

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

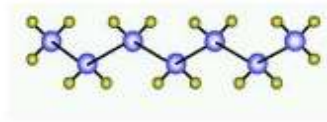
### **2.1 Plastik**

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi adalah proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya. Penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik.

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan termosetting. Thermoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan termosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (UNEP, 2009). Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis-jenis plastik yang paling sering diolah adalah polyethylena (PE), polypropylene (PP), polistirena (PS), polyethylene terephthalate (PET) dan polyvinyl chloride (PVC). (Kumar, dkk, 2011).

### 2.1.1 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang



**Gambar 2.1** Struktur Termoplastik-1  
( Sumber: google.com )

### 2.1.2 Polimer *Thermosetting*

Polimer *thermosetting* adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termosetting pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Perbedaan Termoplastik dan Termosetting

<b>Polimer Termoplastik</b>	<b>Polimer Termosetting</b>
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

( Sumber: Kumar, dkk, 2011)

## 2.2 Karakteristik Polietilena

Polietilena adalah plastik yang paling sederhana dan juga paling murah. Selain itu tidak berbau, tidak berwarna dan tidak beracun. Oleh karena itu, polietilena (disingkat PE) (IUPAC: Polietena) adalah termoplastik yang digunakan secara luas oleh konsumen produk sebagai kantong plastik banyak digunakan untuk pembungkus makanan, kantong plastik, jas hujan, ember, panci, dan sebagainya. Sekitar 60 juta ton plastik jenis polietilena diproduksi setiap tahunnya. Secara kimia, PE sangat inert dan tidak larut dalam larutan apapun dalam suhu kamar, tetapi dapat mengembang dalam cairan hidrokarbon (seperti: minyak tanah, bensin) & karbon tetraklorida. Selain itu, PE tahan terhadap asam (seperti: cuka, air aki) dan basa (NaOH, Deterjen) tetapi rusak oleh asam nitrat pekat yaitu lebih dari 86 %.



**Gambar 2.2** Molekul penyusun Poly Ethilene (Winata,2010).

Jika PE dipanaskan secara kuat maka ikatannya menjadi silang, diikuti pemutusan ikatan secara acak pada suhu lebih tinggi, tapi tidak terjadi pada depolimerisasi. Depolimerisasi adalah upaya untuk mendapatkan kembali senyawa dasar polimer plastik. Karena ikatan itulah, PE di bedakan menjadi dua jenis : LDPE (Low Density Polyethelene) dan HDPE (High Density Polyethelene). LDPE bersifat lebih plastis, ikatannya tidak rapat dan rantainya bercabang. Sedangkan HDPE bersifat kaku, ikatannya rapat dan rantainya lurus. Maka, dapat di ilustrasikan melalui tabel –tabel berikut :

**Tabel 2.2** Sifat Fisik dan Kimia Polietilena ( antara LDPE dengan HDPE )

SIFAT KIMIA	POLIETILENA	
	HDPE	LDPE
Molekul rapat	√	X
Rantai bercabang	X	√
Rantai lurus	√	X
<b>CONTOH PRODUK</b>	Alat Dapur	Plastik ES
SIFAT FISIK	POLIETILENA	
	HDPE	LDPE
Mudah dipatahkan	X	√
Tidak pecah	√	√
Dapat dilipat	X	√
Tenggelam dalam air	√	X
Lunak karena pemanasan	X	√
Buram/ warna putih susu	√	X
Titik leleh rendah	X	√
Plastis	X	√
Kaku	√	X
<b>LOGO DAUR ULANG</b>		

Sumber : UNEP, 2009

Berdasarkan Tabel 2.2 dan Gambar 2.2 didapatkan bahwa PE memiliki rantai molekul yang lurus. Selain itu didapatkan sifat fisik dan kimia dari plastik Poly ethilen. Pada Tabel 2.3 didapatkan pula sifat fisik dan kimia polyetilene. Jadi perbedaan LDPE dan HDPE terletak pada densitas nya. Polietilena dibentuk melalui proses polimerisasi, yaitu upaya pembentukan plastik dari etena. Polietilena bisa diproduksi melalu proses polimerisasi radikal (disebabkan karena adanya radikal bebas berupa elektron), polimerisasi adisi anionik, polimerisasi ion koordinasi, atau polimerisasi adisi kationik. Setiap metode menghasilkan tipe polietilena yang berbeda. Monomernya, yaitu etena, di peroleh dari hasil perengkahan (*cracking*) minyak atau gas bumi (Mustofa K, 2014). Berikut adalah sifat fisik dan kimia Poly Ethilene:

**Tabel 2.3** Sifat Fisik dan Kimia Poly Ethilene

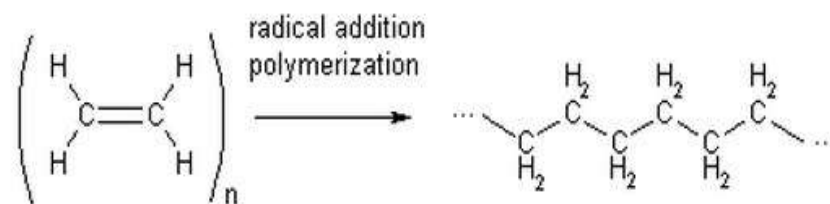
Sifat Fisik	Sifat Kimia
Wujud : Solid	Bau : TakBerbau
Titik Lebur : 98~111°C	Titik Nyala > 340 °C
Temperatur Spontan: 340°C	Rantai Kimia Lurus
Densitas: 0.910 ~ 0.930	Kelarutan dalam air Tidak larut

Sumber : USI Corporation

## 2.3 Penggolongan Plastik pada Industri

### 2.3.1 Low Density Polyethylene (LDPE)

LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya adalah  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{)}_n$ . Dia adalah resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya. LDPE dapat dijumpai pada tas plastik, botol, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer.

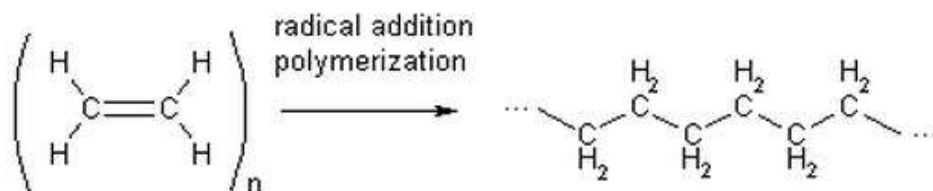


**Gambar 2.3** Rantai *Polyethylene* (LDPE)

( Sumber: Kirk-Othmer,2010)

### 2.3.3. High Density Polyethylene (HDPE)

HDPE adalah *High Density Polyethylene* – resin yang liat, kuat dan kaku yang berasal dari minyak bumi, yang sering dibentuk dengan cara meniupnya. Rumus molekulnya adalah  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{)}_n$ . HDPE dapat ditemukan pada cerek susu, botol detergen, botol obat, botol oli mesin, botol shampo, kemasan jus, botol sabun cair, kemasan kopi dan botol sabun bayi.



**Gambar 2.4** Rantai *Polyethylene* (HDPE)

( Sumber: Kirk-Othmer,2010)

## 2.4 Sifat Termal Bahan Plastik

Titik lebur ( $T_m$ ), temperatur transisi ( $T_g$ ) dan temperatur dekomposisi, bisa dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.4** Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik

Jenis Bahan	$T_m$ (°C)	$T_g$ (°C)	Temperatur Kerja Maksimum (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS	-	110	85
PS	-	90	70
PMMA	-	100	85
PC	-	150	246
PVC	-	90	71

( Sumber: Singh, dkk, 2017 )

## 2.5 Metode *Cracking* ( Pemecahan Rantai Polimer)

a) Pirolisis yaitu pemanasan dalam kondisi bebas oksigen mengurai senyawa organik dari suatu bahan menjadi produk cair dan gas dengan melepaskan ikatan bahan-bahan anorganik yang terikat. Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* plastik dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Terdapat tiga jenis proses *cracking* yaitu *hydrocracking*, *thermalcracking* dan *catalyticcracking*(Panda, 2011).

b) *Hydrocracking* merupakan proses perengkahan dengan cara mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423-673 K dan tekanan hidrogen 3-10 MPa. Proses *hydrocracking* berlangsung dengan bantuan katalis. Untuk membantu proses pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut *1-methyl naphthalene*, tetralin dan decalin. Beberapa katalis

yang sudah diteliti antara lain alumina, *amorphous silica alumina*, *zeolite* dan *sulphate zirconia* (Surono, 2013)

c) *Catalytic Cracking* Menurut Trisunaryanti (2014) dikutip dari Sihombing dkk (2017), reaksi *catalytic cracking* atau perengkahan katalitik adalah reaksi perengkahan menggunakan katalis (katalis heterogen) sebagai material yang mampu mempercepat laju reaksi untuk mencapai kesetimbangan dan menghasilkan produk akhir reaksi melalui mekanisme pembentukan ion karbonium. Ion karbonium yang sudah terbentuk dapat mengalami pemutusan rantai pada posisi beta untuk membentuk olefin dan ion karbonium baru (Sadeghbeigi, 2000).

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan yang terjadi pada proses mekanisme reaksi katalitik (Nasikin dan Susanto, 2010):

1. Difusi eksternal, yaitu reaktan berdifusi ke permukaan katalis.
2. Difusi internal, yaitu reaktan berdifusi ke dalam rongga-rongga katalis menuju permukaan aktif katalis.
3. Adsorpsi, yaitu proses dimana reaktan terserap secara kimia ke permukaan aktif katalis.
4. Terjadinya reaksi pada sisi aktif katalis sehingga reaktan terkonversi menjadi produk.
5. Desorpsi, yaitu proses dimana produk terlepas dari permukaan katalis.

## 2.6 Katalis

a) Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti *klinoptilolit*, *mordenit*, *phillipsit*, *chabazit* dan *laumontit*. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, diantaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Keberadaan pengotor-pengotor tersebut dapat mengurangi aktivitas dari zeolit. Untuk memperbaiki karakter zeolit alam sehingga dapat digunakan sebagai katalis, absorben, atau aplikasi lainnya, biasanya dilakukan aktivasi dan modifikasi terlebih dahulu. Selain untuk menghilangkan pengotor-pengotor yang terdapat pada zeolit alam, proses

aktivasi zeolit juga ditujukan untuk memodifikasi sifat-sifat dari zeolit, seperti luas permukaan dan keasaman. Luas permukaan dan keasaman yang meningkat akan menyebabkan aktivitas katalitik dari zeolit meningkat. Salah satu kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi (Yuanita, 2010).

#### 2.6.1 Sifat-Sifat Kimia dan Fisika Zeolit Alam

Menurut Halimantun Hamdan (1992) dikutip dari Yuanita (2010) bahwa zeolit merupakan suatu mineral berupa kristal silika alumina yang terdiri dari tiga komponen yaitu kation yang dapat dipertukarkan, kerangka alumina silikat dan air. Air yang terkandung dalam pori tersebut dapat dilepas dengan pemanasan pada temperatur 300-400 °C. Pemanasan pada temperatur tersebut, air dapat keluar dari pori-pori zeolit sehingga zeolit dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Sutarti, 1994). Jumlah air yang terkandung dalam zeolit sesuai dengan banyaknya pori atau volume pori. Zeolit banyak ditemukan dalam batuan. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit-unit tetrahedral  $\text{AlO}_4^{2-}$  dan  $\text{SiO}_4^-$  yang saling berhubungan melalui atom O dan di dalam struktur  $\text{Si}^{4+}$  dapat diganti dengan  $\text{Al}^{3+}$ . Ikatan Al-O-Si membentuk struktur kristal sedangkan logam alkali atau alkali tanah merupakan sumber kation yang dapat dipertukarkan (Sutarti, 1994).

#### 2.6.2 Selektivitas Zeolit Alam

Smith (1992) dikutip dari Yuanita (2010) mengemukakan bahwa kation-kation dalam kerangka zeolit dapat ditukar dan disubstitusi tanpa merubah struktur kerangka (isomorfis) dan dapat menimbulkan gradien medan listrik dalam kanal-kanal dan ruangan-ruangan zeolit. Gradien ini akan dialami semua adsorbat yang masuk ke pori zeolit, karena kecilnya diameter pori yang ukurannya beberapa angstrom. Sebagai akibatnya kelakuan-kelakuan zat teradsorpsi seperti tingkat disosiasi, konduktivitas dan lain-lain akan berbeda dari kelakuan zat yang bersangkutan dalam keadaan normalnya.

Molekul yang polar (mis: amoniak atau air) akan berinteraksi lebih kuat dengan gradien medan elektronik intrakristal, dibanding molekul-molekul non polar. Zeolit yang banyak mengalami substitusi kerangka



isomorfis, sehingga cenderung memilih molekul-molekul yang polar untuk diadsorpsi. Sebaliknya molekul-molekul non polar akan diserap oleh zeolit dengan rasio Si/Al tinggi (Yuanita, 2010)

## **2.7 Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis**

Menurut (Udyani, 2018) faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis adalah:

### **1. Kadar Air**

Adanya air dalam bahan yang dipirolisis mempengaruhi proses pirolisis karena kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Energi dari luar yang seharusnya digunakan untuk proses pirolisis digunakan sebagian untuk proses pengeringan kadar air bahan. Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis.

### **2. Ukuran partikel**

Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun. Konsentrasi dari volatil dan gas meningkat sampai dengan nilai tertentu dan kemudian menurun sesuai dengan kenaikan ukuran partikel. Seiring dengan kenaikan ukuran partikel maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pirolisis pada temperatur tertentu juga akan meningkat (Chaurisia & Babu, 2005).

### **3. Laju pemanasan**

Menurut Besler & William (1996), ketika laju pemanasan dinaikkan maka padatan pada proses pirolisis akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200°C dan 400°C adalah CO dan CO<sub>2</sub>. Ketika laju pemanasan meningkat maka gas CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub> akan meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju pemanasan yang lebih tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon, begitupula dengan minyak akan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan.

### **4. Temperatur**

Temperatur merupakan faktor yang penting dalam menghasilkan produk pada proses pirolisis. Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil gas yang dihasilkan semakin banyak. Hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun, sedangkan hasil padatan cenderung rendah. Semakin tinggi temperatur nilai kalor untuk hasil gas akan meningkat (Encinar, 2009). Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk oil yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai yang panjang dan sedang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek, maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi (Basu, 2010).

#### 5. Bahan

Jenis plastik bahan baku juga mempengaruhi distribusi produk. Pada jenis termoplastik pada umumnya, hasil produk cairan adalah 80 % atau lebih, dimana  $PS > PP > PE$ . Plastik dengan struktur polisiklik mempunyai hasil cairan dan padatan yang lebih banyak dibandingkan plastik yang mempunyai struktur poliolefinik

#### 6. Komposisi bahan uji

Pada setiap penambahan material plastik didalam proses pirolisis menghasilkan suatu peningkatan kandungan hidrogen didalam hasil minyaknya dibandingkan pada proses pirolisis tanpa bahan plastik. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi yang berbeda dari bahan yang diperlukan untuk proses pirolisis menghasilkan hasil kandungan minyak yang berbeda (Bhattacharya, 2009).

### **2.8 Produk Hasil pirolisis**

Pirolisis adalah proses degradasi termal bahan-bahan polimer seperti plastik maupun material organik seperti biomassa dengan pemanasan tanpa melibatkan oksigen di dalamnya. Produk dari pirolisis ini terdiri dari fraksi

gas, cair dan residu padatan. Pada suhu tertentu, plastik akan meleleh dan kemudian berubah menjadi gas. Pada saat proses tersebut, rantai panjang hidrokarbon akan terpotong menjadi rantai pendek. Selanjutnya proses pendinginan dilakukan pada gas tersebut sehingga akan mengalami kondensasi dan membentuk cairan. Cairan inilah yang nantinya menjadi bahan bakar, baik berupa bensin maupun bahan bakar diesel (Syamsiro, 2015)

Bahan bakar yang dihasilkan dari hasil pirolisis dapat diidentifikasi berdasarkan karakteristiknya. Adapun karakteristik yang perlu diperhatikan dalam menentukan jenis bahan bakar yang dihasilkan yaitu massa jenis, viskositas dan nilai kalor bahan bakar tersebut.

### 1. Massa jenis

Massa jenis atau densitas adalah kerapatan suatu zat, yaitu perbandingan massa dengan volume zat tersebut. Densitas suatu zat dapat ditentukan dengan menimbang massa zat dalam volume tertentu. Semakin besar massa zat tersebut maka massa jenisnya akan semakin besar juga. Semakin tinggi berat jenis suatu zat, maka semakin tinggi titik didih zat tersebut, dan semakin sulit menjadi uap. Tentunya menjadi semakin sulit bereaksi dengan oksigen, dalam arti memerlukan suhu lingkungan yang tinggi untuk terjadi campuran gas dengan oksigen.

Penentuan massa jenis zat cair dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Sumber: Qurratul'uyun, 2017})$$

dimana :

$\rho$  = Massa jenis (kg/l)

m = Massa minyak

v = Volume minyak (liter)

### 2. Viskositas

Viskositas adalah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu gesekan dalam fluida karena adanya gaya

kohesi maupun adhesi. Gesekan internal di dalam fluida dinyatakan dengan besaran viskositas atau kekentalan dengan satuan *poise*. Jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida. Viskositas bahan bakar mempunyai pengaruh yang besar terhadap bentuk dari semprotan bahan bakar. Di mana untuk bahan bakar dengan viskositas yang tinggi akan memberikan atomisasi yang rendah sehingga memberikan hasil mesin sulit distart dan gas buang yang berasap. Jika viskositas bahan bakar rendah akan terjadi kebocoran pada pompa bahan bakarnya dan mempercepat keausan pada komponen pompa dan injektor bahan bakar

Pengukuran viskositas zat cair dapat dilakukan dengan menggunakan viskometer oswald. Pengukuran dengan viskometer oswald adalah dengan cara membandingkan dua jenis fluida yaitu aquadest dengan zat cair lainnya. Keduanya memiliki volume yang sama dan mengalir melalui pipa yang ukurannya sama. Karena kedua zat alir memiliki volume yang sama tetapi kekentalannya berbeda, maka debit keduanya juga berbeda. Dengan demikian waktu yang diperlukan untuk mengalirkan *aquadest* dan zat cair tersebut dengan volume yang sama juga berbeda. Sehingga persamaannya didapatkan :

Rumus perhitungan Viskositas yaitu:

a. Viskositas Dinamik

$$\mu = k (\rho_b - \rho_f)t \quad (\text{Sumber: Panduan Viskositas Lab. KAI POLSRI})$$

Dimana :

$\mu$  = Viskositas dinamik (mPa.s)

$k$  = Konstanta Bola (mPa.s.cm<sup>3</sup>/gr.s)

$\rho_b$  = Densitas dari Bola (gr/cm<sup>3</sup>)

$\rho_f$  = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm<sup>3</sup>)

$t$  = Waktu rata-rata (s)

b. Viskositas Kinematik

$$v = \frac{\mu}{\rho_{BBC}} \quad (\text{Sumber: Panduan Viskositas Lab. KAI POLSRI})$$

Dimana :

$v$  = Viskositas Kinematik (cSt)

$\mu$  = Viskositas dinamik (mPa.s)

$\rho_{BBC}$  = Densitas Bahan bakar cair (gr/cm<sup>3</sup>)

### 3. Titik Nyala dengan menggunakan Metode ASTM D-93

Titik nyala merupakan temperature dimana timbul sejumlah uap dengan udara membentuk suatu campuran yang mudah menyala (Qurratul'uyun, 2017). Titik nyala suatu bahan bakar menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan, penanganan, dan transportasi. Titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan suatu bahan bakar untuk terbakar (Setiawati & Edwar, 2012).

### 4. Analisa Senyawa Kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis. Kromatografi gas berfungsi sebagai pemisah komponen dalam suatu senyawa, sedangkan spektrometri massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan pada kromatografi gas (Agusta, 2000 dalam Qurratul'uyun, 2017). Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang dianalisis dengan waktu retensi zat pembanding pada kondisi analisis yang sama. Sementara untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan relative dari luas puncak kromatogram komponen yang

dianalisis terhadap zat baku pembanding yang dianalisis (Mc Nair, 1998; Johnson, 1997 dalam Qurratul'uyun, 2017)

## 2.9. Bahan Bakar Cair (BBC)

Bahan bakar minyak merupakan jenis bahan bakar cair yang strukturnya tidak rapat. Bahan bakar minyak yang biasa dipakai dalam industri, transportasi, dan rumah tangga adalah jenis bahan bakar yang berasal dari fraksi minyak bumi. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral. Dengan kemudahan penggunaan, ditambah dengan efisiensi thermis yang lebih tinggi, serta penanganan dan pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia energi semakin meningkat. Secara teknis, bahan bakar cair merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan.

Beberapa jenis bahan bakar minyak adalah sebagai berikut :

- a. Bahan Bakar Bensin
- b. Bahan Bakar Solar
- c. Kerosin

### 2.9.1 Bahan Bakar Bensin

Bensin atau *gasoline* (Amerika) atau *petrol* (Inggris) merupakan jenis bahan bakar minyak yang biasanya digunakan pada kendaraan bermotor roda dua, tiga, dan empat. Bensin dibuat dari minyak mentah, cairan berwarna hitam yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut dengan *petroleum*. Cairan ini mengandung hidrokarbon, atom-atom karbon dalam minyak mentah ini berhubungan satu dengan yang lainnya dengan cara membentuk rantai yang panjang. Secara sederhana, bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus, mulai dari C<sub>7</sub> (heptana) sampai dengan C<sub>11</sub>. Dengan kata lain, bensin terbuat dari molekul yang hanya terdiri dari hidrogen dan karbon yang terikat antara satu dengan yang lainnya sehingga membentuk rantai.

Bahan bakar bensin memiliki jenis yang berbeda dan tentunya memiliki mutu atau perilaku (performance) yang berbeda. Mutu bensin dipergunakan dengan istilah bilangan oktan (*Octane Number*). Nama oktan berasal dari oktana (C<sub>8</sub>), karena dari seluruh molekul penyusun bensin, oktana yang memiliki sifat kompresi paling bagus. Bilangan Oktan adalah angka yang menunjukkan seberapa besar tekanan yang bisa diberikan sebelum bensin terbakar secara spontan. Di dalam mesin, campuran udara dan bensin (dalam bentuk gas) ditekan oleh piston sampai dengan volume yang sangat kecil dan kemudian dibakar oleh percikan api yang dihasilkan busi. Karena besarnya tekanan ini, campuran udara dan bensin juga bisa terbakar secara spontan sebelum percikan api dari busi keluar. Jika campuran gas ini terbakar karena tekanan yang tinggi (dan bukan karena percikan api dari busi), maka akan terjadi *knocking* atau ketukan di dalam mesin. *Knocking* ini akan menyebabkan mesin cepat rusak, sehingga sebisa mungkin harus dihindari.

Berikut ini merupakan beberapa jenis bensin berdasarkan perbedaan bilangan oktan :

a. Bahan Bakar Bensin Jenis 88 (Premium)

Bahan bakar premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan jernih yang didalamnya terdapat kandungan oktan 88 dan menggunakan pewarna dye serta menghasilkan NO<sub>x</sub> dan CO<sub>x</sub> dalam jumlah banyak. Spesifikasi bahan bakar premium dapat dilihat pada tabel 2.5.

**Tabel 2. 5 Spesifikasi Bahan Bakar Bensin RON 88 (Premium)**

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min	Max	
Angka Oktana Riset	RON	88	-	D 269
Stabilitas Oksidasi	menit	360	-	D 525
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622/D 4294/D 7039
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013	D 3237
		Injeksi imbal tidak diizinkan		
Kandungan Logam (Mn,Fe)	mg/l	tidak terlacak		D 3831/D 5185
Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7	D 4815/D 6839/D 5599
Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319/D 6839/D 6730
Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan		D 1319/ D 6839/ D 6730
Kandungan Benzene	% v/v	Dilaporkan		D 5580 / D 6839 / D 6730 / D 3606
Distilasi :				D 86
10% vol.Penguapan	°C	-	74	
50% vol.Penguapan	°C	75	125	
90% vol.Penguapan	°C	-	180	
Titik didih akhir	°C	-	215	
Residu	% vol		2	
Sedimen	mg/l	-	1	D 5452
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70	D 381
Washed Gum	mg/100 ml	-	5	D 381
Tekanan Uap	kPa	45	69	D 5191/ D 323
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770	D 4052/D 1298
Korosi bilah tembaga	Merit	Kelas 1tif		D 130
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002	D 3227
Penampilan Visual Bau Warna		Jernih dan terang Dapat dipasarkan Kuning		
Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13	

(Sumber : Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 933.K/10/DJM.S/2013)



b. Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)

Pertalite diluncurkan pada tanggal 24 Juli 2015, merupakan bahan bakar gasoline yang memiliki angka oktan 90 serta berwarna hijau terang dan jernih. Bahan bakar Pertalite memiliki kualitas yang lebih baik daripada bahan bakar Premium karena angka oktan pertalite yang lebih tinggi sehingga mampu menstabilkan knocking mesin kendaraan menjadi lebih optimal. Spesifikasi bahan bakar pertalite dapat dilihat pada tabel .

**Tabel 2.6 Spesifikasi Bahan Bakar Bensin Jenis 90 (Pertalite)**

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	90	-
Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
Kandungan Logam (Mangan (Mn), Besi (Fe))	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7
Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan	
Kandungan Aromatik	% v/v	Dilaporkan	
Kandungan Benzene	% v/v	Dilaporkan	
Distilasi :			
10% vol.Penguapan	°C	-	74
50% vol.Penguapan	°C	88	125
90% vol.Penguapan	°C	-	180
Titik didih akhir	°C	-	215
Residu	% vol	-	2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
Korosi bilah tembaga	Menit	Kelas 1	
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	
Bau		Dapat dipasarkan	
Warna		Hijau	
Kandungan pewarna	gr/100 l	-	0,13

(Sumber : Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0486.K/10/DJM.S/2017)

c. Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Pertamax Turbo merupakan bahan bakar bensin yang memiliki angka oktan 98 dan berwarna merah. Pertamax Turbo didesain untuk mesin berteknologi tinggi dengan minimum kompresi rasio 12:1 atau mesin kendaraan dengan *supercharger technology* dan *turbocharger technology*. Pertamax Turbo diformulasikan dengan *Ignition Boost Formula* yang membuat mesin lebih responsif pada pembakaran mesin dan membuat performa kendaraan menjadi sempurna. Spesifikasi pertamax turbo dapat dilihat pada table.

**Tabel 2. 7** Bahan Bakar Bensin Jenis 98 (Pertamax Turbo)

Karakteristik	Satuan	Batasan	
		Min	Max
Angka Oktana Riset	RON	98	-
Stabilitas Oksidasi	Menit	480	-
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05
Kandungan Timbal (Pb)	gr/l	-	0,013
		Injeksi timbal tidak diizinkan	
Kandungan Fosfor	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Logam (Mn, Fe)	mg/l	tidak terdeteksi	
Kandungan Silikon	mg/kg	tidak terdeteksi	
Kandungan Oksigen	%m/m	-	2,7
Kandungan Olefin	% v/v	-	-
Kandungan Aromatik	% v/v		40
Kandungan Benzene	% v/v		5
Distilasi :			
10% vol.Penguapan	°C	-	70
50% vol.Penguapan	°C	77	110
90% vol.Penguapan	°C	130	180
Titik didih akhir	°C	-	205
Residu	% vol		2
Sedimen	mg/l	-	1
Unwashed Gum	mg/100 ml	-	70
Washed Gum	mg/100 ml	-	5
Tekanan Uap	kPa	45	60
Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m <sup>3</sup>	715	770
Korosi bilah tembaga	Merit		Kelas 1
Uji Doctor			Negatif
Sulfur Merkaptan	% massa	-	0,002
Penampilan Visual		Jernih dan terang	

(Sumber : Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 0177.K/10/DJM.T/2018)

### 2.9.2 Bahan Bakar Solar

Minyak solar adalah suatu produk destilasi minyak bumi dengan titik didih antara 250°C sampai 350°C atau disebut juga middle destilat. Minyak solar digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, misalnya digunakan pada kendaraan bermotor seperti bus, truk, kereta api, dan traktor. Angka setana merupakan tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya suatu bahan bakar di dalam mesin diesel. Angka setana produk solar yang ada di pasaran adalah 48. Spesifikasi bahan bakar solar dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2. 8 Spesifikasi Bahan Bakar Solar**

Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji (ASTM)
		Min.	Maks.	
Bilangan Cetana	-	48	-	D 613
Indeks Setana	-	45	-	D 4737
Berat Jenis, 15 C	kg/m <sup>3</sup>	815	860	D 4052
Viskositas, 40 C	mm <sup>2</sup> /sec	2	4,5	D 445
Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35	D2622/D 5453
		-	0,3	
		-	0,25	
		-	0,05	
Distilasi 90 % vol.penguapan	°C	-	370	D 86
		52	-	D 93
		-	18	D 97
Residu Karbon	% m/m	-	0,1	D 4530/ D 189
Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 6304
Biological Growth	-	Nihil		
Kandungan FAME	% v/v	-	-	
Kandungan metanol	% v/v	Tak Terdeteksi		D 4815
Korosi Bilah Tembaga	Merit	-	Kelas 1	D 130
Kandungan Abu	% v/v	-	0,01	D 482
Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D 473
Bilangan Asam Kuat	mgKOH/gr	-	0	D 664
Partikulat	mg/l	-	-	D 2276
Penampilan Visual	-	Jernih & Terang		
Warna	No.ASTM	-	3	D 1500
Lubicity	Micron	-	460	D 6079

(Sumber : Keputusan Direktora Jendral Minyak dan Gas Bumi No: 28.K/10/DJM.T/2016)