

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Aspal**

Aspal adalah bahan alam atau buatan yang bersifat viskos atau padat, berwarna hitam kecoklatan, yang mempunyai daya lekat (*adhesif*), bersifat melunak dan menjadi cair jika dipanaskan dan kental kembali menjadi padat jika didinginkan. Aspal tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam *ether*, *gasoline*, dan *chloroform* (Saodang, 2005). Aspal sendiri dihasilkan dari minyak mentah yang dipilih melalui proses destilasi minyak bumi. Proses penyulingan ini dilakukan dengan pemanasan hingga suhu

350°C dibawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi ringan, seperti

*gasoline* (bensin), *kerosene* (minyak tanah), dan *gas oil*. Secara kimia, Aspal terdiri atas gugusan aromatik, naphthen dan alkan sebagai bagian-bagian terpenting dan secara kimia fisika merupakan campuran koloid, dimana butir-butir yang merupakan bagian yang padat (*asphaltene*) berada dalam fase cairan yang disebut *maltenes*.

##### **2.1.1 Kandungan Aspal**

Dari sudut pandang kualitatif, aspal terdiri dari dua kelas utama senyawa: yang *asphaltenes* dan *Maltenes*. Dari sudut pandang kuantitatif, *Asphaltenes* terdiri dari 5 sampai 25% berat adalah campuran kompleks dari hidrokarbon, terdiri dari cincin aromatik kental dan senyawa *heteroaromatic* mengandung belerang. Ada juga amina dan amida, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), nikel dan vanadium.

Aspal merupakan senyawa yang kompleks, bahan utamanya disusun oleh hidrokarbon dan atom-atom N, S, dan O dalam jumlah yang kecil. Dimana unsur- unsur yang terkandung dalam bitumen, antara lain : Karbon (82-88%), Hidrogen (8-11%), Sulfur (0-6%), Oksigen (0-1,5%), dan Nitrogen (0-1%).

Berikut sifat-sifat senyawa penyusun dari aspal :

a. *Asphaltenes*

*Asphaltenes* merupakan salah satu komponen penyusun aspal yang berwarna coklat tua, bersifat padat, keras, berbutir dan mudah terurai apabila berdiri sendiri dengan perbandingan komposisi untuk H/C yaitu 1 :1, memiliki berat molekul besar antara 1000 – 100000, dan tidak larut dalam n-heptan.. Selain itu *asphaltenes* merupakan komponen yang paling rumit diantara komponen penyusun aspal yang lainnya karena ikatan/hubungan antar atomnya sangat kuat. *Asphaltenes* juga sangat berpengaruh dalam menentukan sifat reologi bitumen, dimana semakin tinggi *asphaltenes*, maka bitumen akan semakin keras dan semakin kental, sehingga titik lelehnya akan semakin tinggi, dan menyebabkan harga penetrasinya semakin rendah.

b. *Maltenes*

Dengan rumus kimia  $C_6H_6O_6$  *Maltene* terdapat tiga komponen penyusun yaitu *saturate*, *aromatis*, dan *resin*. Dimana masing-masing komponen memiliki struktur dan komposisi kimia yang berbeda, dan sangat menentukan dalam sifat rheologi bitumen.

1. *Resin*. Resin merupakan senyawa yang berwarna coklat tua, dan berbentuk padat atau semi padat dan sangat polar, dimana tersusun oleh atom C dan H, dan sedikit atom O, S, dan N, untuk perbandingan H/C yaitu 1.3 – 1.4, memiliki berat molekul antara 500 – 50000, serta larut dalam n-heptan.
2. *Aromatis*. Senyawa ini berwarna coklat tua, berbentuk cairan kental, bersifat non polar, dan di dominasi oleh cincin tidak jenuh, dengan berat molekul antara 300 – 2000, terdiri dari senyawa naften aromatis, komposisi 40-65% dari total bitumen.
3. *Saturate*. Senyawa ini berbentuk cairan kental, bersifat non polar, dan memiliki berat molekul hampir sama dengan aromatis, serta tersusun dari campuran hidrokarbon lurus, bercabang, alkil naften, dan aromatis, komposisinya 5-20% dari total bitumen.

Tabel 1. Standart Pengujian dan Persyaratan Aspal Pen. 60/70

No	Sifat	Metoda	Satuan		
				Min	Max
1.	Penetrasi (25 C, 100 gr, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2.	Titik lembek ( <i>ring and ball test</i> )	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
3.	Titik nyala ( <i>cleveland open cup</i> )	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4.	Daktilitas (25 C, 5 cm permenit)	SNI 06-2432-1991	cm	100	-
5.	Berat Jenis (25 C)	SNI 06-2488-1991	gr/cm <sup>3</sup>	1	-

### 2.1.2 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan pada bahan konstruksi jalan mempunyai jenis aspal alam dan aspal buatan.

#### 1. Aspal Alam

Aspal yang berasal langsung di dalam tanah yang ditemukan digunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton atau lebih dikenal dengan Asbuton sulawesi tenggara yang ditemukan tahun 1929 dan pulau Trinidad ditemukan pada tahun 1595 dan mengandung kira-kira 40% organik dan zat-zat anorganik mengandung kira-kira 40% organik dan zat-zat anorganik yang tidak dapat larut

#### 2. Aspal Buatan

Yang termasuk dengan aspal buatan yaitu aspal minyak dan tar. Tar adalah hasil penyulingan batu bara dan kayu (tidak umum digunakan peka terhadap perubahan temperatur dan beracun) sedangkan `aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin,

atau *mixed base crude oil* yang mengandung campuran antara parafin dan aspal.(Fadarina, 2011) Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Tabel 2. Sifat Aspal dan Ter

Bitumen (aspal)	Sifat	Ter
Coklat-hitam	Warna	Coklat-hitam
Cair-padat	Bentuk	Cair
Larut	Dalam CS <sub>2</sub> /CCl <sub>4</sub>	Larut
Tidak larut	Dalam air	Tidak larut
Berbau biasa	Bau	Berbau khas (aromat bersifat harum)

### 3.Aspal Polimer

Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintetis dengan aspal. Modifikasi aspal polimer telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir



Gambar 1. Pembuatan Jalan Aspal

Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik, mengatasi

keretakan- keretakan dan meningkatkan ketahanan usang dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta juga dapat mengurangi biaya perawatan atau perbaikan jalan. Bahan aditif aspal adalah suatu bahan yang dipakai untuk ditambahkan pada aspal. Penggunaan bahan aditif aspal merupakan bagian dari klasifikasi jenis aspal modifikasi yang berunsur dari jenis karet, karet sintetis atau buatan juga dari karet yang sudah diolah (dari ban bekas), dan juga dari bahan plastik. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan modifikasi yang semakin meningkat tidak hanya karena faktor ekonomi, tetapi juga demi mendapatkan kualitas aspal yang lebih baik dan tahan lama. Modifikasi polimer aspal yang diperoleh dari interaksi antara komponen aspal dengan bahan aditif polimer dapat meningkatkan sifat-sifat dari aspal tersebut. Dalam hal ini terlihat bahwa keterpaduan aditif polimer yang sesuai dengan campuran aspal. Penggunaan polimer sebagai bahan untuk memodifikasi aspal terus berkembang di dalam dekade terakhir.

Badan Litbang Kementerian PU (2007), melakukan pengujian dengan menggunakan bahan aditif dengan menggunakan karet alam untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan beraspal sebesar 3 % dari berat aspal minyak dengan hasil memperbaiki karakteristik aspal konvensional, meningkatkan mutu perkerasan aspal.

### 2.1.3 Analisa Aspal

Di bawah ini merupakan proses penganalisaan untuk aspal yaitu :

1. **Penetrasi.**Yaitu angka yang menunjukkan kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman masuknya jarum penetrasi yang diberi beban 100 gram selama 5 detik pada suhu ruang 25°C. semakin besar nilai penetrasinya, maka semakin lunak aspal tersebut dan sebaliknya.
2. **Berat Jenis.** Yaitu angka yang menunjukkan perbandingan berat aspal dengan berat air pada volume yang sama pada suhu ruang. Semakin besar nilai berat jenis aspal, maka semakin kecil kandungan mineral minyak dan partikel lain di dalam aspal. Semakin tinggi nilai berat jenis aspal, maka semakin baik

kualitas aspalnya. Berat jenis aspal minimal sebesar 1,0000.

3. **Kelekatan aspal terhadap agregat** yaitu angka yang menunjukkan persentase luasan permukaan agregat batu silikat yang masih terselimuti oleh aspal setelah agregat tersebut direndam selama 24 jam. Kelekatan aspal yang tinggi dapat diartikan bahwa aspal tersebut memiliki kemampuan yang tinggi untuk melekatkan agregat sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan. Nilai kelekatan aspal yang baik minimal sebesar 85 %.

4. **Titik nyala aspal.** Yaitu angka yang menunjukkan *temperature* (suhu) aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atasnya terjadi kilatan api selama sekitar 5 detik. Syarat aspal AC 60/70 titik nyala sebesar minimal 200°C

5. **Titik bakar aspal.** Yaitu angka yang menyatakan besarnya suhu aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji diatas aspal terjadi kilatan api lebih dari 5 detik. Semakin tinggi titik nyala dan titik bakar aspal, maka aspal tersebut semakin baik. Besarnya nilai titik nyala dan titik bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (*mixing*) terhadap bahaya kebakaran.

6. **Titik lembek aspal (*Ring and Ball test*)** Yaitu angka yang menunjukkan suhu (*temperature*) ketika aspal menyentuh plat baja. Titik lembek juga mengindikasikan tingkat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, disamping itu titik lembek juga dipengaruhi oleh kandungan parafin (lilin) yang terdapat dalam aspal. Semakin tinggi kandungan parafin pada aspal, maka semakin rendah titik lembeknya dan aspal semakin peka terhadap perubahan suhu.

7. **Kelarutan aspal dalam cairan *Carbon Tetra Chlorida* ( $CCl_4$ )** Yaitu angka yang menunjukkan jumlah aspal yang larut dalam cairan  $CCl_4$  dalam proses setelah aspal digoncang atau dikocok selama minimal 20 menit. Angka kelarutan aspal juga menunjukkan tingkat kemurnian aspal terhadap kandungan mineral lain. Semakin tinggi nilai kelarutan aspal, maka aspal semakin baik.

8. **Daktilitas aspal** .Yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada

suhu 25° C dengan kecepatan 5 cm/menit hingga aspal tersebut putus. Daktilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal semakin lentur, sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan.

## 2.2 Polimer

Polimer kadang-kadang disebut sebagai makromolekul, yaitu molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana.(Zurohaina,2011) Kesatuan-kesatuan berulang itu setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Sebagai contoh, polimer poli (*fenyletena*) mempunyai harga rata-rata massa molekul mendekati 300.000.

### 2.2.1 Klasifikasi Polimer

Senyawa-senyawa polimer didapatkan dengan dua cara, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan di polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintesis). Polimer yang sudah ada dialam (polimer alam), seperti :

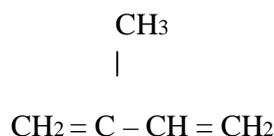
1. Amilum dalam beras, jagung dan kentang
2. Selulosa dalam kayu
3. Protein terdapat dalam daging
4. Karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet

Karet alam merupakan polimer dari senyawa hidrokarbon, yaitu 2-metil-1,3-butadiena (*isoprena*). Dan polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintesis seperti *polyetena*, *polypropylena*, *poly vynil chlorida* (PVC), dan *nylon*. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak

### 2.2.2 KARET

Karet adalah polimer alam dari satuan *isoprena* yang tersusun dari atom karbon (C) dan atom hidrogen (H) yang berat molekul rata-ratanya tersebar antara

10.000 – 400.000. Senyawa ini terkandung pada getah beberapa jenis tumbuhan karet. Sumber utama dari latex yang di gunakan untuk menciptakan karet adalah pohon karet *Hevea brasiliensis* (*Euphorbiaceae*). Latex diperoleh dari getah beberapa jenis tumbuhan karet dengan cara melukai kulit pohon sehingga pohon akan memberikan respon yang menghasilkan lebih banyak latex Pada suhu normal, karet tidak berbentuk (*amorf*). Pada suhu rendah ia akan mengkristal. Dengan meningkatnya suhu, karet akan mengembang, Penurunan suhu akan mengembalikan keadaan mengembang ini. Inilah alasan mengapa karet bersifat elastik. Karet adalah bahan utama pembuatan Ban, beberapa Alat-alat kesehatan, alat-alat yang memerlukan kelenturan dan tahan guncangan. Karet terdiri dari senyawa kimia yang disebut hidrokarbon. Hidrokarbon dari karet alam tersusun atas rantai-rantai panjang yang mengandung 1000-5000 unit *isoprene*. Rantai *isoprene* merupakan rantai *polyisoprene* (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>), Susunan ruang demikian membuat karet mempunyai sifat kenyal.



Gambar 3. Rumus bangun *isoprena*

Sumber : Stevens, M.P. 2001

Pada setiap ikatan *isoprene* terdapat ikatan rangkap gugus metilen, gugus ini merupakan gugus reaktif yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi sehingga dapat merusak karet (Hofmann, 1989). Menurut Dalimunthe (1983), Hidrokarbon karet dan zat-zat non karet merupakan bahan yang penting dalam menentukan sifat-sifat teknis karet alam. Hidrokarbon mudah teroksidasi oleh udara, sinar ultraviolet, panas pemutusan rantai ikatan molekul semakin pendek menyebabkan viskositas dan ketahanan karet terhadap reaksi plastisitas semakin berkurang.

#### 2.2.2.1 Karet Pada Ban

Ban adalah peranti yang menutupi velg suatu roda. Ban adalah bagian penting dari kendaraan darat, dan digunakan untuk mengurangi getaran

yang disebabkan ketidakteraturan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Sebagian besar ban yang ada sekarang, terutama yang digunakan untuk kendaraan bermotor, diproduksi dari karet sintetis, walaupun dapat juga digunakan dari bahan lain seperti baja

Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetis dan baja yang sangat kuat yang menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan geseran yang tinggi. (Bujang B.K.Huat, 2004) Ban terdiri dari tiga komponen utama yaitu karet, baja, dan serat. Untuk menggiling ban menjadi serbuk karet dilakukan dengan proses *Ambien* atau *cryogenic grinding*. Karet memberikan kontribusi terbesar bahan ban (lebih kurang 60% berat). Ban adalah material komposit, biasanya dari karet alam / karet isoprena yang digunakan untuk ban truk dan ban mobil penumpang. (Carl Thodesen, 2009). Sebuah ban mengandung Karet alam dan karet sintesis, karbon hitam, tali baja, *polyester*, *nylon*, *silica* dan bahan kimia.

Campuran umum antara bahan karet sintetis dan karet alam menurut jenis ban adalah :

Ban Mobil Penumpang	55%	45%
Ban Truk Kecil	50%	50%
Ban Mobil Balap	65%	35%

Menurut proses produksinya, ada 3 jenis karet sintetis yang saat ini digunakan pada ban.

1. *Styrene*

Merupakan karet sintetis yang sangat populer dikalangan produsen ban2.

### 2. *Polybutadiene*

Merupakan karet sintetis tambahan yang mulai digunakan pada ban standar. Karet sintetis jenis ini adalah kemampuannya yang menahan penyerapan panas berlebihan dari sebuah ban.

### 3. *Halobutyl Rubber*

Karet sintetis yang sering digunakan untuk ban-ban *tubeless*. Unsur halogen yang terkandung didalamnya saling mengikat dengan unsur ban sintetis standar lainnya. Karet sintetis ini menggantikan peran ban dalam.

sumber : (<http://ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id/2011/02/18/301/>)

Ban bekas mempunyai komposisi diantaranya adalah :

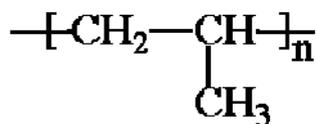
- 1.Karet alam dan karet sintetis .
- 2.Pengisi Penguat.
- 3.Minyak.
- 4.Antioksidan.
- 5.Zinc oksida
- 6.Akselerator
- 7.Sulfur (Lievana Emilliano Julian,2005).

### 2.2.3 Plastik

Plastik adalah polimer dengan rantai-panjang atom mengikat satu sama lain yang membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang. di tulang belakang. Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Plastik memiliki beberapa keunggulan dari bahan-bahan lain yaitu ringan, kuat dan mudah dibentuk, anti karat, tahan terhadap bahan kimia, mempunyai sifat isolasi listrik yang tinggi, dan biaya proses yang lebih murah. Kelemahan plastik lebih di titik beratkan pada sulitnya di daur ulang

dan bahayanya bagi kesehatan jika tidak digunakan dengan benar.

**PP (Polypropylene)**, bahan plastik yang digunakan untuk dipakai pada pembungkus makanan kering, sedotan plastik, kantong obat, penutup, tas, botol. Monomer : propena ( $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2$ )



**Gambar 4.** Struktur Molekul *Polypropylene*

*Polypropylene* PP atau sering disebut dengan *polypropene*, adalah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia, polimer ini mempunyai keseimbangan sifat yang baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai pemakaian seperti : pembungkus makanan, tekstil (tali, pakaian tahan panas, karpet), alat tulis menulis, peralatan laboratorium, *loudspeaker*, komponen-komponen otomotif dan perlengkapan elektronik. Polipropilena merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi.

Sifat-sifat fisik dan sifat kimia polipropilena :

Polipropilena merupakan jenis bahan baku plastik yang ringan, densitas 0,90 – 0,92 gr/ml, memiliki kekerasan dan kerapuhan yang paling tinggi dan bersifat kurang stabil terhadap panas dikarenakan adanya hidrogen tersier. Penggunaan bahan pengisi dan penguat memungkinkan polipropilena memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) walaupun pada temperatur tinggi. Kerapuhan polipropilena dibawah 0° C dapat dihilangkan dengan penggunaan bahan pengisi. Dengan bantuan pengisi dan penguat, akan terdapat adhesi yang

baik.(Gachter, 1990).

Polimer yang memiliki konduktivitas panas rendah seperti polipropilena (konduktivitas = 0,12 W/m) kristalinitasnya sangat rentan terhadap laju pendinginan. Misalnya dalam suatu proses pencetakan termoplastik membentuk barang jadi yang tebal dan luas, bagian tengah akan menjadi lebih lambat dingin dari pada bagian luar, yang bersentuhan langsung dengan cetakan. Akibatnya, akan terjadi perbedaan derajat kristalinitas pada permukaan dengan bagian tengahnya. Polipropilena mempunyai tegangan (*tensile*) yang rendah, kekuatan benturan (*impact strength*) yang tinggi dan ketahanan yang tinggi terhadap pelarut organik. Polipropilena juga mempunyai sifat isolator yang baik mudah diproses dan sangat tahan terhadap air karena sedikit sekali menyerap air, dan sifat kekakuan yang tinggi. polipropilena juga mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya. Tetapi polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras. (Almaika, S, 1983) Titik lebur atau titik cair 171 °C (340°F).

## **2.3 Zat Aditif**

### **2.3.1 Sulfur**

Belerang atau sulfur merupakan kumpulan kristal kuning padat dengan berat jenis berkisar 2,00. Dalam keadaan padat, struktur belerang berbentuk belah ketupat dan tetap stabil hingga suhu 95 C (203 F). Pada suhu ini wujud struktur belerang akan berbentuk prisma padat. Titik leleh belerang berkisar 116 C (240 F) dimana akan berubah menjadi cairan berwarna kuning muda dengan viskositas yang rendah.

### **2.3.2 Kapur (*Calcium Carbonate*)**

Kapur merupakan sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral calcite (kalsium carbonate). Sumber utama dari *calcite* ini adalah organisme laut. Calcite sekunder juga dapat terdeposisi oleh air meteorik tersupersaturasi. Ini menciptakan speleothem seperti stalagmit dan stalaktit. Bentuk yang lebih jauh terbentuk dari Oolite (batu kapur Oolitic) dan dapat dikenali dengan penampilannya yang *granular*. Batu kapur membentuk 10% dari seluruh volume batuan sedimen.

