

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Aspal**

Prasarana jalan merupakan salah satu infrastruktur yang vital yang menghubungkan satu daerah dengan daerah lain. Jalan raya merupakan potret sebuah negara. Negara makmur umumnya memiliki banyak jalan raya yang mulus. Namun, hal tersebut tidak ditemui di Indonesia. Masih banyak jalan raya yang kondisinya rusak. Untuk memperbaiki serta memelihara infrastruktur tersebut dibutuhkan sekitar 1,2 juta ton aspal minyak pertahun. Jumlah itu tidak sebanding dengan kapasitas produksi minyak nasional yang hanya sekitar 720 ribu ton per tahun. Dari jumlah itu, tingkat produksi ekonomis aspal minyak Indonesia hanya 300 ribu sampai 450 ribu ton per tahun, atau sekitar 50% dari kapasitas penuhnya. Sehingga, setiap tahun Indonesia harus mengimpor aspal sekitar 700 ribu ton pertahun. Artinya, negeri ini harus menguras devisa tidak kurang dari 700 juta dollar AS atau sekitar 8,9 triliun rupiah per tahun. Kalaupun produksi aspal Indonesia ditingkatkan sampai kapasitas penuh, penyediaan 700 ribu ton aspal per tahun yang berasal dari impor tidak akan berkurang. Hal ini karena aspal produksi Indonesia merupakan hasil turunan atau hasil samping dari pengilangan minyak mentah yang berkualitas rendah. Selain itu, aspal sebagai bahan utama pembuatan jalan raya saat ini nyaris luput dari perhatian kegiatan riset di Indonesia. (Leily, 2012).

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen adalah zat perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi (Reza Permana, 2009).



**Gambar 1. Aspal Hasil Kilang Minyak Bumi**

(Sumber : Mahdalena, 2013)

Menurut Silvia Sukirman (2007), Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious) berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Tar adalah material berwarna coklat atau hitam, berbentuk cair atau semipadat, dengan unsur utama bitumen sebagai hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, atau material organik lainnya. *Pitch* diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan *pitch* tidak diperoleh di alam, tetapi merupakan produk kimiawi. Dari ketiga material pengikat diatas, aspal merupakan material yang umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal.

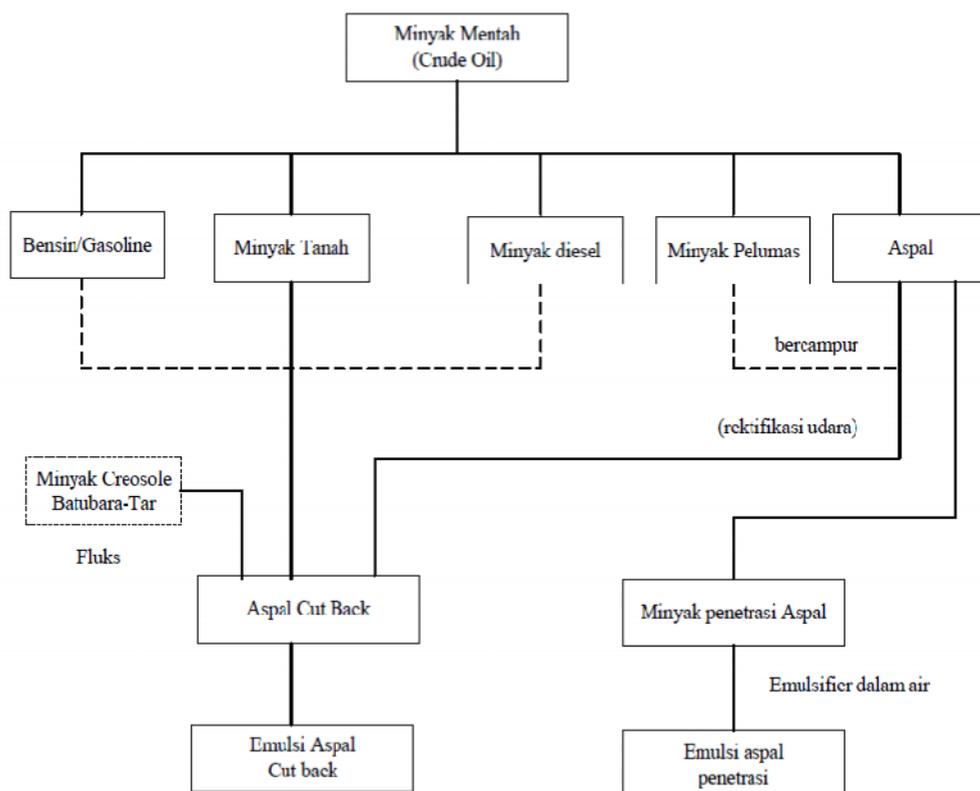
Fungsi aspal antara lain :

- 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.

### 2.1.1 Sumber Aspal

Sumber aspal berasal dari kilang minyak (*refinery bitumen*). Aspal yang dihasilkan dari minyak mentah diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses destilasi ini dilakukan dengan pemanasan hingga suhu  $350^{\circ}\text{C}$  di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak seperti bensin, minyak tanah dan minyak. Proses pemisahan dari bahan bakar minyak bumi dapat dilihat pada gambar 1 (Wignall,2003).



**Gambar 2. Proses Pemisahan Aspal**

(Sumber : Wignall, 2003)

### 2.1.2 Sifat Penyusun Aspal

Aspal dipandang sebagai sebuah sistem koloidal yang terdiri dari komponen molekul berat yang disebut *asphaltene*, dispersi/hamburan di dalam minyak perantara disebut *maltene*. Bagian dari *maltene* terdiri dari molekul perantara disebut resin yang menjadi instrumen di dalam menjaga dispersi *asphaltene*.

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. *Asphaltene*

*Asphaltene* merupakan senyawa kompleks aromatis yang berwarna hitam atau coklat amorf, bersifat termoplastis dan sangat polar, dengan perbandingan komposisi untuk H/C yaitu 1 :1, memiliki berat molekul besar antara 1000 – 100000, dan tidak larut dalam n-heptan.

*Asphaltene* juga sangat berpengaruh dalam menentukan sifat reologi bitumen, dimana semakin tinggi *asphaltene*, maka bitumen akan semakin keras dan semakin kental, sehingga titik lembeknya akan semakin tinggi, dan menyebabkan harga penetrasinya semakin rendah.

b. *Maltene*

Di dalam *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 reologi bitumen.

- *Resin*. Resin merupakan senyawa yang berwarna coklat tua, dan berbentuk solid atau semi solid 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.

- *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.
- *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.

### 2.1.3 Jenis – Jenis Aspal

Secara umum aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan asal dan proses pembentukannya sebagai berikut :

#### 1. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di pulau buton, dan ada pula yang diperoleh di pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton). Penggunaan asbuton sebagai salah satu material perkerasan jalan telah dimulai sejak tahun 1920, walaupun masih bersifat konvensional. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi.

Produk asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

1. Produk asbuton yang masih mengandung material filler, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan butonite mastik asphalt.
2. Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi

#### 2. Aspal batuan

Aspal batuan adalah endapan alamiah batu kapur atau batu pasir yang dipadatkan dengan bahan-bahan berbitumen. Aspal ini terjadi diberbagai bagian di Amerika Serikat. Aspal ini umumnya membuat permukaan jalan yang sangat

tahan lama dan stabil tetapi kebutuhan transportasi yang tinggi membuat aspal terbatas pada daerah-daerah tertentu saja.

### 3. Aspal Buatan

Jenis aspal ini dibuat dari proses pengolahan minyak bumi, jadi bahan baku yang dibuat untuk aspal pada umumnya adalah minyak bumi yang banyak mengandung aspal. Jenis dari aspal buatan antara lain adalah sebagai berikut:

#### 1. Aspal Keras

Pada proses destilasi fraksi ringan yang terkandung dalam minyak bumi dipisahkan dengan destilasi sederhana hingga menyisakan suatu residu yang dikenal dengan nama aspal keras. Dalam proses destilasi ini, aspal keras baru dihasilkan melalui proses destilasi hampa pada temperatur sekitar 480 °C. Temperatur ini bervariasi tergantung pada sumber minyak mentah yang disuling atau tingkat aspal keras yang akan dihasilkan.

#### 2. Aspal cair

Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak. Aspal ini dapat juga dihasilkan secara langsung dari proses destilasi, dimana dalam proses ini reaksi minyak ringan terkandung dalam minyak mentah tidak seluruhnya dikeluarkan. Kecepatan menguap dari minyak yang digunakan sebagai pelarut atau minyak yang sengaja ditinggalkan dalam residu pada proses destilasi akan menentukan jenis aspal cair yang dihasilkan. Berdasarkan bahan cairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya, aspal cair dibedakan atas :

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

#### 3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal keras dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier* (emulgator). Partikel aspal yang terdispersi ini berukuran sangat kecil bahkan sebagian besar berukuran koloid. Jenis emulsifer yang digunakan sangat mempengaruhi jenis dan kecepatan pengikatan aspal emulsi yang dihasilkan. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

1. Kationik, disebut juga aspal emulsi asam, merupakan aspal emulsi yang bermuatan arus listrik positif.
2. Anionik, disebut juga aspal emulsi alkali, merupakan aspal emulsi yang bermuatan negatif.
3. Nanionik, merupakan aspal emulsi yang tidak mengalami ionisasi, berarti tidak mengantarkan listrik.

#### 4. Aspal beton

Aspal beton merupakan aspal yang paling umum digunakan dalam proyek-proyek konstruksi seperti permukaan jalan, bandara, dan tempat parkir. Aspal ini terbagi atas beberapa jenis yaitu :

1. Aspal Beton Campuran Panas
2. Aspal Beton Campuran Hangat
3. Aspal Beton Campuran Dingin
4. Aspal Beton
5. Aspal Beton Mastis

#### 5. Aspal Polimer

Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintesis dengan aspal. Aspal modifikasi dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Polimer adalah jenis bahan tambah yang sering di gunakan saat ini, sehingga aspal modifikasi sering disebut juga aspal polimer. Antara lain berdasarkan sifatnya, ada dua jenis bahan polimer yang biasanya digunakan untuk tujuan ini, yaitu:

1. Aspal Polimer Elastomer

Aspal Polimer Elastomer dan karet adalah jenis – jenis polimer elastomer yang SBS (*Styrene Butadine Sterene*), SBR (*Styrene Butadine Rubber*), SIS (*Styrene Isoprene Styrene*), dan karet adalah jenis polimer elastomer yang biasanya digunakan sebagai bahan pencampur aspal keras. Penambahan polimer jenis ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat reologi aspal, antara lain penetrasi, kekentalan, titik lembek dan elastisitas aspal keras. Campuran beraspal yang dibuat dengan aspal polymer elastomer akan memiliki tingkat elastisitas yang lebih tinggi dari campuran beraspal yang dibuat dengan aspal keras. Persentase penambahan bahan tambah (*additive*) pada pembuatan aspal polimer harus ditentukan berdasarkan pengujian labolatorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu memang dapat memperbaiki sifat-sifat reologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

## 2. Aspal Polimer Plastomer

Seperti halnya dengan aspal polimer elastomer, penambahan bahan polimer plastomer pada aspal keras juga dimaksudkan untuk meningkatkan sifat reologi baik pada aspal keras dan sifat fisik campuran beraspal. Jenis polimer plastomer yang telah banyak digunakan antara lain adalah EVA (*Ethylene Vinyle Acetate*), *Polypropilene*, dan *Polyethylene*. Persentase penambahan polimer ini kedalam aspal keras juga harus ditentukan berdasarkan pengujian labolatorium, karena penambahan bahan tambah sampai dengan batas tertentu penambahan ini dapat memperbaiki sifat-sifat reologi aspal dan campuran tetapi penambahan yang berlebihan justru akan memberikan pengaruh yang negatif.

Modifikasi aspal polimer (atau biasa disingkat dengan PMA) telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir. Umumnya dengan sedikit penambahan bahan polimer (biasanya sekitar 2-6%) sudah dapat meningkatkan hasil ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi, mengatasi keretakan-keretakan dan meningkatkan ketahanan yang tinggi dari kerusakan akibat umur sehingga dihasilkan pembangunan jalan lebih tahan lama serta dapat mengurangi

biaya perawatan atau perbaikan jalan. Penggunaan campuran polimer aspal merupakan *trend* 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.

Kelebihan aspal modifikasi polimer, yaitu :

1. Meningkatkan ketahanan terhadap suhu
2. Meningkatkan ketahanan terhadap retak
3. Meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastis
4. Meningkatkan nilai elastis *recovery*
5. Meningkatkan nilai ketahanan terhadap air
6. Meningkatkan nilai adhesi dan kohesi
7. Meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi ultraviolet

Kelemahan aspal modifikasi polimer, yaitu :

1. Temperatur pecampuran tinggi
2. Temperatur penggelaran cukup tinggi

#### **2.1.4 Sifat - Sifat Aspal**

Sifat-sifat aspal yang sangat mempengaruhi perencanaan, produksi dan kinerja campuran beraspal antara lain adalah:

##### **1. Durabilitas**

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

##### **2. Adesi dan Kohesi**

Adesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekat satu sama lainnya, dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Sifat adesi dan kohesi aspal sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran

beraspal. Karena sifat ini mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran. Uji daktilitas aspal adalah suatu ujian kualitatif yang secara tidak langsung dapat dilakukan untuk mengetahui tingkat *adesifnes* atau daktilitas aspal keras. Aspal keras dengan nilai daktilitas yang rendah adalah aspal yang memiliki daya adesi yang kurang baik dibandingkan dengan aspal yang memiliki nilai daktilitas yang tinggi. Uji penyelimutan aspal terhadap batuan merupakan uji kuantitatif lainnya yang digunakan untuk mengetahui daya lekat ( kohesi) aspal terhadap batuan. Pada pengujian ini, agregat yang telah diselimuti oleh film aspal direndam dalam air dan dibiarkan selama 24 jam dengan atau tanpa pengadukan. Akibat air atau kombinasi air dengan gaya mekanik yang diberikan, aspal yang menyelimuti permukaan agregat akan terkelupas kembali. Aspal dengan gaya kohesi yang kuat akan melekat erat pada permukaan agregat, oleh sebab itu pengelupasan yang terjadi sebagai akibat dari pengaruh air atau kombinasi air dengan gaya mekanik sangat kecil atau bahkan tidak terjadi sama sekali.

### 3. Kepekaan aspal terhadap temperatur

Seluruh aspal bersifat termoplastik yaitu menjadi lebih keras bila temperatur menurun dan melunak bila temperatur meningkat. Kepekaan aspal untuk berubah sifat akibat perubahan temperatur ini dikenal sebagai kepekaan aspal terhadap temperatur.

### 4. Pengerasan dan penuaan aspal

Penuaan aspal adalah suatu parameter yang baik untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan ini disebabkan oleh dua faktor utama, yaitu: penguapan fraksi minyak yang terkandung dalam aspal dan oksidasi penuaan jangka pendek dan oksidasi yang progresif atau penuaan jangka panjang. Oksidasi merupakan faktor yang paling penting yang menentukan kecepatan penuaan.

Sedangkan sifat aspal lainnya, adalah :

1. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) yang 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*).

2. Aspal adalah bahan yang *Thermoplastic*, 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 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.
3. Aspal mempunyai sifat *Thixotropy*, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

Terdapat bermacam – macam tingkat penetrasi aspal yang dapat digunakan dalam campuran agregat aspal, umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 80/100 dan penetrasi 60/70. Dibawah ini merupakan sifat-sifat standar untuk aspal keras berdasarkan penetrasinya.

**Tabel 1. Persyaratan Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi**

NO	Jenis Pengujian	Satuan	Persyaratan				
			Pen 40	Pen 60	Pen 80	Pen 120	Pen 200
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik	0,01 mm	40-59	60-69	80-99	120-150	200-300
2	Titik Lembek	°C	51-63	50-58	46-54	120-150	200-300
3	Titik Nyala	°C	Min.200	Min.200	Min.225	218	177
4	Daktilitas, 25°C	Cm	Min.100	Min.100	Min.100	Min.100	-
5	Berat jenis	gr/ml	Min.1,0	Min.1,0	Min.1,0	-	-

(Sumber : RSNI S-01-2003)

Sedangkan untuk persyaratan aspal polimer, dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2. Persyaratan Aspal Polimer**

NO	Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik ; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	50-80
2	Titik Lembek ; °C	SNI 06-2456-1991	Min. 54
3	Daktilitas, 25°C ; cm	SNI 06-2456-1991	Min 50
4	Berat Jenis ; gr/ml	SNI 06-2456-1991	Min 1,0

(Sumber : DPU, 2007)

### 2.1.5 Analisa Aspal

Beberapa parameter analisa aspal, yaitu sebagai berikut :

1. **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.



**Gambar 3. Alat Penetrasi**

(Sumber : hasil pengambilan gambar, 2014)

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 didalam aspal. Semakin tinggi nilai berat jenis aspal, maka semakin baik kualitas aspal. Berat jenis aspal minimum sebesar 1,0000.



**Gambar 4. Alat Piknometer**

*(Sumber : hasil pengambilan gambar, 2014)*

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 temperatur (suhu) aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atasnya terjadi kilatan api selama sekitar 5 detik. Syarat aspal AC 60/70 titik nyala sebesar minimal.



**Gambar 5. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar**

*(Sumber : hasil pengambilan gambar, 2014)*

5. **Titik bakar aspal**, yaitu angka yang menyatakan besarnya suhu aspal yang sipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji diatas aspal terjadi kilatan api lebih dari 5 detik. Semakin tinggi titik nyala dan titik bakar aspal, maka aspal tersebut semakin baik. Besarnya nilai titik nyala dan titik bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (*mixing*) terhadap bahaya kebakaran.
6. **Titik lembek aspal** (*Ring and Ball test*), yaitu angka yang menunjukkan suhu (*temperature*) ketika aspal menyentuh plat baja. Titik lembek juga mengindikasikan tingkat kepekaan aspal terhadap perubahan suhu, 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.



**Gambar 6. Pengujian Titik Lembek**

(Sumber : hasil pengambilan gambar, 2014)

7. **Kelarutan aspal dalam cairan Carbon Tetra Chlorida ( $CCl_4$ )**, yaitu angka yang menunjukkan jumlah aspal yang larut dalam cairan  $CCl_4$  dalam proses setelah aspal digoncang atau dikocok selama minimal 20 menit. Angka kelarutan aspal juga menunjukkan tingkat kemurnian aspal terhadap kandungan mineral lain. Semakin tinggi nilai kelarutan aspal, maka aspal semakin baik.
8. **Daktilitas aspal**, yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada suhu  $25^\circ C$  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.



**Gambar 7. Cetakan Kuningan**

*(Sumber : hasil pengambilan gambar, 2014)*

## 2.2 Polimer

Kata polimer berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari dua kata yaitu *poly* dan *meros*. *Poly* artinya banyak sedangkan *Meros* berarti unit atau bagian. Polimer merupakan senyawa yang besar yang terbentuk dari hasil penggabungan sejumlah (banyak) unit-unit molekul yang kecil. Unit molekul kecil pembentuk senyawa ini disebut monomer. Ini artinya senyawa polimer terdiri dari banyak monomer. Polimer bisa tersusun dari beribu-ribu atau bahkan dari jutaan monomer, sehingga dapat disebut sebagai senyawa makromolekul.

### 2.2.1 Klasifikasi Polimer

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan atas polimer alam dan polimer buatan. Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, seperti amilum, selulosa, kapas, karet, wol, dan sutra. Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik.

### 2.2.1.1 Polimer Alam

Polimer adalah molekul raksasa dengan massa molar mulai dari ribuan hingga jutaan. Polimer banyak ditemukan di alam. Polimer alam merupakan polimer yang terbentuk karena adanya reaksi kondensasi yang terjadi secara alami. Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme makhluk hidup. Contoh sederhana polimer alam adalah karet alam, pati, selulosa dan protein. Jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaannya amat terbatas.

Karet merupakan polimer alam yang terpenting dan dipakai secara luas. Bentuk utama dari karet alam, terdiri dari 97% cis-1,4-poliisoprena, dikenal sebagai *hevea rubber*. Karet ini diperoleh dengan menyadap kulit sejenis pohon (*hevea brasiliensis*) yang tumbuh liar. Hampir semua karet alam diperoleh sebagai lateks yang terdiri dari sekitar 32 – 35% karet dan sekitar 5% senyawa lain, termasuk asam lemak, gula, protein, sterol, ester dan garam. Polimer alam lain adalah polisakarida, selulosa dan lignin yang merupakan bahan dari kayu.



**Gambar 8. Karet Alam**

( Sumber : Wikipedia, 2014 )

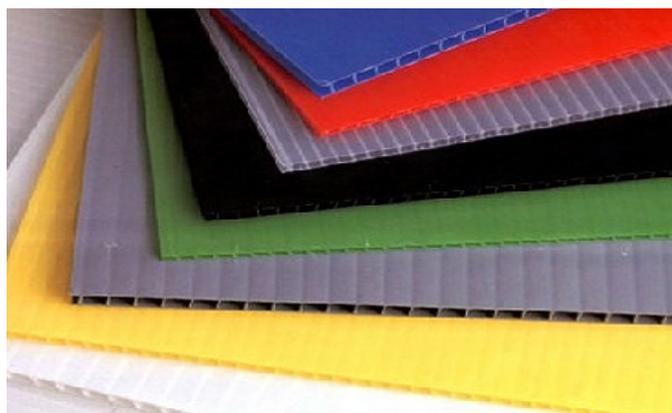
### 2.2.1.2 Polimer Sintetis

Polimer sintetis adalah polimer buatan manusia. Dari sudut pandang kegunaan, polimer dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama. Jenis-

jenis polimer sintetis ada 4 macam yaitu termoplastik, termoset, elastomer dan serat sintetis. polimer sintetis ditemukan umumnya dalam berbagai produk seperti uang, lem super, pelapis dll. Berbeda dengan polimer alam yang terjadi melalui polimerisasi kondensasi, polimer buatan terjadi karena proses polimerisasi adisi.

Polimer sintetis merupakan hasil sintesis senyawa-senyawa organik dimana molekul-molekulnya berupa monomer-monomer, yang bergabung membentuk rantai panjang melalui ikatan kovalen. Reaksi pembentukan polimer ini disebut reaksi polimerisasi. Reaksi polimerisasi merupakan reaksi berantai dari monomer-monomer di mana monomernya paling sedikit harus mempunyai sebuah ikatan rangkap dua.

Polimer sintetis dibuat dengan berbagai variasi pada susunan rantai utama dan rantai samping. Tulang punggung polimer sintetis seperti plastik, polistirena, dan poliakrilat terdiri dari atom karbon yang saling berikatan, sedangkan polimer rantai hetero seperti poliamida, poliester, poliuretan, polisulfida dan polikarbonat mengandung unsur-unsur lain seperti oksigen, belerang, dan nitrogen yang disisipkan di sepanjang tulang punggung. Silikon terdapat pada tulang punggung polimer siloksana, dan polisiloksana tersebut tidak memiliki atom karbon. Maka dari itu polisiloksana disebut dengan polimer anorganik. Polimer koordinasi mengandung berbagai logam pada susunan tulang punggung, yang terhubung melalui ikatan non-kovalen.



**Gambar 9. Alat Tulis**

( Sumber : Wikipedia, 2014 )

### 2.2.2 Karet Ban

Di Indonesia belum pernah dilaporkan secara mendetail data statistik mengenai jumlah ban bekas setiap tahun, akan tetapi di Amerika Serikat mencapai 280 juta unit ban, dan ban-ban bekas tersebut dapat dikelola kembali berupa ban bekas utuh, dibelah, dipotong-potong, dan diserut. (Satyarno, 2006). Pemanfaatan karet ban bekas dalam bentuk serutan yang sudah dipisahkan dari komposisi standart karet ban dinilai cukup baik dalam pencampuran aspal. Dan serutan ban bekas ini dapat bercampur dengan aspal karena mengandung unsur karbon dan hidrogen.

Ban merupakan salah satu dari jenis karet sintetis (produk olahan karet alam) yang paling penting dan diproduksi dalam jumlah yang dalam volume tinggi. Lebih dari setengah karet alam dan karet sintetis didunia digunakan dalam industri ban.

Ban adalah peranti yang menutupi *velg* suatu roda. Ban merupakan 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. Sebagai salah satu komponen penting pada kendaraan, ban berfungsi sebagai pengendali arah kendaraan, sebagai penanggung berat beban kendaraan termasuk penumpangnya, sebagai penerus tenaga dari mesin, dan sebagai sistem peredam/suspensi dari sepeda motor.

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.

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.

Pada setiap ikatan *isoprene* terdapat ikatan rangkap gugus metilen, gugus ini merupakan gugus reaktif yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi sehingga

dapat merusak karet. 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.

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 . 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. 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 sintetis yang saat ini digunakan pada ban yaitu *Styrene Polybutadiene* dan *Halobutyl Rubber* (<http://ahmadhafizullahritonga.blog.usu.ac.id/2011/02/18/301/>).



**Gambar 10. Karet Ban Dalam**

(Sumber : *Wikipedia*, 2014)

Ban bekas mempunyai komposisi karet alam dan karet sintetis, pengisi penguat, minyak, antioksidan, zinc oksida, akselerator, sulfur. 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 (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/28259/4/Chapter%20II.pdf>).

Ban berbahan dasar karet merupakan salah satu jenis polimer sintetis (*Polystirene*). *Polystirene* tidak dapat dengan mudah di *recycle* sehingga pengolahan limbah *polystyrene* harus dilakukan secara benar agar tidak merugikan lingkungan. Proses perengkahan *polystyrene* merupakan salah satu cara untuk meminimalisir limbah *polystyrene* tersebut. *Polystirene* adalah molekul yang memiliki berat molekul ringan, terbentuk dari monomer *stirena* yang berbau harum. Kelebihan *polystyrene* adalah ringan, keras, tahan panas, agak kaku, tidak mudah patah dan tidak beracun. Sifat fisis *polystyrene* dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3. Sifat Fisik *Polystirene***

Sifat	Nilai
Densitas	1050 kg/m <sup>3</sup>
Spesifik gravity	1,05
Konduktivitas listrik	10 <sup>-16</sup> S/m
Konduktivitas termal	0,08 W/(m.K)
Modulus young	3000-3600 MPa
Titik leleh	240°C
Koefisien perpindahan panas	0,17 W/(m <sup>2</sup> .K)

(Sumber : Meilianti, 2012)

### 2.2.3 Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*)

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. 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.

Saat ini kebutuhan komoditi plastik di Indonesia sangatlah tinggi sekali, hampir seluruh Industri dalam negeri membutuhkan bahan baku plastik ini. Pengguna terbesarnya adalah Industri makanan dan FMCG (*fast moving consumer goods*) yang mencapai 60%. Pada tahun 2013, kebutuhan plastik dalam negeri sebesar 1,9 juta ton, meningkat 22,58% dari 2012, yaitu 1,55 juta ton, dan kebutuhan tersebut diprediksi tiap tahunnya akan meningkat secara terus-menerus. *Study Nova Institute* menunjukkan bagaimana bahan kimia baru dapat dengan cepat mengubah pasar. Sejak *Coca Cola Company* menggunakan botol yang sebagian terbuat dari plastik berbahan organik, yang disebut PET, produksi tahunan botol jenis ini akan naik dari 600.000 ton menjadi 5 juta ton pada tahun 2020. (Kompas, 2014).

Berikut adalah beberapa jenis plastik :

1. PET atau PETE (*Polietilen Tereftalat*)

PET atau PETE sering digunakan sebagai botol minuman, minyak goreng, kecap, sambal, obat maupun kosmetik. Plastik ini bertanda segitiga bernomor 1 yang biasanya terletak pada bagian bawah botol. Plastik jenis ini tidak boleh digunakan berulang-ulang atau hanya sekali pakai. Sifat plastik ini kuat dan kedap air serta gas. Plastik ini bisa melunak pada suhu 80°C.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE banyak ditemukan sebagai kemasan makanan dan obat yang tidak tembus pandang. Seperti urutannya, plastik ini berlogo segitiga bernomor 2. Plastik jenis ini digunakan untuk botol kosmetik, obat, cairan kimia, dan lain - lain. Sama seperti jenis plastik sebelumnya, plastik ini direkomendasikan hanya untuk sekali pakai juga. Plastik HDPE biasanya sifatnya keras, kurang begitu lentur. Plastik ini tahan lembab dan mampu menahan reaksi kimia.

3. V atau PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC sering digunakan pada produk mainan anak, bahan bangunan, dan kemasan pada produk makanan. Plastik ini berlogo segitiga bernomor 3. Sifat PVC keras dan kuat. Plastik ini sangat sukar didaur ulang. PVC dianggap

sebagai jenis plastik paling berbahaya. Kandungan zat berbahaya dalam PVC mudah lumer/luntur bila terkena makanan panas & berminyak.

#### 4. LDPE (*Low Density Polyethylene*)

LDPE biasa digunakan untuk membungkus makanan. Sesuai urutannya, plastik ini berlogo segitiga bernomor 4. Jenis plastik ini biasanya dipakai untuk tempat makanan dan botol yang lembek. Plastik ini sifatnya lentur dan kuat, tahan air dan mudah untuk didaur ulang.

#### 5. PP (*Polypropilen*)

PP merupakan plastik terbaik dan paling aman untuk yang berhubungan dengan makanan dan minuman. Polipropilen ini berlogo segitiga bernomor 5. Plastik jenis PP lentur namun kuat, mampu mencegah reaksi kimiawi serta tahan minyak dan panas.

#### 6. PS (*Polystirena*)

PS merupakan plastik yang hanya digunakan sekali pakai. Sebenarnya ada 2 kode untuk plastik jenis ini. Selain PS, ada pula EPS (Polistiren busa). Jenis PS sering digunakan untuk kemasan makanan beku serta bahan pembuat garpu dan sendok plastik. Sedangkan EPS digunakan untuk wadah makanan siap saji serta gelas kopi/teh/susu berbahan *Styrofoam*. Kandungan bahan kimia plastik jenis ini berbahaya bagi kesehatan.

#### 7. O (*Other*)

*Other* adalah jenis plastik selain keenam plastik yang telah disebutkan di atas. Ada 4 jenis plastik yang digolongkan ke dalam plastik jenis ini, antara lain *Styrene Acrylonitrile* (SAN), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), *Polycarbonate* (PC), dan *Nylon*.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan polimer jernih dan kuat dengan sifat-sifat penahan gas dan kelembapan. 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.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) lahir pada tahun 1973, dan pertama kali di daur-ulang pada tahun 1977. PET adalah singkatan dari *polyethylene terephthalate* – merupakan resin *polyester* yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas. Kepekatannya adalah sekitar 1,35 – 1,38 gram/cc, ini membuatnya kokoh, rumus molekulnya adalah  $(-CO-C_6H_5-CO-O-CH_2-CH_2-O-)_n$ .

Masyarakat tidak dapat mengurangi konsumsi secara berarti atau memakai ulang botol-botol bekas, upaya terakhir adalah dengan mendaur-ulangnya. Menyingkirkan benda-benda ini dari tanah merupakan jalan termudah mengurangi jejak karbon, karena ada begitu banyak botol yang dibuang ketempat sampah. Pada tahun 2006, Amerika mengkonsumsi lebih dari 60 milyar botol minuman PET (*Polyethylene Terephthalate*) tetapi hanya mendaur ulang 10 milyar saja. Konsumsi semakin meningkat, sedangkan tingkat pendaur-ulangan semakin menurun. Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dapat digunakan untuk membuat berbagai macam kemasan, termasuk produk baru berbahan PET (*Polyethylene Terephthalate*), baik untuk produk makanan ataupun bukan seperti bahan kain, sepatu, koper, karpet, rak, panel pintu dan banyak lagi.

Polietilena tereftalat (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari kelompok poliester. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi *thermoforming*, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET merupakan salah satu bahan mentah terpenting dalam kerajinan tekstil.

Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dapat berwujud padatan *amorf* (transparan) atau sebagai bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan riwayat termalnya. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dengan air sebagai produk sampingnya. Monomer PET (*Polyethylene Terephthalate*) juga dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi etilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai hasil samping. Polimer PET (*Polyethylene*

*Terephthalate*) dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang).

### 2.3 Oli

Oli adalah pelumas kendaraan bermotor untuk mencegah karat dan mengurangi gesekan. Oli dihasilkan dari hasil distilasi minyak bumi pada suhu antara 350-500°C. Oli berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan.

Berdasarkan sumber dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas (Ditjen Migas), konsumsi minyak oli di Indonesia, baik untuk otomotif maupun mesin-mesin industri mencapai 650 juta liter per tahun dengan peningkatan sekitar 7-10 persen per tahun. Dengan asumsi oli yang terbakar atau terbuang dalam pemakaian mencapai 20%, maka dalam satu tahun diperoleh *supply* oli bekas sebesar 520 juta liter per tahun atau 1.420 kiloliter per hari. (Wahyu Purwo Raharjo, 2009).



**Gambar 11. Oli Motor**

( Sumber : Wikipedia, 2014 )

Minyak pelumas (oli) dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu pelumas mineral, pelumas organik, dan pelumas sintetis. Pelumas mineral merupakan pelumas yang berasal dari hasil pengilangan minyak bumi berupa jenis parafinik (*parafinic base*) dan nafthenik (*naphtenic base*). Pelumas organik, yaitu pelumas

yang minyak dasar penyusunnya berasal dari jenis tumbuh-tumbuhan, seperti minyak dari tumbuhan jarak yang disebut dengan minyak jarak (*Castrol Oil*). Pelumas sintetis adalah pelumas yang bahan dasarnya dari proses sintesa hidrokarbon (misalnya *Poly Alpha Olefin*), golongan ester atau golongan *alkhylated naphtalen*. (Misriyanto, 2009).

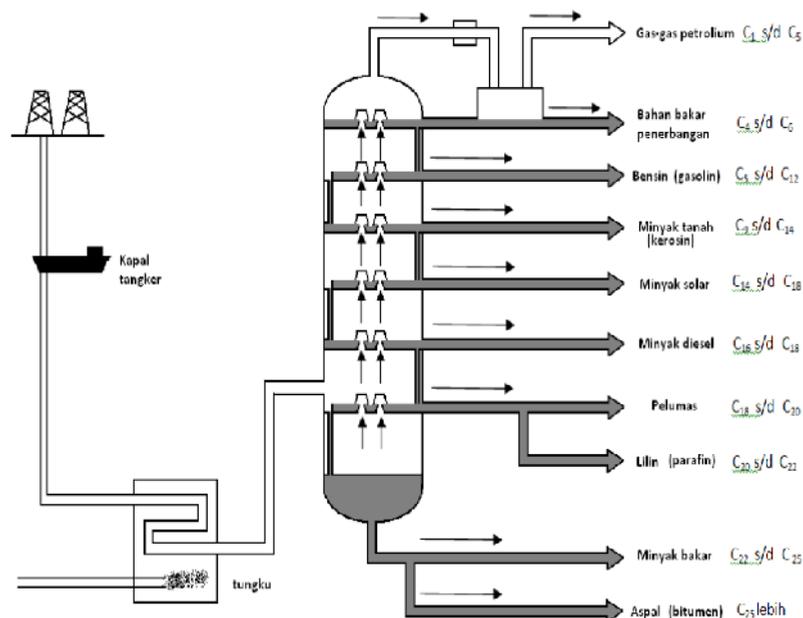
### 2.3.1 Fraksi Minyak Bumi

Minyak mentah mengandung sekitar 500 jenis hidrokarbon dengan jumlah atom C-1 hingga C-50. Pengolahan minyak bumi dilakukan melalui distilasi bertingkat, dimana minyak mentah dipisahkan ke dalam kelompok-kelompok dengan titik didih yang mirip. Hal tersebut dilakukan karena titik didih hidrokarbon meningkat seiring dengan bertambahnya atom karbon (C) dalam molekulnya.

Mula mula minyak mentah dipanaskan pada suhu sekitar 400°C. Setelah dipanaskan kemudian di alirkan ke menara fraksionasi/destilasi. Di menara inilah terjadi proses destilasi, yaitu proses pemisahan larutan dengan menggunakan panas sebagai pemisah. Syarat utama agar terjadinya proses destilasi adalah adanya perbedaan komposisi antara fase cair dan fase uap. Dengan demikian apabila komposisi fase cair dan face uap sama maka proses destilasi tidak mungkin dilakukan. Proses destilasi pada kilang minyak bumi merupakan pengolahan secara fisika yang primer sebagai awal dari semua proses memproduksi BBM (Bahan Bakar Minyak).

Distilasi merupakan cara pemisahan campuran komponen-komponen zat berdasarkan perbedaan titik didih, proses ini dikerjakan dengan menggunakan kolom atau menara distilasi. Minyak mentah dimasukan kedalam tangki, kemudian di panaskan kurang lebih 350°C – 370°C, kemudian minyak yang menguap bergerak ke atas melalui *bubble cups*, sedangkan minyak cair turun ke bawah. Komponen yang titik didihnya lebih tinggi akan tetap berupa cairan dan akan mengalir turun ke bawah, sedangkan yang titik didihnya lebih rendah akan menguap naik ke atas. Semakin keatas suhu di dalam menara fraksionasi itu semakin rendah. Dengan demikian, setiap kali komponen dengan titik didih lebih

tinggi naik, akan mengembun dan terpisah, sedangkan komponen dengan titik didih lebih rendah akan terus naik ke bagian yang lebih atas lagi. Fraksi minyak mentah yang tidak menguap menjadi residu. Residu dari hasil pemisahan minyak bumi diantaranya paraffin, lilin, dan aspal. Residu-residu ini mempunyai rantai karbon berjumlah lebih besar dari 20. Hasil-hasil dari pemisahan minyak mentah tersebut diperoleh fraksi-fraksi minyak bumi, diantaranya gas alam, petrol eter, ligroin, bensin, minyak tanah, solar, minyak pelumas, lilin, dan aspal. Fraksi-fraksi yang dihasilkan pada berbagai temperatur pemisahan, ada yang berwujud gas, cair, dan padat.



**Gambar 12. skema penyulingan minyak**

(Sumber : Wikipedia, 2014)

### 2.3.2 Sifat Fisika Kimia Oli

Dalam pembuatan oli (pelumas) tidak akan terlepas dari karakteristik sifat tersebut, seperti faktor *ekstern* dan *intern* yang dapat mempengaruhi fungsi oli (pelumas). Faktor-faktor tersebut, yaitu:

- a. *Specific Gravity*. *Specific Gravity* (SG) adalah suatu nilai perbandingan berat jenis antara minyak dengan air yang mempunyai volume sama pada suhu tertentu. Pada umumnya nilai SG suatu pelumas, yaitu 1.
- b. *Viscosity Kinematic*. *Viscosity kinematic* adalah ukuran besarnya tahanan laju alir antara minyak dan permukaan. Makin kental minyak, maka laju aliran pada permukaan akan semakin lambat atau gaya geser/gesek antara pelumas dan permukaan akan makin besar. *Viscosity kinematic* yang baik adalah penyesuaian untuk mencapai sirkulasi pelumas yang lancar dalam arti tenaga luar yang diperlukan kecil dengan kedua permukaan yang dilumasi tetap dapat bebas bergerak.
- c. *Viscosity Index*. *Viscosity Index* adalah ukuran yang menunjukkan kemampuan pelumas untuk dapat bertahan atau mempertahankan kekentalan terhadap perubahan temperatur selama proses kerja pelumas dalam mesin. Semakin tinggi nilai dari *Viscosity Index* suatu pelumas, maka pelumas tersebut akan semakin baik/stabil tingkat kekentalannya terhadap perubahan suhu lingkungan.
- d. *Flash Point*. *Flash Point* merupakan suatu titik temperatur terendah dimana pelumas sudah dapat terbakar oleh adanya letupan bunga api. Tujuan dari pengukuran *flash point* suatu pelumas adalah untuk *safety precaution* atau untuk mengetahui kondisi yang sesuai untuk pemakaian minyak pelumas tersebut.
- e. *Pour Point*. *Pour Point* adalah temperatur terendah dimana pelumas masih dapat mengalir pada kondisi tersebut. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui kemampuan mengalir pelumas pada temperatur rendah yang berhubungan dengan daerah temperatur minimum pemakaian atau kondisi kerja dari pelumas tersebut.
- f. *Total Base Number*. *Total Base Number* (TBN) merupakan kemampuan pelumas untuk dapat menetralkan asam kuat (sulfat) yang terjadi dari proses pembakaran dalam silinder, begitu pula dalam pendinginan gas hasil pembakaran tidak menyebabkan korosi di dinding/permukaan silinder, piston, ring dan lainnya. Angka TBN pada minyak bekas akan lebih rendah

dari pada pelumas baru karena sebagian besar telah digunakan untuk menetralsir asam-asam yang terbentuk atau untuk menghancurkan kotoran. Dengan mengukur minyak TBN dapat ditentukan masih dapat/tidaknya pemakaian pelumas.

- g. *Foaming Tendency*. *Foaming Tendency* adalah angka yang menunjukkan kecenderungan pelumas untuk berbusa pada saat pelumas mengalami sirkulasi/kocokan per jamnya. Timbulnya busa ini akan sangat mempengaruhi penurunan kualitas pelumas dan dapat membahayakan bearing. Pelumas yang baik adalah pelumas yang tidak berbusa dan juga dapat memisahkan diri dari udara/oksigen atau mengurangi oksigen pelumas. (Misriyanto, 2009).

### 2.3.3 Kandungan Oli

Kualitas oli yang baik tidak hanya didapatkan dengan cara proses pengolahan maupun pemurnian (purifikasi), tetapi perlu ditambahkan bahan-bahan kimia tertentu yang lebih dikenal dengan aditif. Aditif yang ditambahkan ke dalam minyak pelumas bertujuan untuk memperbaiki kualitas minyak pelumas. Penambahan aditif dalam minyak pelumas ini berbeda-beda, disesuaikan dengan kondisi, temperatur, dan kerja dari mesin itu sendiri. Berikut ini adalah jenis-jenis aditif yang biasa digunakan:

- Deterjen

Merupakan aditif dalam bentuk ikatan kimia yang memberikan kemampuan mengurangi timbulnya deposit dari ruang bakar maupun dari bagian mesin lainnya. Minyak pelumas yang diberi aditif ini bekerja untuk mesin yang beroperasi pada temperatur tinggi. Jenis deterjen yang digunakan adalah sulfonat, fosfonat, dan fenat.

- Dispersan

Aditif yang bekerja pada temperatur rendah yang berfungsi untuk menghalangi terbentuknya lumpur atau deposit di dalam ruang mesin. Aditif ini cocok digunakan pada mesin-mesin mobil kendaraan pribadi yang sering berhenti dan berjalan.

- Antioksidan

Karena lingkungan kerja, minyak pelumas sering berhubungan (kontak) dengan udara luar pada temperatur dan kondisi kerja tinggi. Minyak pelumas juga kontak dengan logam atau bahan kimia yang bersifat sebagai katalisator oksidasi. Karena hal di atas, minyak pelumas akan mengalami sederetan reaksi oksidasi yang dapat menurunkan viskositas minyak pelumas. Untuk itu, antioksidan diberikan untuk mengurangi peroksida. Bahan-bahan kimia yang digunakan adalah sulfida, fosfit, disulfida, selenida dan zink ditiofosfat.