

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 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 aromatic 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. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 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 (wikipedia, 2010).

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003). Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese*, *Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat viscoelastis dan tergantung dari waktu pembebanan (*The Blue Book–Building & Construction*, 2009).

Aspal berfungsi sebagai perekat agregat dalam campuran aspal beton, sehingga menjadikannya sangat penting dipertahankan kemampuannya terhadap

kelekatan, titik lembek dan kelenturannya. Penambahan aditif pada aspal menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan maupun meningkatkan daya rekatnya, titik lembek, maupun kelenturannya (Rianung, 2007).

Aspal merupakan material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis (Mashuri, 2010).

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese*, *Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai viscositasnya, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa pelayanan, aspal mempunyai sifat viscositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan (*Shell Bitumen, 1990*).

Sedang sifat aspal lainnya adalah :

- a. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologi*), 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*).
- b. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastis*, yaitu konsistensinya atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan temperatur yang terjadi. Semakin tinggi temperature aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan viskositas yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan lebih baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal, aspal menjadi getas dan rapuh.

- c. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Sumber : Nurkhayati Darunifah, 2007

Fungsi aspal dalam campuran agregat aspal adalah sebagai bahan pengikat yang bersifat *visco-elastis* dengan tingkat viscositas yang tinggi selama masa layan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga mudah untuk dipadatkan.



Sumber: hendrawanmine.blogspot.com

Gambar 1. Bentuk Aspal Alam

Aspal merupakan distilat paling bawah dari minyak bumi, yang memiliki banyak sekali manfaat dan kegunaan. Aspal dapat digunakan di dalam bermacam produk-produk, termasuk:

- a. Jalan aspal;
- b. Dasar pondasi dan subdasar;
- c. Dinding untuk lubang di jalanan, trotoar kaki lima, jalan untuk mobil, lereng-lereng, jembatan-jembatan, dan bidang parkir;
- d. Tambalan lubang di jalanan;
- e. Jalan dan penutup tanah;
- f. Atap bangunan, dan
- g. Minyak bakar.

Pada AASHTO (1982) dinyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal, angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi. 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. Semakin tinggi suhu udara dan makin lambat beban yang lewat, maka modulus elastis aspal makin kecil. Lama pembebanan merupakan fungsi dari tebal perkerasan dan kecepatan kendaraan (*Brown and Bitumen, 1984*).

Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 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).

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).

Maltenes dengan rumus kimia $C_6H_6O_6$ 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.

- a. *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 500–50.000, serta larut dalam n-heptan.
- b. *Aromatis*. Senyawa ini berwarna coklat tua, berbentuk cairan kental, bersifat non polar, dan di dominasi oleh cincin tidak jenuh, dengan berat molekul antara 300–2.000, terdiri dari senyawa naften aromatis, komposisi 40-65% dari total bitumen.
- c. *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, naphthene dan alkan yang berat molekul yang lebih rendah antara 370 hingga 710.

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai:

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat, dan antara aspal itu sendiri.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari segi itu sendiri.
- c. Lapisan kedap air, yaitu menyelimuti permukaan butir agregat sehingga tahan terhadap pengaruh garam, asam dan basa.

Sumber : Akem, 2012

Sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut:

- a. Daya tahan (*durability*)
 Daya tahan (*durability*) adalah kemampuan aspal menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.
- b. Adesi dan kohesi
 Adesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

d. 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 pelaburan). Pada proses pemanasan inilah akan terjadi pengerasan. Peristiwa pengerasan akan mengakibatkan terjadinya proses perapuhan yang terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai.

Sumber : Akem, 2012

Fungsi aspal antara lain:

- a. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (water proofing, protect terhadap erosi)
- b. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
- c. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
- d. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
- e. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler

Sumber : <http://poda-hentak.com>

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. Semakin tinggi suhu udara dan makin lambat beban yang lewat, maka modulus elastis aspal makin kecil. Lama pembebanan merupakan fungsi dari tebal perkerasan dan kecepatan kendaraan (*Brown and Bitumen, 198*).

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. Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal (Nurkhayati Darunifah, 2007).

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

No.	Sifat	Metoda	Satuan	Persyaratan	
				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 : SNI No. 1737-1989-F

2.1.1 Aspal Polimer

Aspal Polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintetis dengan aspal. Aspal yang telah dimodifikasi dengan polimer mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan aspal dasarnya. 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 sintetis atau buatan juga dari karet yang sudah diolah (dari ban bekas), dan juga dari bahan plastik. Aspal yang telah dimodifikasi dengan polimer mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan aspal dasarnya. Namun perlu diperhatikan mengingat dengan polimer ini, masih sering kali terjadi pemisahan antara aspal dan polimer (aspal tidak kompatibel) (Majalah Ilmiah Mektek, 2009).

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. Adapun beberapa tujuan atau alasan modifikasi aspal dengan polimer antara lain :

- a. Agar aspal/*binder* lebih lunak pada temperatur rendah sehingga mengurangi potensi *cracking*.
- b. Agar aspal/*binder* lebih kuat dan kaku pada temperatur tinggi sehingga mengurangi potensi *rutting*.
- c. Mengurangi viskositas pada temperatur penghampanan.
- d. Meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran beraspal.
- e. Meningkatkan ketahanan terhadap abrasi.
- f. Meningkatkan ketahanan lelah (*fatigue*) campuran beraspal.
- g. Meningkatkan daya tahan oksidasi dan penuaan campuran.
- h. Mengurangi ketebalan lapisan.
- i. Menurunkan biaya sistem pelapisan

Sumber : Majalah Ilmiah Mektek, 2009

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.

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 leleh tinggi, kelenturan yang lebih 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.



Sumber: ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id

Gambar 2. Bentuk Aspal Polimer pada Pembuatan Jalan

Menurut *Sheel Bitumen handbook* (1990) agar modifier menjadi efektif, dan agar praktis dan ekonomis dalam penggunaannya, maka modifier tersebut harus :

- a. Tersedia di lapangan.

- b. Tahan terhadap degradasi pada suhu pencampuran.
- c. Bercampur dengan aspal.
- d. Meningkatkan ketahanan terhadap flow pada suhu jalan yang tinggi tanpa membuat aspal menjadi terlalu encer pada suhu pencampuran dan penghamparan atau tidak membuat aspal terlalu kaku atau rapuh pada suhu jalan yang rendah.
- e. Biayanya murah.

Apabila modifier ini dicampur dengan aspal, maka akan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- a. Dapat mempertahankan karakteristiknya selama penyimpanan, penerapan dan Penggunaannya.
- b. Dapat diproses dengan peralatan konvensional.
- c. Stabil secara fisik dan kimiawi selama penyimpanan, penerapan dan penggunaannya.
- d. Mempunyai viskositas pelapisan dan penyemprotan pada penggunaannya normal.

Sumber : Rekayasa dan Manajemen Transportasi, 2011.

Berikut adalah persyaratan aspal modifikasi berdasarkan Spesifikasi Bina Marga disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persyaratan Aspal Modifikasi

Uraian	Metode	Persyaratan		Satuan
		Min	Max	
Penetrasi, 25°C ; 5 dt ; 100 grm	SNI-06-2456-1991	50	80	0,1 mm
Titik Nyala	SNI-06-2433-1991	225	-	°C
Titik Lembek	SNI-06-2434-1991	54	-	°C
Daktilitas, 25°C	SNI-06-2432-1991	50	-	Cm
Berat Jenis	SNI-06-2441-1991	1	-	gr/cm ³

Sumber : Rancangan Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU. Edisi April 2007

2.1.2 Kualitas aspal

Meskipun aspal merupakan bagian yang volumenya kecil dibanding dengan komponen-komponen penyusun campuran beton aspal, ia merupakan

bagian yang krusial dalam menyediakan ikatan yang awet/tahan lama dan menjaga campuran agar tetap dalam kondisi elastis. Terdapat beberapa kualitas yang harus dimiliki oleh aspal untuk menjamin kinerja campuran yang memuaskan yaitu *rheologi* aspal, sifat kohesif, sifat adhesi dan sifat *durability*.

- a. *Rheology* merupakan ilmu yang mempelajari deformasi perubahan bentuk dan aliran massa. Aspal memiliki dua sifat *rheology* penting yaitu *thermoplastic* dan *visco-elastic*. *Thermoplastic* berarti kekentalan aspal turun bersamaan dengan meningkatnya panas dan sebaliknya meningkat seiring dengan menurunnya suhu. *Visco-elastic* berarti ketika gaya bekerja/diaplikasikan struktur aspal mengalami distorsi sebagai mana aliran. Distorsi adalah pergerakan yang dapat kembali/membaik lagi dan dijelaskan sebagai tingkah laku elastis.
- b. Kohesi adalah kemampuan untuk mempertahankan ikatan antara sesama bentuk/senyawa (aspal). Kemampuan daya kohesi suatu aspal dengan tingkat penetrasi tertentu diukur dengan alat uji daktilitas pada temperatur rendah (suhu ruang).
- c. Adhesi adalah kemampuan untuk mempertahankan ikatan antar bentuk/senyawa dengan senyawa lainnya (aspal dengan agregat). Kemampuan daya adhesi aspal didekati dengan *Marshall Retained Strength Index*.
- d. Durabilitas adalah kemampuan untuk mempertahankan secara baik kualitas *rheology*, kohesi dan adhesi dari aspal. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat durabilitas aspal adalah *Oxidative hardening*, *Evaporative hardening* dan *Exudative hardening*

Sumber : *Shell Bitumen Handbook, 1990*

Dalam penggunaan aspal yang didasarkan kepada kondisi temperatur, terdapat prinsip dasar yang diterangkan oleh (*Krebs dan Walker, 1971*) dalam hal pemilihan jenis aspal yaitu, aspal dengan penetrasi rendah sebaiknya digunakan untuk daerah yang beriklim panas demi menghindari pelunakan (*softening*) ataupun *bleeding* pada musim panas dan aspal dengan penetrasi tinggi dapat digunakan pada daerah beriklim dingin demi mencegah aspal menjadi lebih kaku dan mudah pecah (*brittle*) pada musim dingin.

Berikut ini adalah analisa kualitas aspal yang dihasilkan sesuai standar, yakni meliputi :

- a. Penetrasi, yaitu angka yang menunjukkan kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman 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.
- b. 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 didalam aspal. Semakin tinggi nilai berat jenis aspal, maka semakin baik kualitas aspal. Berat jenis aspal minimum sebesar 1,0000.
- c. Titik nyala aspal, yaitu angka yang menyatakan besarnya suhu aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji diatas aspal terjadi kilatan api kurang dari 5 detik. Semakin tinggi titik nyala dan titik bakar aspal, maka aspal tersebut akan semakin baik. Besarnya titik bakar tersebut tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (*mixing*) terhadap bahaya kebakaran. Syarat aspal AC 60/70 titik nyala sebesar minimal 200°C.
- d. 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 suhu, disamping itu titik lembek juga dipengaruhi oleh kandungan parafin (lilin) yang terdapat didalam aspal. Semakin tinggi kandungan parafin pada aspal, maka akan semakin rendah titik lembeknya dan aspal semakin peka terhadap perubahan suhu.
- e. Daktilitas aspal, yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada temperatur 25°C dengan kecepatan 5 cm/menit hingga aspal tersebut putus. Angka daktilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal tersebut semakin lentur, sehingga akan semakin baik untuk digunakan sebagai bahan ikat perkerasan.

2.2 KARET

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_5H_8). Susunan ruang demikian membuat karet mempunyai sifat kenyal (*Stevens, M.P. 200*). 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 menghancurkan ban bekas 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. Menurut proses produksinya, ada 3 jenis karet sintesis yang saat ini digunakan pada ban yaitu *Styrene Polybutadiene* dan *Halobutyl Rubber*. Sumber : (<http://ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id/2011/02/18/301/>).

Ban bekas mempunyai komposisi Karet alam dan karet sintesis, Pengisi Penguat, Minyak, Antioksidan, Zinc oksida, Akselerator, Sulfur (*Lievana Emilliano Julian, 2005*). Selain mengurangi jumlah limbah karet di lingkungan, pemakaian limbah ban bekas untuk campuran aspal yang berfungsi untuk mengurangi keretakan dan menambah daya tahan jalan raya. Sumber : (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28259/4/Chapter%20II.pdf>).

Adapun jenis-jenis karet, yaitu karet alam dan karet sintesis. Walaupun karet alam sekarang ini jumlah produksi dan konsumsinya jauh di bawah karet sintesis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintesis. Bagaimanapun, keunggulan yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintesis. Ada pun kelebihan-kelebihan yang dimiliki karet alam dibanding karet sintesis adalah :

- a. Memiliki daya elastis atau daya lenting yang sempurna,
- b. Memiliki plastisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah,
- c. Mempunyai daya aus yang tinggi,
- d. Tidak mudah panas (*low heat build up*), dan
- e. Memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan (*groove cracking resistance*).

Sumber : Universitas Sumatera Utara

Walaupun demikian, karet sintetis memiliki kelebihan seperti tahan terhadap berbagai zat kimia dan harganya yang cenderung bisa dipertahankan supaya tetap stabil. Walaupun memiliki beberapa kelemahan dipandang dari sudut kimia maupun bisnisnya, akan tetapi menurut beberapa ahli, karet alam tetap 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. Beberapa jenis ban seperti ban radikal walaupun dalam pembuatannya dicampur dengan karet sintetis, tetapi jumlah karet alam yang digunakan tetap besar, yaitu dua kali lipat komponen karet alam untuk 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 (<http://riskyridhaagriculture.com/2011/>).

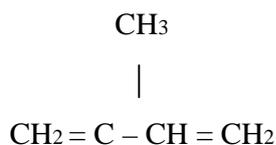
Hasil kajian para pakar perkaretan memperlihatkan kecenderungan bahwa prospek konsumsi karet alam dunia kedepan sangat baik. Menurut data International Rubber Study Group (2012) konsumsi karet alam dunia terus mengalami peningkatan rata-rata 9% pertahun, disebabkan semakin berkembangnya industri berbahan baku karet alam khususnya industri ban di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, Jerman dan Jepang. Peningkatan harga minyak bumi yang sangat tajam di pasaran internasional, menyebabkan permintaan terhadap karet alam naik pesat, karena karet sintetis yang bahan bakunya berasal dari fraksi minyak bumi harganya ikut meningkat tajam. Ditambah lagi dengan pertumbuhan ekonomi dikawasan Asia yang memunculkan

negara industri berbasis karet alam yang baru seperti Korea Selatan, Cina dan India. Walaupun saat ini jumlah produksi dan konsumsi karet alam (43,7%) dibawah karet sintetis (56,3%), tetapi sesungguhnya karet alam tidak dapat digantikan oleh karet sintetis, mengingat untuk membuat ban tetap saja membutuhkan karet alam. Berdasarkan beberapa hasil penelitian, kandungan karet alam di dalam ban tidak bisa kurang dari 35%, ini artinya tidak mungkin memproduksi ban tanpa karet alam. Sehingga saat ini hampir 70% produksi karet alam dunia dipakai untuk membuat ban, sedangkan sisanya dipakai untuk produk lainnya.

Bahan baku karet alam sangat diperlukan untuk proses pembuatan produk-produk industri hilir karena tidak dapat tergantikan 100% oleh karet sintetis yang karakteristiknya banyak kelemahannya dibandingkan dengan karakteristik karet alam. Begitu juga dalam pembuatan ban kendaraan tetap memerlukan bahan baku karet alam dengan perbandingan bahan campuran karet alam dan karet sintetis menurut jenis ban sebagai berikut : (1) ban motor membutuhkan 45% karet alam dan 55% karet sintetis; (2) ban mobil penumpang membutuhkan 45% karet alam dan 55% karet sintetis; (3) ban truk membutuhkan 50% karet alam dan 50% karet sintetis; (4) ban mobil balap membutuhkan 35% karet alam dan 65% karet sintetis, tetapi setelah FIA (Federation International Automobile/federasi otomotif internasional) mewajibkan penggunaan ban dari karet alam sebagai standar dalam balap mobil Formula 1, saat ini ban mobil balap lebih banyak diproduksi dari 100% karet alam; (5) ban kendaraan off the road (giant/earthmover) membutuhkan 80% karet alam dan 20% karet sintetis; dan (6) ban pesawat terbang dibuat dari 100% karet alam (<http://balittri.litbang.deptan.go.id>)

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 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.

2.2.1 Karet Alam

Karet alam ialah jenis karet pertama yang ditemukan oleh manusia. setelah penemuan proses vulkanisasi yang membuat sifat karet menjadi tidak terpengaruh suhu, maka karet mulai digemari untuk digunakan, seperti sol sepatu, telapak ban, dll. Salah satu sifat karet alam yang sampai saat ini sulit disaingi oleh sintetik ialah kepegasan pantul yang baik sekali, sehingga heat build up yang dihasilkan juga rendah, dan sifat ini sangat diperlukan untuk barang jadi karet (vulkanisat) yang kerjanya mengalami hentakan berulang-ulang, contoh aplikasinya ialah ban truk dan ban pesawat terbang. Tetapi karet alam mempunyai kelemahan yang mengakibatkan mulai digemarannya penggunaan keret sintetik, yaitu kurang tahan

terhadap panas dan minyak. Dengan berkembangnya kebutuhan disebabkan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, terasa bahwa penggunaan karet-karet yang ada saat ini mempunyai keterbatasan tertentu, sehingga dapat diramalkan bahwa akan banyak jenis karet baru yang akan tersedia dimasa mendatang dengan berbagai keunggulannya masing-masing. (<http://www.sumantry.com>)

Selain dapat diambil lateksnya untuk bahan baku pembuatan aneka barang keperluan manusia, sebenarnya karet masih memiliki manfaat lain. Manfaat ini walaupun sekadar sampingan, tetapi memberi keuntungan yang tidak sedikit bagi para pemilik perkebunan karet. Hasil sampingan lain dari tanaman karet yang memberikan keuntungan adalah kayu atau batang pohon karet. Biasanya tanaman karet yang tua perlu diremajakan dan diganti dengan tanaman muda yang masih segar dan berasal dari klon yang lebih produktif. Tanaman tua yang ditebang dapat dimanfaatkan batangnya atau diambil kayunya. Hasil sampingan lain dari perkebunan karet yang selama ini kurang dimanfaatkan hingga nyaris terbuang-buang begitu saja adalah biji karet, padahal bila dimanfaatkan akan cukup menguntungkan sebab jumlahnya melimpah ruah. Dilihat dari komposisi kimianya, ternyata kandungan protein biji karet terhitung tinggi. Selain kandungan proteinnya cukup tinggi, pola asam amino biji karet juga sangat baik. Semua asam amino esensial yang dibutuhkan tubuh terkandung di dalamnya. Agar biji karet dapat dimanfaatkan, maka harus diolah terlebih dahulu menjadi konsentrat. Konsentrat adalah hasil pemekatan fraksi protein biji karet yang kadar sebenarnya sudah tinggi menjadi lebih tinggi lagi (<http://riskyridhaagriculture.com/2011>)

Ada beberapa macam karet alam yang dikenal, diantaranya merupakan bahan olahan. Bahan olahan ada yang setengah jadi atau sudah jadi. Ada juga karet yang diolah kembali berdasarkan bahan karet yang sudah jadi. Berikut adalah jenis-jenis karet alam yang dikenal luas, yaitu :

- a. Bahan olah karet (lateks kebun, *sheet* angin, *slab* tipis, dan *lump* segar)
- b. Karet konvensional (*ribbed smoked sheet*, *white crepes* dan *pale crepe*, *estate brown crepe*, *compo crepe*).
- c. Lateks pekat,

- d. Karet bongkah atau *block rubber*,
- e. Karet spesifikasi teknis atau *crumb rubber*,
- f. Karet siap olah atau *tyre rubber*, dan
- g. Karet reklamasi atau *reclaimed rubber*.

Sumber : <http://riskyridhaagriculture.com/2011>

2.2.2 Karet Sintetik

Dimulai dari berakhirnya perang dunia kedua, karet sintesis berkembang lebih pesat dengan lebih banyak jenis-jenisnya. saat ini telah ada belasan jenis karet sintetik dengan berbagai karakteristiknya, dan terus bertambah. Sebelum perang dunia kedua, hanya karet alam yang tersedia. Sehingga boleh dikata bahwa untuk keperluan teknik (*Engineering*) tidak ada pilihan lain selain menggunakan karet alam (<http://www.sumantry.com>). Sejalan dengan digunakannya karet alam untuk berbagai keperluan, maka mulai ditemukan kelemahan-kelemahan karet alam yang menyebabkan para ilmuwan berusaha keras untuk menciptakan jenis-jenis karet sintetik tertentu untuk menggantikan karet alam, antara lain:

- a. SBR (*Styrene Butadiene Rubber*)
- b. BR (*Butadiene Rubber*)
- c. IR (*Isoprene Rubber*) atau *PolyIsoprene Rubber*
- d. IIR (*Isobutene Isoprene Rubber*)
- e. NBR (*Nitrile Butadiene Rubber*)
- f. CR (*Chloroprene Rubber/Neoprene*)
- g. EPR (*Ethylene Propylene Rubber*)

Sumber : <http://gbutrademlg.wordpress.com>

2.3 PLASTIK

Plastik adalah polimer dengan rantai-panjang atom mengikat satu sama lain yang membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik menurut John Farndon (2010), adalah material sintetik buatan manusia yang mudah dibentuk dan dicetak. Sebagian besar plastik adalah polimer. Struktur molekul polimer menentukan karakteristik suatu plastik. 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.

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka "*malleable*", memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menoleransi panas, keras, "*reliency*" dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri.

Plastik dapat juga menuju ke setiap barang yang memiliki karakter yang deformasi atau gagal karena *shear stress*, lihat keplastikan (fisika) dan *ductile*. Plastik dapat dikategorisasikan dengan banyak cara tapi paling umum dengan melihat tulang-belakang polimernya (*vinyl chloride*), *polyethylene*, *acrylic*, *silicone*, *urethane*, dll). Klasifikasi lainnya juga umum. Plastik adalah polimer; rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, *chlorine* atau belerang di tulang belakang. (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan "bergantung" dari tulang-belakang (biasanya "digantung" sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai

polimer). Pengesetan ini oleh grup "pendant" telah membuat plastik menjadi bagian tak terpisahkan di kehidupan abad 21 dengan memperbaiki properti dari polimer tersebut.

Bahan plastik terus mengalami perkembangan sepanjang tahun 1920-an dan 1930-an. Banyak bahan-bahan plastik yang baru dikembangkan ini kemudian digunakan pada Perang Dunia II, dan pada tahun 1950-an bahan-bahan ini telah hadir di rumah-rumah dalam berbagai jenis produk. Saat ini manusia sudah memasuki Era Plastik, dimana pada 50 tahun terakhir volume produksi plastik dunia telah meningkat secara luar biasa, sementara itu tingkat konsumsi bahan plastik telah meningkat dari sekitar satu juta ton pada tahun 1939 menjadi lebih dari 120 juta ton pada tahun 1994. Dewasa ini bahan plastik telah banyak menggantikan bahan-bahan tradisional seperti kayu, logam, gelas, kulit, kertas dan karet karena bahan plastik bias lebih ringan, lebih kuat, lebih tahan karat, lebih tahan terhadap iklim dan merupakan isolator listrik yang sangat baik. Bahan plastik sangat mudah dibentuk menjadi berbagai produk dengan menggunakan mesin cetak dan mesin ekstrusi. Sifat-sifatnya yang unggul dan kemudahan pemrosesannya seringkali menjadikan plastik sebagai bahan yang paling ekonomis untuk digunakan dalam berbagai keperluan. Kini bahan plastik digunakan dalam berbagai industri dan bisnis. Bahan ini telah memenuhi rumah-rumah kita, sekolah-sekolah, rumah sakit dan bahkan bahan ini ada dalam pakaian yang kita kenakan sehari-hari.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, "*shellac*") sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, "*nitrocellulose*") dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: *epoxy*, *polyvinyl chloride*, *polyethylene*). Plastik merupakan material yang baru secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2kg/orang/tahun.

Sifat fisika aspal

- a. *Termoplastik*. Merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC)
- b. *Termoset*. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida.

2.3.1 Plastik HDPE (High Density Polyethylene)

HDPE dapat digunakan untuk membuat berbagai macam tipe botol. Botol-botol yang tidak diberi pigmen bersifat tembus cahaya, kaku, dan cocok untuk mengemas produk yang memiliki umur pendek seperti susu. Karena HDPE memiliki ketahanan kimiawi yang bagus, plastik tipe ini dapat digunakan untuk mengemas deterjen dan bleach. Hasil daur ulangnya dapat digunakan sebagai kemasan produk non-pangan seperti shampo, kondisioner, pipa, ember, dll. HDPE dicirikan dengan densitas yang melebihi atau sama dengan 0.941 g/cm³.

HDPE 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 (120⁰C). HDPE sangat tahan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas, diantaranya Kemasan deterjen, Kemasan susu, Tanki bahan bakar, Kayu, Meja lipat, Kursi lipat, dll

2.4 Oli bekas

Oli bekas dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia seperti industri, pertambangan, dan usaha perbengkelan. Oli bekas termasuk dalam limbah B3 yang mudah terbakar sehingga bila tidak ditangani pengelolaan dan pembuangannya akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. 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. Oli merupakan bahan pelumas yang di gunakan pada kendaraan bermotor. Pada oli juga terkandung beberapa unsur kimia yang membahayakan. Dan coba kita bayangkan berapa banyak motor dan mobil yang mengganti oli setiap harinya. Oleh karena itu oli bekas harus di kelola dengan baik agar tidak mengganggu :

1. Kesehatan

Di dalam kandungan oli terdapat beberapa unsur kimia, unsur kimia tersebut termasuk dalam logam berat. Sedangkan logam berat apabila telah masuk ke dalam tubuh tidak dapat di keluarkan lagi dan terakumulasi (menumpuk) di dalam tubuh kita. Apabila telah melebihi batas kewajaran, tubuh kita tidak akan mampu dan akan sakit.

2. Lingkungan

a. Pencemaran air

Oli yang tercecer atau tumpah ke selokan dan akhirnya mengalir ke sungai akan mengakibatkan pencemaran yang akan mengakibatkan :

- 1) Oksigen dalam air akan berkurang dan air akan beracun, sehingga ikan bisa mati.
- 2) Sisa oli akan mengendap dan terakumulasi dalam tubuh hewan.
- 3) Oli akan mengalir dan meracuni setiap tempat yang di lalui.

b. Pencemaran Tanah

Oli yang tercecer atau tumpah ke tanah akan mengakibatkan pencemaran, sedangkan tanah adalah media bagi tumbuhnya tumbuhan.

Pencemaran tersebut akan mengakibatkan :

- 1) Matinya hewan - hewan yang berada di dalam tanah, seperti cacing, semut dan bakteri, sedangkan mereka adalah hewan pengurai, penggembur, dan penyubur tanah.
- 2) Meresap dan meracuni air tanah yang biasa kita gunakan untuk keperluan sehari - hari, termasuk untuk minum.

c. Pencemaran Air Laut

Air yang telah tercemar oleh oli dari bengkel akan mengalir ke selokan dan terus mengalir melewati sungai dan akan bermuara di laut. Akibat tercemarnya air laut akan mengakibatkan penurunan hasil panen ikan dari laut.

d. Pencemaran Udara

Oli bekas biasanya digunakan untuk membakar keramik dan lain - lain. Padahal oli bekas apabila di bakar secara sembarangan akan menimbulkan gas beracun seperti : CO₂, CO, Pb, NO_x dan HC.

(<http://alexandererezha.blogspot.com/2012>)

Sistem pelumasan merupakan salah satu sistem utama pada mesin, yaitu suatu rangkaian alat-alat mulai dari tempat penyimpanan minyak pelumas, pompa oli (*oil pump*), pipa-pipa saluran minyak, dan pengaturan tekanan minyak pelumas agar sampai kepada bagian-bagian yang memerlukan pelumasan. Pelumas dapat didefinisikan sebagai suatu zat yang berada diantara dua permukaan yang bergerak secara relatif agar dapat mengurangi gesekan antar permukaan tersebut. Berdasarkan wujudnya, minyak pelumas dapat digolongkan menjadi dua bentuk, yaitu cair (*liquid*) atau biasa disebut oli, dan setengah padat (*semi solid*) atau biasa disebut gemuk.