

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal menurut *American Society For Testing and Materials* adalah suatu material yang berwarna coklat tua sampai hitam, padat atau semi-padat yang terdiri dari bitumen-bitumen yang terdapat di alam atau diperoleh dari residu minyak bumi. Komposisi utama dari aspal sendiri merupakan hidrokarbon dengan atom $C > 40$. Di alam, aspal dapat diperoleh secara alami maupun dari hasil pengolahan minyak bumi.

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

Aspal yang dihasilkan dari industri kilang minyak mentah (*crude oil*) dikenal sebagai *residual bitumen*, Aspal yang dihasilkan dari minyak mentah yang diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses penyulingan ini 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*.

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

2.1.2 Sifat Aspal

Hafizullah, Menyatakan bahwa sifat kimia dan fisik dari aspal adalah :

1. Sifat Kimia Aspal

a. Viskoelastisitas aspal

Viskoelastisitas 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 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.

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 mendekat satu dengan yang lainnya tetapi energi ini justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah terbentuk sebelumnya.

b. Penuaan Aspal

Penuaan aspal adalah suatu bahan pengikat yang bersifat organik, oleh sebab itu aspal akan mudah teroksidasi. Oksidasi yang terjadi akan merubah struktur dan komposisi molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas. Selain oksidasi, pengerasan aspal ini juga disebabkan karena hilangnya fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal.

Dua hal inilah yang menyebabkan terjadinya penuaan pada aspal. 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.

2. Sifat Fisika Aspal

- a. Apabila pada suhu rendah, aspal akan padat, sedangkan pada suhu yang tinggi, aspal akan cair atau lengket.
- b. Berwarna hitam kecoklatan.
- c. Mempunyai daya ikat yang baik. Fungsi aspal dalam konstruksi jalan adalah :

1. Bahan Pengikat Agregat, yaitu memberikan daya lekat yang baik. Syaratnya, mempunyai daya adhesi dan daya kohesi yang besar.
2. Pengisi Dan Penutup Rongga – Rongga dari agregat.

Aspal yang digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan pada umumnya berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antar agregat, menurut Sukirman, 1993. Aspal yang digunakan harus memiliki sifat - sifat sebagai berikut :

1. Mempunyai 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 pelaksanaan dan sebagainya.

2. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi. Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal.

3. Kepekaan pada temperatur

Kepekaan pada temperatur untuk masing-masing produksi bahan aspal akan berbeda-beda tergantung dari asal eksplorasi aspal meskipun jenisnya sama. Sehingga apabila kepekaan terhadap temperatur dari aspal yang akan digunakan diketahui maka dapat pula ditentukan suhu pemadatan yang menghasilkan nilai stabilitas yang baik. Aspal adalah material yang bersifat termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan melunak atau mencair jika temperatur bertambah. Sifat ini diperlukan agar aspal memiliki ketahanan terhadap perubahan temperatur, misalnya aspal tidak banyak berubah akibat perubahan cuaca, sehingga kondisi permukaan jalan dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama.

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. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi). Kekerasan aspal tergantung pada kekentalan aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sampai agregat dilapisi aspal.

Sifat aspal lainnya adalah:

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 atau semakin encer demikian pula. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70. Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal.

Tabel 1. Standar 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 ³	1	-

(Sumber : Leily, 2012)

2.1.3 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

Aspal buatan yaitu aspal minyak dan tar. Tar adalah hasil penyulingan batubara 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. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*.

Aspal Minyak Bumi merupakan residu penyulingan minyak bumi, dengan karakteristiknya sangat bergantung dari jenis minyak bumi yang disuling (dikilang), Aspal yang dihasilkan dari minyak mentah yang diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses penyulingan ini dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 350°C di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak seperti *gasoline* (bensin), *kerosene* (minyak tanah) dan *gasoil*.

Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Oleh karena itu Aspal semen harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat. Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal

cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi :

- a. *Rapid curing cut back asphalt* (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.
- b. *Medium curing cut back asphalt* (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (kerosene).
- c. *Slow curing cut back asphalt* (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak disel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap

Tabel 2. Sifat Aspal dan Ter

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

(Sumber : PU,2007)

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 meningkatkan.

PT. Tunas Mekar Adiperkasa dengan produknya aspal BituPlus®. Dimana aspal ini memakai polimer *elastomer* atau dari bahan jenis karet. Pengujian terhadap pemakaian aspal tersebut dihasilkan aspal yang memiliki titik lembek tinggi, kelenturan yang baik serta penetrasi yang optimal dari pada menggunakan aspal biasa serta perkerasan jalan lebih tahan terhadap *aging* akibat pengaruh sinar ultraviolet sehingga memperbaiki kinerja beton aspal.

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

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 di atas 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 (CCl₄)* yaitu angka yang 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.

8. Daktilitas aspal, yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada suhu 25^o 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.

2.1.5 Agregat

Agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu yaitu 90 – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 – 85% agregat berdasarkan persentase volume. (Silvia Sukirman, 2003).

Agregat merupakan bagian terbesar dari campuran aspal. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan tugas utamanya untuk menahan beban lalu lintas. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat dari bahan batuan pada umumnya masih diolah lagi dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) sehingga didapatkan ukuran sebagaimana dikehendaki dalam campuran. Agar dapat digunakan sebagai campuran aspal, agregat harus lolos dari berbagai uji yang telah ditetapkan.

Jenis- Jenis Agregat

a. Agregat menurut asal kejadiannya dapat dibagi menjadi 3 jenis :

1. Batuan Beku (*igneous rock*). Batuan yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Dibedakan atas batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dan batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*).

2. Batuan Sedimen. Berasal dari campuran partikel mineral, sisa hewan dan tanaman. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya.

3. Batuan Metamorfik. Berasal dari batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur dari kulit bumi.

b. Agregat menurut proses pengolahannya dapat dibagi atas 3 jenis :

1. Agregat Alam. Agregat yang dapat dipergunakan sebagaimana bentuknya di alam atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Bentuk partikel dari agregat alam ditentukan proses pembentukannya.

2. Agregat melalui proses pengolahan. Digunung-gunung atau dibukit-bukit, dan sungai-sungai sering ditemui agregat yang masih berbentuk batu gunung, dan ukuran yang besar-besar sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan sebagai agregat konstruksi jalan.

3. Agregat Buatan. Agregat yang merupakan mineral *filler*/pengisi (partikel dengan ukuran $< 0,075$ mm), diperoleh dari hasil sampingan pabrik-pabrik semen atau mesin pemecah batu.

c. Agregat berdasarkan ukuran butirannya dapat dibagi atas 3 jenis :

1. Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih besar dari saringan No. 8 (2,36 mm) Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai *skid resistance* (tahanan terhadap selip) yang tinggi sehingga lebih menjamin keamanan berkendara. Agregat kasar yang mempunyai

bentuk butiran (*particle shape*) yang bulat memudahkan proses pemadatan, tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut (*angular*) sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas yang tinggi. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan terhadap abrasi bila digunakan sebagai campuran *wearing course*, untuk itu nilai *Los Angeles Abrasion Test* harus dipenuhi

2. Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butiran lebih halus dari saringan No.8 (2,36 mm). Agregat halus adalah agregat hasil pemecah batu yang mempunyai sifat lolos saringan No.8 (2,36 mm) tertahan saringan No.200 (0,075 mm). Fungsi utama agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah *angularity* (bentuk menyudut) dan *particle surface roughness* (kekasaran permukaan butiran).

3. Bahan Pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang minimum 75% lolos saringan no. 30 (0,06 mm) Bahan pengisi terdiri atas debu batu kapur, debu, semen, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya. Bahan pengisi yang merupakan mikro agregat ini harus lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Fungsi bahan pengisi adalah untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya.

2.2 Polimer

Polimer kadang-kadang disebut sebagai makromolekul, yaitu molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. (Rusdianasari, 2013) 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 (*fenylenena*) 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 sintetis). Polimer yang sudah ada di alam (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

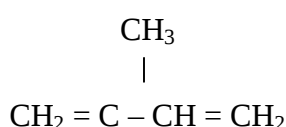
Karet alam merupakan polimer dari senyawa hidrokarbon, yaitu 2-metil-1,3- butadiena (*isoprena*). Dan polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti *polyetena*, *polypropylena*, *poly vynil chlorida* (PVC), dan *nylon*. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan 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* (C₅H₈), Susunan ruang demikian membuat karet mempunyai sifat kenyal.



Gambar 2. 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 Komposisi Karet Alam

Tabel 3. 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:

- a. Berat molekul : 68.12 g/mol
- b. Titik leleh : -145.95 °C
- c. Titik didih : 34.067 °C
- d. Viskositas : $48,6 \cdot 10^{-2} \text{ N.s/m}^2$
- e. Rapat jenis : $0,913 \text{ g/cm}^3$
- f. Konduktivitas termal : 0,134 W/m K
- g. Difusivitas termal : $7 \cdot 10^{-8} \text{ m/detik}^2$
- h. 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 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.

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 sintesis
- 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.

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

1. *Styrene*

Merupakan karet sintesis yang sangat populer dikalangan produsen ban2.

2. *Polybutadiene*

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

3. *Halobutyl Rubber*

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

Lievana Emilliano Julian (2005), menyatakan bahwa 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

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 olah raga, 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 sintetis, 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 sintetis 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 sintetis memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia dan harganya cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil.

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 sintetis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan dengan karet sintetis. Bagaimanapun keunggulannya yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintetis. 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 sintetis memiliki kelebihan seperti tahan berbagai zat kimia dan harganya yang cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil.

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.

Jenis –Jenis Plastik

1.PET (*Polyethylene Terephthalate*)

PET merupakan 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.

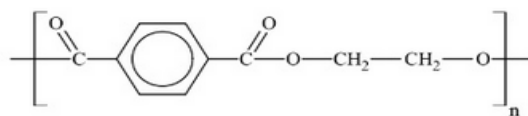


Gambar 3. Kode/Symbol Plastik PET

Polyethylene Terephthalate Biasanya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PETE atau PET (polyethylene terephthalate) di bawah segitiga

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 %), dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan polyester (bahan dasar botol kemasan 30 %) Botol Jenis PET ini direkomendasikan hanya sekali pakai, 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 (dapat menyebabkan kanker).



Gambar 4. Rumus struktur $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4$

Sifat – sifat Kimia PET :

- Konduktivitas thermal : 0,24 W /(m.K)
- Titik leleh : 260 °C

- c. Temperatur glass (T_g) : 75°C
- d. Tensile strength (σ_t) : 55-75 Mpa
- e. Modulus young (E) : 2800-3100 Mpa
- f. Densitas : + 1,4 g/cm³ : 1,370 g/cm³ (amorf) 1,455 g/cm³ (kristal)
- g. Batas elastisitas : 50 – 150 %
- h. Index rerfraksi (n_D) : 1,57 – 1,58
- i. Viscositas intrinsik : 0,629 dl/g
- j. Penyerapan air (ASTM) : 0,16
- k. Kapasitas panas spesifik : 1,0 kJ / (kg.K)
- l. Memiliki titik leleh yang relatif tinggi
- m. kesetabilan dimensi baik
- n. kekakuan
- o. kekuatan mekanik
- p. ketahanan impact tinggi
- q. koefisien ekspansi termal rendah
- r. PET mudah larut dalam asam sulfat, asam nitrat, trifluoro asetat, fenol, meta kresol, dan tetrakloroetan.

Sifat-sifat Fisik PET :

- s. berwujud padatan amorf (transparan)
- t. bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan
- u. Bila dipanaskan pada suhu tinggi dengan adanya air, PET akan terhidrolisa

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE merupakan bahan plastik yang berwarna 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 kantong 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).



Gambar 5. Kode/Symbol Jenis Plastik HDPE

3. PVC (*Poly Vinly Chlorine*)

PVC merupakan jenis plastik yang paling sulit di daur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus (cling wrap), dan botol-botol. Kandungan dari PVC yaitu DEHA yang terdapat pada plastik pembungkus dapat bocor dan masuk ke makanan berminyak bila dipanaskan. PVC berpotensi berbahaya untuk ginjal, hati dan berat badan.



Gambar 6. Kode/Symbol Jenis Plastik PVC

4. LDPE (*low density polyethylene*)

LDPE (low density polyethylene) biasa dipakai untuk tempat makanan dan botol-botol yang lembek. Barang-barang dengan kode #4 dapat di daur ulang dan baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas tetapi kuat. Barang dengan #4 bisa dibilang tidak dapat di hancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan.



Gambar 7. Kode/Symbol Jenis Plastik LDPE

5.PP (*Polypropylene*)

Polypropylene adalah polimer termoplastik yang dibuat oleh industri kimia, polimer ini mempunyai keseimbangan sifat yang baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai pemakaian.

Polypropylene adalah pilihan terbaik untuk bahan plastik terutama untuk yang berhubungan dengan makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan terpenting botol minum untuk bayi. Karakteristik adalah biasa botol transparan yang tidak jernih atau berawan. Cari simbol ini bila membeli barang berbahan plastik. Bahan plastik yang digunakan untuk dipakai pada pembungkus makanan kering, sedotan plastik, kantong obat, penutup, tas, botol.



Gambar 8. Kode/Symbol Jenis Plastik PP

6.PS (*Polystyrene*)

Polystyrene merupakan salah satu polimer yang ditemukan pada sekitar tahun 1930, dibuat melalui proses polimerisasi adisi dengan cara suspensi. Stirena dapat diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia $C_6H_5CH=CH_2$ atau ditulis sebagai C_8H_8 .

Polystyrene juga termasuk polimer aromatik yang dapat mengeluarkan bahan styrene ke dalam makanan ketika makanan tersebut bersentuhan. Selain tempat makanan, styrene juga bisa didapatkan dari asap rokok, asap kendaraan dan bahan konstruksi gedung. Bahan ini harus dihindari, karena selain berbahaya untuk kesehatan otak, mengganggu hormon estrogen pada wanita yang berakibat

pada masalah reproduksi, dan pertumbuhan dan sistem syaraf, juga karena bahan ini sulit didaur ulang.

Bila didaur ulang, bahan ini memerlukan proses yang sangat panjang dan lama. Bahan ini dapat dikenali dengan kode angka 6, namun bila tidak tertera kode angka tersebut pada kemasan plastik, bahan ini dapat dikenali dengan cara dibakar (cara terakhir dan sebaiknya dihindari). Ketika dibakar, bahan ini akan mengeluarkan api berwarna kuning-jingga, bersifat berubah bentuk & berbunyi. Bahan plastik yang digunakan untuk gabus (*styrofoam*, *cup*, *box*, tempat telur)



Gambar 9. Kode/Symbol Jenis Plastik *Polystyrene*

7. Lainnya

Pada jenis plastik ini tertera logo daur ulang dengan angka 7 di tengahnya, – Other (SAN - styrene acrylonitrile, ABS - acrylonitrile butadiene styrene, PC - polycarbonate, Nylon). Dapat ditemukan pada tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, dan plastik kemasan. Dapat ditemukan pada tempat makanan dan minuman seperti botol minum olahraga, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, dan plastik kemasan.

PC - Polycarbonate dapat ditemukan pada botol susu bayi, gelas anak batita (sippy cup), botol minum polikarbonat, dan kaleng kemasan makanan dan minuman, termasuk kaleng susu formula. Dianjurkan untuk tidak dipergunakan untuk tempat makanan ataupun minuman karena Bisphenol-A dapat berpindah ke dalam minuman atau makanan jika suhunya dinaikkan karena pemanasan. SAN dan ABS memiliki resistensi yang tinggi terhadap reaksi kimia dan suhu, kekuatan, kekakuan, dan tingkat kekerasan yang telah ditingkatkan.

Biasanya terdapat pada mangkuk mixer, pembungkus termos, piring, alat makan, penyaring kopi, dan sikat gigi, sedangkan ABS biasanya digunakan sebagai bahan mainan lego dan pipa.



Gambar 10. Kode/Jenis Plastik Lainnya

2.3 Pelumas/Oli

Pelumas atau oli merupakan sejenis cairan kental yang berfungsi sebagai pelicin, pelindung, dan pembersih bagi bagian dalam mesin. Kode pengenali Oli adalah berupa huruf SAE yang merupakan singkatan dari *Society of Automotive Engineers*. Selanjutnya angka yang mengikuti dibelakangnya, menunjukkan tingkat kekentalan oli tersebut. SAE 40 atau SAE 15W-50, semakin besar angka yang mengikuti Kode oli menandakan semakin kentalnya oli tersebut. Sedangkan huruf W yang terdapat dibelakang angka awal, merupakan singkatan dari Winter. SAE 15W-50, berarti oli tersebut memiliki tingkat kekentalan SAE 10 untuk kondisi suhu dingin dan SAE 50 pada kondisi suhu panas. Dengan kondisi seperti ini, oli akan memberikan perlindungan optimal saat mesin start pada kondisi ekstrim sekalipun. Sementara itu dalam kondisi panas normal, idealnya oli akan bekerja pada kisaran angka kekentalan 40-50 menurut standar SAE.

2.3.1 Fungsi Pelumas

Semua jenis oli pada dasarnya sama. Yakni sebagai bahan pelumas agar mesin berjalan mulus dan bebas gangguan. Sekaligus berfungsi sebagai pendingin dan penyekat. Oli mengandung lapisan-lapisan halus, berfungsi mencegah terjadinya benturan antar logam dengan logam komponen mesin seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Untuk beberapa keperluan tertentu, aplikasi khusus pada fungsi tertentu, oli dituntut memiliki sejumlah fungsi-fungsi tambahan. Mesin diesel misalnya, secara normal beroperasi pada kecepatan rendah tetapi memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan Mesin bensin. Mesin diesel juga memiliki kondisi kondusif yang lebih besar yang dapat

menimbulkan oksidasi oli, penumpukan deposit dan perkaratan logam-logam bearing.

2.3.2 Sifat-sifat Oli Mesin

a. *Lubricant*, oli mesin bertugas melumasi permukaan logam yang saling bergesekan satu sama lain dalam blok silinder. Caranya dengan membentuk semacam lapisan film yang mencegah permukaan logam saling bergesekan atau kontak secara langsung.

b. *Coolant*, pembakaran pada bagian kepala silinder dan blok mesin menimbulkan suhu tinggi dan menyebabkan komponen menjadi sangat panas. Jika dibiarkan terus maka komponen mesin akan lebih cepat mengalami keausan. Oli mesin yang bersirkulasi di sekitar komponen mesin akan menurunkan suhu logam dan menyerap panas serta memindahkannya ke tempat lain.

c. *Sealant*, oli mesin akan membentuk sejenis lapisan film di antara piston dan dinding silinder. Karena itu oli mesin berfungsi sebagai perapat untuk mencegah kemungkinan kehilangan tenaga. Sebab jika celah antara piston dan dinding silinder semakin membesar maka akan terjadi kebocoran kompresi.

d. *Detergent*, kotoran atau lumpur hasil pembakaran akan tertinggal dalam komponen mesin. Dampak buruk 'peninggalan' ini adalah menambah hambatan gesekan pada logam sekaligus menyumbat saluran oli. Tugas oli mesin adalah melakukan pencucian terhadap kotoran yang masih 'menginap'.

e. *Pressure absorbtion*, oli mesin meredam dan menahan tekanan mekanikal setempat yang terjadi dan bereaksi pada komponen mesin yang dilumasi.

2.3.3 Jenis Oli

a. Oli Mineral

Oli mineral berbahan bakar oli dasar (*base oil*) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan. Beberapa pakar mesin memberikan saran agar jika telah biasa menggunakan oli mineral selama bertahun-tahun maka jangan langsung menggantinya dengan oli sintetis dikarenakan oli sintetis

umumnya mengikis deposit (sisir) yang ditinggalkan oli mineral sehingga deposit tadi terangkat dari tempatnya dan mengalir ke celah-celah mesin sehingga mengganggu pemakaian mesin.

b. Oli Sintetis

Oli Sintetis biasanya terdiri atas *Polyalphaolifins* yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetis bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Basis yang paling stabil adalah *polyol-ester* (bukan bahan baju *polyester*), yang paling sedikit bereaksi bila dicampur dengan bahan lain. Oli sintetis cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan *acid* (asam). Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral.

2.3.4 Kekentalan (Viskositas) Oli

Kekentalan merupakan salah satu unsur kandungan oli paling rawan karena berkaitan dengan ketebalan oli atau seberapa besar resistensinya untuk mengalir. Kekentalan oli langsung berkaitan dengan sejauh mana oli berfungsi sebagai pelumas sekaligus pelindung benturan antar permukaan logam.

Oli harus mengalir ketika suhu mesin atau temperatur *ambient*. Mengalir secara cukup agar terjamin pasokannya ke komponen-komponen yang bergerak. Semakin kental oli, maka lapisan yang ditimbulkan menjadi lebih kental. Lapisan halus pada oli kental memberi kemampuan ekstra menyapu atau membersihkan permukaan logam yang terlumasi. Sebaliknya oli yang terlalu tebal akan memberi resistensi berlebih mengalirkan oli pada temperatur rendah sehingga mengganggu jalannya pelumasan ke komponen yang dibutuhkan. Untuk itu, oli harus memiliki kekentalan lebih tepat pada temperatur tertinggi atau temperatur terendah ketika mesin dioperasikan.

Dengan demikian, oli memiliki grade (derajat) tersendiri yang diatur oleh *Society of Automotive Engineers* (SAE). Bila pada kemasan oli tersebut tertera

angka SAE 5W-30 berarti 5W (*Winter*) menunjukkan pada suhu dingin oli bekerja pada kekentalan 5 dan pada suhu terpanas akan bekerja pada kekentalan 30.

Sebagai contoh di bawah ini adalah tipe viskositas dan ambien temperatur dalam derajat *Celcius* yang biasa digunakan sebagai standar oli di berbagai negara/kawasan.

1. 5W-30 untuk cuaca dingin seperti di Swedia
2. 10W-30 untuk iklim sedang seperti di kawasan Inggris
3. 15W-30 untuk Cuaca panas seperti di kawasan Indonesia

2.3.5 Karakteristik Oli Bekas

Jumlah oli bekas yang dihasilkan pastinya sangat besar. Bahaya dari pembuangan oli bekas sembarangan memiliki efek yang lebih buruk daripada efek tumpahan minyak mentah biasa. Ditinjau dari komposisi kimianya sendiri, oli adalah campuran dari hidrokarbon kental ditambah berbagai bahan kimia aditif. Oli bekas lebih dari itu, dalam oli bekas terkandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam dan korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik.

Berdasarkan data yang diperoleh, kapasitas oli yang diproduksi oleh Pertamina adalah sekitar 450.000 kiloliter per tahun, belum lagi tambahan kapasitas dari ratusan merek oli yang membanjiri pasar pelumas tanah air, untuk konsumsi kendaraan bermotor, industri dan perkapalan.

Sampai saat ini usaha yang di lakukan untuk memanfaatkan oli bekas ini antara lain :

- a. Dimurnikan kembali (*proses refinery*) menjadi *refined lubricant*. Orang tidak banyak yang tertarik untuk berbisnis di bidang ini karena *cost* yang tinggi relatif terhadap *lube oil blending plant* (LOBP) dengan bahan baku *fresh*, sehingga harga jual ekonomis-nya tidak akan mampu bersaing di pasaran.
 - b. Digunakan sebagai *Fuel Oil* / minyak bakar. Yang masih menjadi kendala adalah tingkat emisi bahan bakar ini masih tinggi.
- Perlu dipertimbangkan beberapa hal mengenai pentingnya pemanfaatan kembali oli bekas :

1. Dari tahun ke tahun, regulasi yang pro terhadap teknologi ramah lingkungan akan semakin strick. Mungkin saja suatu saat nanti, produsen oli juga harus bertanggung jawab atas oli bekas yang dihasilkan, sehingga akan muncul berbagai teknologi pemanfaatan oli bekas.
2. Kedepan, cadangan minyak mentah akan semakin terbatas, berarti harga minyak mentah akan semakin melambung. *Used-Oil refinery* akan semakin kompetitif dengan LOBP konvensional.

2.3.6 Akibat Pembuangan Oli Bekas

Oli bekas mengandung sejumlah zat yang bisa mengotori udara, tanah dan air. Oli bekas itu mungkin saja mengandung logam, larutan klorin, dan zat-zat pencemar lainnya. Satu liter oli bekas bisa merusak jutaan liter air segar dari sumber air dalam tanah. Limbah khusus untuk oli bekas lebih lanjut diatur dengan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) No. KEP-225/ BAPEDA L / 08 /1996 tentang syarat-syarat penyimpanan dan pengumpulan limbah oli dan minyak pelumas. Ia menuturkan limbah berupa oli bekas jika tidak dikelola dengan baik dan dibuang secara sembarangan sangat berbahaya bagi lingkungan.

Oli bekas juga dapat menyebabkan tanah kering dan kehilangan unsur hara. Sedangkan sifatnya yang tidak dapat larut dalam air juga dapat membahayakan habitat air, selain itu sifatnya mudah terbakar yang merupakan karakteristik dari Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Demikian pula dengan wadah plastik yang biasa digunakan untuk wadah oli. Plastik yang tak dapat terurai secara biologis akan mencemari tanah dan memakan ruang di tempat sampah. Sedangkan saringan oli selain masih mengandung residu oli. Karena itulah limbah dari ketiga komponen itu harus dikelola dengan baik.