Buruk	Baik

Sumber: Sukirman S, 2012.

2. Kebersihan agregat (*cleanliness*)

Saringan lolos No.200 menentukan banyaknya butiran halus seperti adanya lanau, lempung, maupun tumbuhan pada campuran agregat, apabila digunakan sebagai bahan campuran beton aspal, akan menghasilkan beton aspal dengan kualitas rendah,

di karenakan material halus yang telah membungkus partikel agregat yang lebih kasar, sehingga ikatan antara agregat dan bahan pengikatnya akan menjadi lemah mengakibatkan agregat dan aspalnya mudah terlepas.

3. Kekuatan atau Kekerasan Agregat

Ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu yang disebabkan oleh proses kimiawi dan mekanis yang disebut dengan kekuatan kekerasan agregat. Butiran agregat pecah dapat mengalami degradasi. Pecahnya agregat dapat dipicu oleh proses mekanis, seperti gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan seperti pemadatan, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang waktu, penimbunan, penghamparan yang berpengaruh terhadap kelembaban,. Beberapa faktor yang sangat mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi yaitu ukuran partikel, gradasi campuran, bentuk agregat dan besarnya energi yang dialami oleh agregat.

Butiran yang besar atau agregat kasar dinilai mampu mempunyai ketahanan yang cukup terhadap keausan/abrasi, terutama untuk pemakaian agregat sebagai agregat lapis aus/permukaan perkerasan. Nilai keausan/abrasi merupakan perbandingan antara berat bahan aus setelah mengalami pengausan di dalam alat *Los Angeles* terhadap semula, dinyatakan dalam persen sesuai dengan SNI 2417:2008. Butiran yang tertahan saringan sesuai nomor saringannya dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C dan ditimbang. Persyaratan untuk nilai kausan/abrasi yaitu maksimum 40%. Perhitungan pada rumus :

$$\text{Abrasi (\%)} = \frac{a-b}{a} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

a = Berat benda uji sebelum percobaan (gram)

b = Berat tertahan saringan No. 12 setelah percobaan (gram)

4. Tekstur Permukaan Agregat

Terdiri dari dua macam untuk tekstur permukaan agregat, yaitu permukaan kasar dan permukaan halus, yang memiliki tekstur kasar berlebihan akan lebih sulit untuk di komaksi, sama dengan agregat yang bentuknya bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung, yang menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik dan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.

5. Daya Lekat Aspal Terhadap Agregat

Agregat dan aspal saling tarik menarik disebut dengan daya lekat aspal terhadap agregat. Dapat dilihat dari permukaan agregat yang tertutup aspal terhadap luas permukaan, agregat diklasifikasikan dalam agregat yang bersifat *hydrophilic* dan agregat yang bersifat *hydrophobic*, yang bersifat *hydrophilic* yaitu agregat yang mudah terikat dengan air sehingga kurang baik untuk bahan campuran dikarenakan mudah terjadi lepas lapisan aspal dari agregat akibat terpengaruh air, dan begitu sebaliknya.

6. Berat Jenis

Perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air disebut dengan Berat Jenis agregat. Nilainya sangatlah penting dalam perencanaan campuran dikarenakan perencanaannya berdasarkan perbandingan berat dan untuk mengetahui banyaknya pori, berat jenis agregat yang kecil mempunyai volume yang besar dan berat yang sama.

Ada 4 macam berat jenis agregat, yaitu:

a. Berat jenis *bulk* / *Bulk Specific Gravity* (G_{sb})

Memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan seluruh volume agregat disebut juga dengan berat jenis *bulk*. Ada 2 jenis perhitungannya, yaitu:

Perhitungan berat jenis *bulk* untuk agregat kasar:

$$G_{sb} = \frac{B_k}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Perhitungan berat jenis *bulk* untuk agregat halus:

$$G_{sb} = \frac{B_k}{(B + 500 - B_t)} \dots\dots\dots(2.5)$$

b. Berat jenis kering permukaan / *saturated surface dry* (G_{ssd})

Untuk memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan disebut juga dengan Berat jenis permukaan (G_{ssd}). Ada 2 perhitungan, yaitu:

i. Perhitungan berat jenis kering permukaan untuk agregat kasar:

$$G_{ssd} = \frac{B_j}{(B_j - B_a)} \dots\dots\dots(2.6)$$

ii. Perhitungan berat jenis kering permukaan untuk agregat halus:

$$G_{ssd} = \frac{500}{(B + 500 - B_t)} \dots\dots\dots(2.7)$$

c. Berat jenis apparent

Memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tidak dapat diresapi oleh air disebut juga dengan Berat Jenis apparent.

Ada 2 perhitungan, yaitu:

- i. Perhitungan berat jenis semu untuk agregat kasar:

$$G_{sa} = \frac{B_k}{(B_k - B_a)} \dots\dots\dots(2.8)$$

- ii. Perhitungan berat jenis semu untuk agregat halus:

$$G_{sa} = \frac{B_k}{(B + B_k - B_t)} \dots\dots\dots(2.9)$$

d. Berat jenis efektif

Memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering disebut juga dengan Berat Jenis efektif. nilai untuk agregat biasanya konstan untuk agregat campuran, karena hanya dipengaruhi oleh kemampuan aspal menyerap ke dalam pori dari masing-masing butir agregat.

Ada 2 perhitungannya, yaitu:

- i. Perhitungan berat jenis semu untuk agregat kasar dan halus:

$$G_{se} = \frac{(G_{sb} + G_{sa})}{2} \dots\dots\dots(3.0)$$

- ii. Perhitungan berat jenis untuk bahan pengisi (filler), yaitu:

$$\text{Berat jenis} = \frac{W_t}{W_5 - W_3} \dots\dots\dots(3.1)$$

$$W_t = W_2 - W_1 \dots\dots\dots(3.2)$$

$$W_5 = W_2 - W_1 + W_4 \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

B_j = Berat agregat dalam keadaan jenuh air kering permukaan (gr)

B_k = Berat agregat dalam keadaan kering (gr)

B = Berat piknometer berisi penuh air (gr)

B_a = Berat agregat dalam keadaan jenuh air (gr)

Bt = Berat piknometer dengan agregat dan penuh air (gr)

Wt = Berat *filler*

W1 = Berat piknometer bersih dan kering (gr)

W2 = Berat piknometer berisi benda uji (gr)

W3 = Berat piknometer berisi benda uji dan penuh air (gr)

W4 = Berat piknometer berisi penuh air (gr)

7. Penyerapan

Pada waktu aspal dicampur, agregat dengan dayaserap yang sangat tinggi akan terus menyerap aspal dan hanya sedikit lapisan aspal yang terdapat pada permukaan agregat. Inilah yang menyebabkan terjadinya penuaan pada aspal, yang membuat campuran menjadi getas. Dan untuk agregat yang berdaya serap rendah mengakibatkan terjadinya ikatan yang baik antar aspal dan agregat tersebut.

$$\text{Penyerapan Agregat Halus} = \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Penyerapan Agregat Kasar} = \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana:

B = Berat piknometer berisi air penuh (gram)

B_j = Berat benda uji kering permukaan (gram)

B_a = Berat benda uji dalam air (gram)

Bt = Berat piknometer dengan agregat dan penuh air (gram)

B_k = Berat benda uji kering oven (gram)

Persyaratan menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk konstruksi jalan dan jembatan sebagai pedoman yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas:

1. Agregat Kasar

Agregat dengan ukuran butir lebih besar dari ayakan No. 4 (4,75mm) disebut juga dengan agregat kasar untuk rancangan campuran yang dilakukan secara keras dan harus bersih (steril). Persyaratan teknis agregat kasar untuk bahan campuran beraspal dalam Tabel 2.3.

Table 2.3 Persyaratan Agregat

Pengujian Agregat		Metode Pengujian	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan	Magnesium sulfat	SNI 3407:2008	Max. 18%
	Natrium sulfat		Max. 12%
Abrasi mesin Los Angeles	500 putaran	SNI 2417:2008	Max 30%
	100 putaran		Max. 6%
Angularitas agregat		SNI 7619:2012	100/90*
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Gumpalan lempung dan butiran mudah pecah di dalam agregat		SNI 4141:2015	Max. 5%
Panjangnya Rasio rata-rata terhadap tebal rata-rata.		SNI 4137:2012	Max. 2,3
Jumlah agregat berukuran tebal rata-rata (Average Least Dimension, ALD) dalam rentang $\pm 2,5$ mm		SNI 4137:2012	Min. 60%
Catatan : *100/90 menunjukkan bahwa 100 agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat mempunyai bidang pecah dua atau lebih.			

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

2. Agregat Halus

Material yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah yang bahan yang lolos saringan no.4 (4,75 mm) disebut juga dengan Agregat halus. Agregat halus berfungsi untuk mengurangi rongga udara dalam campuran dan menaikkan luas permukaan (*surface area*) dari agregat sehingga akan menaikkan kadar aspal, hal ini akan membuat campuran menjadi lebih awet (*durable*) dan juga untuk menambah stabilitas dari campuran dengan memperkuat sifat saling mengunci (*interlocking*) dari agregat kasar.

Persyaratan teknis agregat halus untuk bahan campuran beraspal dalam Tabel 2.4.

Table 2.4 Persyaratan Untuk Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Gumpalan Lempung dan Butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan kasar yang meningkatkan kepadatannya disebut juga dengan *filler*. Bahan yang kita tambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan. Pada saat diuji dengan pengayakan harus mengandung bahan yang lolos ayakan no.200 dan tidak kurang dari 75% terhadap berat. *Filler* terdiri dari debu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen (PC), kapur padam (*hydrated lime*).

4. Gradasi Agregat Campuran

Susunan butir agregat sesuai ukurannya disebut juga dengan Gradasi campuran, analisa saringan dapat memperoleh ukuran berbagai butir agregat sesuai dengan saringannya. Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase lolos atau tertahan dan dihitung berdasarkan berat agregat dan bahan pengisi. Gradasi atau distribusi agregat berdasarkan ukuran agregat yang sangat penting dalam menentukan stabilitas campuran. Besarnya rongga antar butirannya akan menentukan stabilitas dalam proses pelaksanaan yang sangat berpengaruh terhadap gradasi agregat. Untuk persyaratan teknis Gradasi agregat campuran pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran AC

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran			Toleransi di <i>Stockpile</i>
	Laston (AC)			
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	
9,5	-	100	100	
4,75	100	90-100	70-90	±5%
2,36	90-100	65-90	45-70	±5%
1,18	65-90	45-70	28-50	±5%
0,600	40-60	30-50	19-34	±5%
0,300	25-42	18-30	35-54	±4%
0,150	15-30	10-21	7-18	±3%
0,075	10-20	5-15	5-15	±2%

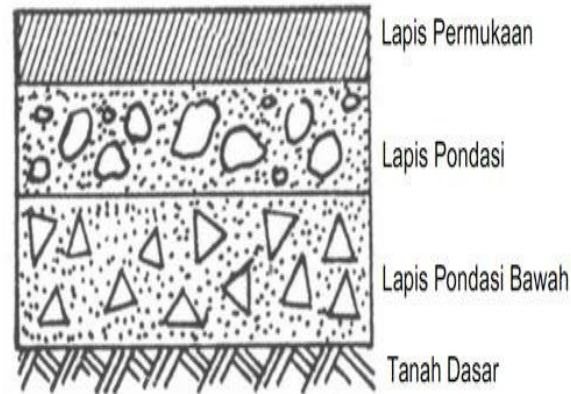
Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

2.6 Konstruksi Perkerasan Lentur

Perkerasan yang menggunakan bahan dasar aspal untuk bahan pengikat disebut juga dengan konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*). Sifat lapisannya memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar dan terdiri dari lapisan yang di letakkan diatas tanah dasar sudah dipadatkan, fungsinya untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*), yaitu lapisan yang terletak paling atas, struktur perkerasannya bersentuhan langsung dengan beban dari roda kendaraan,
2. Lapisan pondasi atas (*base course*), yaitu lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan,
3. Lapis pondasi bawah (*subbase course*), yaitu lapisan perkerasan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi,
4. Tanah dasar (*subgrade/roadbed*), yaitu permukaan tanah semula atau permukaan galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya.



Gambar 2.1 Susunan Lapisan Perkerasan Jalan.

2.7 Campuran Beton Aspal

Beton aspal terdiri dari campuran agregat dan aspal dan atau tanpa adanya bahan tambahan, dan juga pengetahuan tentang sifat bahan pengikat seperti aspal menjadi dasar untuk merancang campuran sesuai jenis perkerasan yang diinginkan..

Sifat atau Karakteristik yang harus dimiliki oleh beton aspal diantaranya:

- 1) Stabilitas, yaitu kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang.
- 2) Mudah dilaksanakan (*workability*), yaitu kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan.
- 3) Keawetan (*durability*), yaitu kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan.
- 4) Kelenturan (*flexibility*), yaitu kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari fondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak.
- 5) Kedap air (*impermeabilitas*), yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal.
- 6) Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), yaitu kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retakan.

- 7) Kekesatan (*skid resistance*), yaitu kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip.

2.7.1 Perencanaan Campuran Beton Aspal

Tujuan pembuatan campuran beton aspal sebagai berikut :

1. Komposisi agregat untuk mencapai gradasi sesuai yang disyaratkan.
2. Kadar aspal optimum agar memenuhi spesifikasi.
3. Berat isi untuk *quallity control* pada saat pelaksanaan.

Tahap awal perlu menentukan kadar aspal yang akan digunakan. Kadar aspal acuan dalam campuran dapat ditentukan pada Rumus 3.6.

$$KAA = 0,035(\% CA) + 0,045(\% FA) + 0,18(\% filler) + K \dots \dots \dots (3.6)$$

dimana:

Filler = persen agregat lolos No. 200.

KAA = kadar aspal acuan, persen terhadap berat campuran.

F = persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200.

CA = persen agregat tertahan saringan No. 8.

K = konstanta (0,5 – 1,0 untuk lapisan aspal beton).

2.7.2 Spesifikasi Campuran Beton Aspal

Menurut spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018, persyaratan untuk campuran beraspal Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Fondasi (AC-Base) dalam tabel 2.7.

Table 2.6 Persyaratan Sifat Campuran (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽¹⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽¹⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽¹⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽³⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018

2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian terdahulu berkaitan dengan topik ini yang pernah dilakukan dengan metode atau bahan yang sama yang akan penulis gunakan yaitu oleh :

1. *Prayogo (2010)* melakukan pengujian terhadap tempurung kelapa, yang berupa uji fisik. Hasil yang didapat menunjukkan viskositas pada temperatur kamar (25°C) adalah 230dpas, nilai penetrasinya 128, dan titik lembek adalah 36 °C. Sedangkan standar aspal minyak untuk viskositas adalah 320-330 dPas, penetrasi adalah 80-99, dan titik lembek 46-45°C, yang berarti bioaspal tempurung kelapa tidak memenuhi standar aspal minyak.
2. Menurut *Fatah (2014)* pencampuran aspal minyak dengan beberapa variasi kadar aspal tempurung kelapa antara 1% hingga 10% terhadap berat aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran beraspal laston untuk lalu lintas berat belum menghasilkan campuran beraspal dengan kekuatan deformasi yang memenuhi ketentuan. Nilai ketentuan deformasi tertinggi adalah 3,35 MPa dengan kadar aspal 1%.