

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal yang dihasilkan dari industri kilang minyak mentah (*crude oil*) dikenal sebagai residual bitumen, yang dihasilkan dari minyak mentah melalui proses destilasi. Proses penyulingan dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 350°C di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak seperti gasoline (bensin), kerosene (minyak tanah) dan *gas oil*. Secara kualitatif, aspal terdiri dari senyawa *asphaltenes* dan *maltenes*, sedangkan secara kuantitatif, *Asphaltenes* merupakan campuran kompleks dari hidrokarbon, terdiri dari cincin aromatik kental dan senyawa heteroaromatik mengandung belerang. Ada juga amina dan amida, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), nikel dan vanadium. Aspal merupakan senyawa 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%).



Sumber: cv-makmur.blogspot.com

Gambar 1. Bentuk Aspal Murni

2.1.1 Kandungan Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal akan

bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh dan tak jenuh, alifatik dan aromatik yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain (Nuryanto, 2008).

Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil) dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar, sedangkan secara kualitatif, aspal terdiri dari dua kelas utama yaitu senyawa yang *Asphaltenes* dan *Maltenes* (Anonim, 2010).

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 lembeknya akan semakin tinggi, dan menyebabkan harga penetrasinya semakin rendah (Nuryanto, 2008).

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 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. Maltene terdiri atas gugusan aromatis, naphtene dan alkan yang berat molekul yang lebih rendah antara 370 hingga 710.

2.1.2 Sifat Aspal

Sifat aspal ini dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu sifat kimia dan fisik dari aspal itu sendiri.

a. Sifat Kimia Aspal

1. Viskoelastis

Aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelastis dimana sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal penting diketahui untuk menentukan pada temperature berapa pencampuran aspal dengan agregat harus dilakukan agar didapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat terselimuti oleh film aspal secara merata dan aspalnya mampu masuk ke dalam pori-pori agregat sehingga membentuk ikatan kohesi yang kuat.

Selain itu, pengetahuan tentang sifat viskoelastis aspal juga berguna untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan. Bila pemadatan dilakukan pada temperatur dimana kondisi aspal masih sangat viskos, maka pada saat pemadatan akan terjadi pergeseran campuran

beraspal karena campuran tersebut belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat. Sebaliknya, bila pemadatan dilakukan pada temperatur yang sangat rendah dimana campuran sudah bersifat kurang elastis (cukup kaku) maka pemadatan yang diberikan tidak lagi akan menaikkan kepadatan campuran tetapi justru akan merusak atau mungkin menghancurkan campuran tersebut. Hal ini disebabkan karena pada campuran beraspal yang sudah cukup kaku, agregat pembentuknya sudah terikat kuat oleh aspal dan aspalnya tidak lagi berfungsi sebagai pelumas untuk relokasi agregat, sehingga energi pemadatan yang diberikan sudah tidak mampu lagi memaksa partikel agregat untuk bergerak mendekati satu dengan yang lainnya tetapi energi ini justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah terbentuk sebelumnya (Brennen, 1999).

2. Penuaan

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu: penguapan fraksi minyak yang terkandung dalam aspal dan oksidasi penuaan jangka pendek, dan oksidasi yang progresif atau penuaan jangka panjang. Penuaan aspal akan terjadi dengan cepat pada temperatur tinggi. Penuaan aspal yang paling tinggi terjadi selama proses pembuatan campuran beraspal di unit pencampuran aspal (AMP), selama pengangkutan dan penghampirannya di lapangan. Oleh sebab itu, lamanya waktu pencampuran aspal dengan agregat di unit pencampuran aspal tidak boleh terlalu lama. Campuran beraspal yang diangkut ke lapangan harus ditutup dengan terpal untuk menghambat laju oksidasi pada aspal (Yaw, 1985).

b. Sifat Fisika Aspal

1. Berwarna hitam kecoklatan;
2. Mempunyai daya lekat yang baik;
3. Bersifat thermoplastis, akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur rendah dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur tinggi.

Aspal yang digunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai berikut :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. Berarti aspal harus mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh) terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik dan memberikan sifat elastis yang baik.

Menurut Sukirman, 1993 aspal yang digunakan dalam perkerasan jalan harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat campuran dengan aspal, faktor pelaksanaannya dan lain sebagainya.

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara aspal dan agregat. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan Terhadap Temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang, dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Pematatan aspal akan dapat terjadi di mana kondisi aspal yang viskos dan pada kondisi temperaturnya yang cukup rendah.

4. Kekerasan Aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Semakin tipis lapisan aspal, semakin tinggi tingkat kerapuhan yang terjadi. (sumber: perkerasan lentur jalan raya, Sukirman 1993).

Aspal bersifat viskoelastis dimana sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal penting diketahui untuk menentukan pada temperatur berapa pencampuran aspal dengan agregat harus dilakukan agar didapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat terselimuti oleh film aspal secara merata dan aspalnya mampu masuk ke dalam pori-pori agregat sehingga membentuk ikatan kohesi yang kuat. Selain itu, pengetahuan tentang sifat viskoelastis aspal juga berguna untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan. Bila pemadatan dilakukan pada temperatur dimana kondisi aspal masih sangat viskos, maka pada saat pemadatan akan terjadi pergeseran campuran beraspal karena campuran tersebut belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat.

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).

Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah.

Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu. Semakin besar angka penetrasi aspal (semakin kecil tingkat konsistensi aspal) akan memberikan nilai modulus elastis aspal yang semakin kecil dalam tinjauan temperatur dan pembebanan yang sama. Terdapat bermacam-macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, antara lain 40/50, 60/70, 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70.

Tabel 1. Standar Pengujian dan Persyaratan Aspal Pen. 80/100

No.	Sifat	Metode	Satuan	Persyaratan	
				Min	Maks
1.	Penetrasi (25°C, 100 gr, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	80	99
2.	Titik Lembek (<i>ring and ball test</i>)	SNI 06-2434-1991	°C	46	54
3.	Titik Nyala (<i>cleveland open cup</i>)	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	cm	100	-
5.	Berat Jenis (25°C)	SNI 06-2488-1991	gr/cm ³	1	-

Sumber: Standar Nasional Indonesia No. 1737-1989-F

2.1.3 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan konstruksi jalan terbagi atas tiga jenis yaitu aspal alam, aspal buatan, dan aspal polimer.

1. Aspal Alam

Aspal yang berasal langsung di dalam tanah yang ditemukan di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton atau lebih dikenal dengan Asbuton Sulawesi Tenggara yang ditemukan tahun 1929 dan pulau Trinidad ditemukan pada tahun 1595 yang mengandung kira-kira 40% organik dan zat-zat anorganik yang tidak dapat larut. Aspal alam dapat ditemukan dalam bentuk padat atau batuan dan disebut sebagai batu aspal



Sumber: hendrawanmine.blogspot.com

Gambar 2. Bentuk Aspal Alam

2. Aspal buatan

Aspal buatan adalah bitumen yang merupakan jenis aspal hasil penyulingan minyak bumi yang mempunyai kadar parafin yang rendah dan disebut dengan paraffin base crude oil. Jenis aspal ini dibuat dari proses pengolahan minyak bumi, jadi bahan baku yang dibuat untuk aspal pada umumnya adalah minyak bumi yang banyak mengandung aspal. Jenis dari aspal buatan antara lain adalah sebagai berikut:

a. Aspal Keras/Aspal Semen

Aspal semen pada temperatur ruang (25°C - 30°C) berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu:

- AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50.
- AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70.
- AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85-100.
- AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150.
- AC pen 200-300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300.



Sumber: ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id

Gambar 3. Bentuk Aspal Buatan

b. Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair adalah aspal keras yang dicampur dengan pelarut. Jenis aspal cair tergantung dari jenis pengencer yang digunakan untuk mencampur aspal keras tersebut. Dengan demikian *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Berdasarkan bahan cairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dibedakan atas:

- 1) RC (*Rapid Curing Cut Back*): merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bensin atau premium. RC merupakan cut back asphalt yang paling cepat menguap.
- 2) MC (*Medium Curing Cut Back*): merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan pencair yang lebih kental seperti minyak tanah.
- 3) SC (*Slow Curing Cut Back*): merupakan aspal semen yang dilarutkan dengan bahan yang lebih kental seperti solar. Aspal jenis ini merupakan cut back asphalt yang paling lama menguap.

3. Aspal Polimer

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



Sumber: etasphalt.com

Gambar 4. Bentuk Aspal Polimer pada Pembuatan Jalan

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 meningkatkan umur konstruksi perkerasan jalan yang ditunjukkan percepatan terjadinya peretakan.

Penambahan bahan polimer pada aspal yang bersifat plastomer dapat meningkatkan kekuatan tinggi dalam campuran aspal polimer. Pada sisi lain, bahan yang bersifat elastomer seperti karet alam, maupun karet sintetis, dapat memberikan aspal dengan fleksibilitas dan keelastisan yang lebih baik, termasuk juga perbaikan terhadap resistensi dan ketahanan terhadap temperatur rendah.

2.1.4 Analisa Aspal

Berikut ini merupakan proses penganalisaan untuk aspal yaitu:

- 1) Penetrasi, pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman masuknya jarum penetrasi yang diberi beban 100 gram selama 5 detik pada suhu ruang 25°C. Masuknya jarum ke dalam sampel dalam satuan 0.1 mm. Jadi apabila masuknya sampel dalam sampel rata-rata adalah 6.8 mm, maka aspal tersebut memiliki Pen 68. Nilai pen ini dapat dibaca langsung pada alat pengukur. Karena persyaratan aspal berbeda untuk masing-masing tingkat kekerasan aspalnya (penetrasi), maka pengujian ini mutlak dilakukan sebelum pengujian lain dilaksanakan.
- 2) Daktilitas, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yang dapat ditunjukkan dengan seberapa panjang aspal tersebut dapat 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.
- 3) Titik lembek aspal pemeriksaan ini bertujuan untuk menunjukkan suhu 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.
- 4) Titik nyala, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui angka yang menunjukkan temperatur (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. Titik nyala ini penting untuk keamanan apabila terjadi kecelakaan yang dapat menyulut aspal untuk terbakar, atau untuk aspal di daerah bertemperatur tinggi. Tinggi rendahnya titik nyala ditentukan oleh kadar parafin dalam aspal. Parafin membuat aspal mudah terpengaruh oleh perubahan temperatur. Semakin besar dan positif

perubahannya, maka makin mudah terbakar aspal tersebut. Parafin ini juga dapat menurunkan adhesi dan kohesi. Adhesi dan kohesi ini akan berpengaruh bila aspal dimanfaatkan sebagai perekat. Selain itu, viskositas akan turun pada saat aspal meleleh. Hal ini berarti aspal akan semakin encer.

- 5) Berat jenis, pemeriksaan ini bertujuan untuk 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.
- 6) Titik bakar, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui suhu bakar dari aspal. Semakin tinggi titik bakar aspal, maka aspal tersebut semakin baik. Besarnya nilai titik bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (mixing) terhadap bahaya kebakaran.
- 7) Kelekatan aspal terhadap agregat, pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan angka kelekatan agregat terhadap aspal. Pengujian ini dapat dilakukan terhadap semua jenis bahan yang digunakan sebagai agregat bahan jalan dan campuran aspal. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan dalam pengendalian mutu agregat pada pembangunan jalan. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.
- 8) Kelarutan aspal dalam cairan Carbon Tetra Chlorida (CCl₄), pemeriksaan ini bertujuan untuk menunjukkan jumlah aspal yang larut dalam cairan CCl₄ 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.

2.2 Polimer

Polimer 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 mempunyai harga rata-rata massa 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 sintetis). Polimer yang sudah ada di alam (polimer alam), seperti:

1. Amilum dalam beras, jagung dan kentang
2. Protein terdapat dalam daging
3. 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 sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vinyl 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-rata tersebar antara 10.000- 400.000. Senyawa ini terkandung pada lateks pohon penghasilnya. Sumber utama dari lateks yang digunakan untuk menciptakan karet adalah pohon karet *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae). Dalam bentuk kompon, karet alam sangat mudah dilengketkan satu sama lain sehingga sangat disukai dalam pembuatan barang-barang yang perlu dilapis-lapiskan sebelum vulkanisasi dilakukan. Keunggulan daya lengket inilah yang menyebabkan karet alam sulit

disaini oleh karet sintetik dalam pembuatan karkas untuk ban radial ataupun dalam pembuatan solkaret yang sepatunya diproduksi dengan cara vulkanisasi langsung. Karet alam mengandung beberapa bahan antara lain karet hidrokarbon, protein, lipid netral, lipid polar, karbohidrat, garam anorganik, dan lain-lain.

Protein dalam karet alam dapat mempercepat vulkanisasi atau menarik air dalam vulkanisat. Beberapa lipid ada yang merupakan bahan pencepat atau antioksi dan. Protein juga dapat meningkatkan *heat build up* tetapi dapat juga meningkatkan ketahanan sobek. Karet alam lama kelamaan dapat meningkatkan viskositasnya atau menjadi keras.

Ada jenis karet alam yang sudah ditambah bahan garam hidroksilamin sehingga tidak bisa mengeras dan disebut karet CV (*contant viscosity*). Karet alam bisa mengkristal padasuhu rendah (misalkan -6°C) dan bila ini terjadi diperlukan pemanasan karet sebelum diolah pabrik barang jadi karet.

2.2.2.1 Komposisi Karet Alam

Tabel 2. Komposisi Karet Alam

No.	Komponen	Komponen dalam Latex Segar (%)	Komponen dalam Latex Kering (%)
1.	Karet Hidrokarbon	36	92 – 94
2.	Protein	1,4	2,5 – 3,5
3.	Karbohidrat	1,6	–
4.	Lipida	1,6	2,5 – 3,2
5.	Persenyawaan Organik Lain	0,4	–
6.	Persenyawaan Anorganik	0,5	0,1 – 0,5
7.	Air	58,5	0,3 – 1,0

Sumber: Komposisi Karet Alam (Surya I, 2006)

2.2.2.2 Sifat-Sifat Karet Alam

Pada suhu kamar, karet tidak berbentuk kristal padat dan juga tidak berbentuk cairan. Perbedaan karet dengan benda-benda lain, tampak nyata pada sifat karet yang lembut, fleksibel dan elastik.

Lateks karet alam:

- Berat molekul : 68.12 g/mol

- Titik leleh : -145.95°C
- Titik didih : 34.067°C
- Viskositas : $48,6 \cdot 10^{-2} \text{ N.s/m}^2$
- Rapat jenis : $0,913 \text{ g/cm}^3$
- Konduktivitas termal : $0,134 \text{ W/m K}$
- Difusivitas termal : $7 \cdot 10^{-8} \text{ m/detik}^2$
- Kapasitas panas : 1905 J/kg K

Karet alam melunak pada suhu 130°C dan mengurai pada suhu kira-kira 200°C . Sifat kimianya tidak baik terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Zat tersebut hampir tidak tahan terhadap pelarut hidrokarbon, ester, asam asetat. Karet yang kenyal agak mudah di didegradasi oleh sinar UV dan ozon.

2.2.2.3 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 ketidakrataan 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 sintetik, walaupun dapat juga digunakan dari bahan lain seperti baja. Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetik dan baja yang sangat kuat yang menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan pergeseran 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. Di satu ban ukuran populer

195/70R14 ban mobil penumpang untuk semua musim, mempunyai berat sekitar 8 kg yang terdiri dari :

- 2 kg terdiri dari bahan karet sintetis
- 1.5 kg terdiri dari bahan karet alam
- 2 kg terdiri dari bahan karbon hitam
- 0.5 kg sabuk kawat baja
- 0.5 kg. benang polyester dan nylon
- 0.5 kg kawat baja
- 1.5 kg terdiri dari bahan kimia, minyak dan lain-lain.

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

- Ban Mobil Penumpang 55% dan 45%
- Ban Truk Kecil 50% dan 50%
- Ban Mobil Balap 65% dan 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 ban.

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).

Selain mengurangi jumlah limbah karet yang terbuang ke lingkungan, pemakaian kembali limbah produk karet tertentu, dapat menekan harga karet sebagai salah satu komponen penting penentu harga produk jadi yang dihasilkan. Aplikasi umum dari serbuk ban bekas adalah untuk; karpet karet, karet kompon, sol sepatu karet, konstruksi bangunan, campuran aspal untuk mengurangi keretakan dan menambah daya tahan pada jalan raya / jalan tol, lapangan olahraga, arena pacuan kuda, dll.

2.2.2.4 Kelebihan Karet Alam Dari Karet Sintetik

Beberapa jenis ban seperti ban radial walaupun dalam pembuatannya dicampur dengan karet sintesis, tetapi jumlah karet alam yang digunakan tetap besar, yaitu dua kali lipat komponen karet alam untuk bahan pembuatan ban non radial. Jenis-jenis ban yang besar kurang baik bila dibuat dari bahan karet sintesis yang lebih banyak. Porsi karet alam yang dibutuhkan untuk ban berukuran besar adalah jauh lebih besar. Ban pesawat terbang bahkan dibuat hampir semuanya dari bahan karet alam. Karet sintesis memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia dan harganya cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil. Meskipun beberapa kelemahan dipandang dari sudut kimia dan bisnisnya, akan tetapi menurut beberapa ahli, karet alam mempunyai pangsa pasar yang baik.

Beberapa industri tertentu tetap memiliki ketergantungan yang besar terhadap pasokan karet alam, misalnya industri ban yang merupakan pemakai terbesar karet alam. Karet alam sekarang ini jumlah produksi dan konsumsinya jauh dibawa karet sintesis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan dengan karet sintesis. Bagaimanapun keunggulannya yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintesis. Adapun kelebihan karet alam adalah:

1. memiliki daya elastis atau daya lenting sempurna,
2. memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah,
3. mempunyai daya aus yang tinggi,
4. tidak mudah panas (*low head build up*),
5. memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*)

walaupun demikian, karet sintesis memiliki kelebihan seperti tahan berbagai zat kimia dan harganya yang cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil.
Sumber: (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28259/4/ChapterII.pdf>)

2.2.3 Plastik

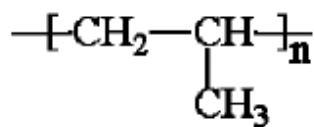
Plastik adalah polimer dengan rantai-panjang atom mengikat satu sama lain yang membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang. di tulang belakang. Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Plastik memiliki beberapa keunggulan dari bahan-bahan lain yaitu hingan, 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.

2.2.3.1 Jenis-Jenis Plastik

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

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, 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.



Gambar 5. Struktur Molekul *Polypropylene*

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).

Kegunaan dan sifat :

- Sebagai kemasan air mineral cangkir
- lebih tahan panas
- keras, fleksibel, dapat tembus cahaya
- titik lelehnya 165°C

2. **PE (*Poly Ethylene*)**, bahan plastic yang digunakan sebagai pembungkus minuman atau barang-cairan, seperti es batu, sirup, maupun minuman lainnya. Monomer : etena ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$)

Kegunaan dan sifat :

- kantong plastik, botol plastik, film, cetakan
- pembungkus kabel modern
- tidak tahan panas
- fleksibel, permukaannya licin
- tidak tembus cahaya (buram) dan ada yang tembus cahaya
- titik lelehnya 115°C

3. **OPP (*Oriented Polystyrene*)**, sangat bening, kurang tahan panas. Digunakan untuk membungkus roti & *snack*, *t-shirt*, jakets, baju. Menambah keindahan penampilan produk. Supaya tidak mudah robek dipergunakan *double layer side & gusset*.

4. **HDPE (*High Density Polyethylene*)**, bahan plastic yang bewarna putih susu atau putih bersih. Digunakan untuk kantong tisu, botol deterjen dan minyak, dan plastik anti panas, pipa plastik, dan kantong plastik yang cocok untuk kantung sayur makanan yang berkuah karena fleksibel dengan kekuatan tinggi. *Polyethylene* berdensitas tinggi (*High density polyethylene*, HDPE) adalah *polyethylene* termoplastik yang terbuat dari minyak bumi.

Membutuhkan 1,75 kg minyak bumi (sebagai energi dan bahan baku) untuk membuat 1 kg HDPE. HDPE dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang. Pada tahun 2007, volume produksi HDPE mencapai 30 ton. HDPE memiliki percabangan yang sangat sedikit, hal ini dikarenakan pemilihan jenis katalis dalam produksinya (katalis Ziegler-Natta) dan kondisi reaksi. Karena percabangan yang sedikit, HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi. HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (120°C). HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas, diantaranya:

- Kemasan deterjen
 - Kemasan susu
 - Tanki bahan bakar
 - Kayu plastik
 - Meja lipat
 - Kantong plastik
 - Wadah pengangkut beberapa jenis bahan kimia
 - Sistem perpipaan transfer panas bumi
 - Sistem perpipaan gas alam
5. **LDPE (*Low Density Polyethylene*)**, bahan plastik yang digunakan untuk pelapis kaleng. Plastik pembungkus makanan supaya tetap hangat (*food wrapping*), bungkus roti, tas plastik fleksibel dengan kekuatan remas.
6. **PET (*Polyethylene Terephthalate*)** adalah polimer jernih dan kuat dengan sifat-sifat penahan gas dan kelembaban. Kemampuan plastik PET untuk menampung karbon dioksida (karbonasi) membuatnya sangat ideal untuk digunakan sebagai botol-botol minuman ringan (bersoda/terkarbonasi). Selain itu plastik PET juga sering digunakan sebagai botol air minum kemasan. Biasanya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE atau PET di bawah segitiga. Simbol itu biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih/transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Mayoritas bahan plastik PET di dunia untuk serat sintetis

(sekitar 60 persen), dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan polyester (bahan dasar botol kemasan 30 persen). Botol Jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya untuk sekali pakai. Alasannya, bila terlalu sering dipakai, apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat apalagi panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik yang dapat menyebabkan kanker.

7. **Polystyrene (PS)**, bersifat berubah bentuk & berbunyi. Bahan plastik yang digunakan untuk gabus (styrofoam, cup, box, tempat telur).
8. **Plastik Cor** adalah bahan plastik yang biasa dipergunakan untuk pengecoran bangunan.
9. **PVC (Poly Vinly Chlorine)**, bahan plastik yang dipergunakan untuk membungkus botol minyak, daging, pipa air dan jendela plastik.
10. **Lunchbox Polystyrene**, bahan plastik yang digunakan untuk *packing* makanan ringan, nasi, dll.
11. **Karet bahan**, karet berupa karet gelang terbagi dari super dan campuran super terbuat dari bahan murni. Transparan dan bersifat kuat dan elastis. Tersedia ukuran kecil bahan campuran tidak bening, kurang elastis dan tersedia ukuran besar.
12. **Plastik Vakum**, berupa campuran bahan nylon dan PE/PVC digunakan untuk membungkus sayur, buah, daging yang hampa udara dan siap dimasak/dimakan.
13. **Plastik Mika**, berbahan campuran antara bahan PP/PE/PVC biasanya digunakan untuk album, taplak meja, sampul, bungkus, dll.

2.2.4 Limbah Minyak Goreng Bekas (Minyak Jelantah)

Minyak sisa penggorengan atau yang sering disebut minyak jelantah adalah minyak limbah yang berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak sayur, minyak samin dan sebagainya. Minyak ini merupakan minyak bekas pemakaian kebutuhan rumah tangga umumnya, yang dapat digunakan kembali untuk keperluan kuliner. Akan tetapi bila ditinjau dari

komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik yang terjadi selama proses penggorengan (Raharjo. S. 2007).

Penggunaan yang lama dan berkali-kali dapat menyebabkan ikatan rangkap teroksidasi, membentuk gugus peroksida dan monomer siklik. Awal dari kerusakan minyak goreng adalah terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Akrolein ini menyebabkan rasa gatal pada tenggorokan pada saat mengkonsumsi makanan yang digoreng menggunakan minyak goreng berulang kali. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein. (F.G Winarno, 2004).

Minyak goreng sangat mudah untuk mengalami oksidasi. Maka, minyak goreng berulang kali atau yang disebut minyak jelantah telah mengalami penguraian molekul-molekul, sehingga titik asapnya turun drastis, dan bila disimpan dapat menyebabkan minyak menjadi berbau tengik. Bau tengik dapat terjadi karena penyimpanan yang salah dalam jangka waktu tertentu menyebabkan pecahnya ikatan trigliserida menjadi gliserol dan FFA (*free fatty acid*) atau asam lemak jenuh. (Ketaren, 2005).