

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 (Kumar dkk., 2011).

Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dibedakan menjadi dua yaitu polimer termoplastik (tidak tahan panas) dan polimer thermosetting (tahan panas).

2.1.1 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Bahan-bahan yang bersifat termoplastik mudah untuk diolah kembali. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah polimer plastik.

2.1.2 Polimer Termosetting

Polimer termosetting merupakan jenis plastik yang tidak dapat didaur ulang karena plastik jenis ini akan langsung mengeras dan menjadi arang jika dipanaskan. Sehingga tidak dapat dibentuk kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Jika polimer ini pecah, polimer ini tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi. Polimer termosetting memiliki ikatan-ikatan silang yang tidak mudah dibentuk pada waktu dipanaskan. Hal ini membuat

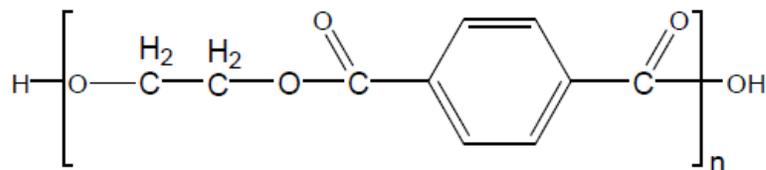
polimer menjadi kaku dan keras. Semakin banyak ikatan silang pada polimer ini, maka semakin kaku dan mudah patah. Bila polimer ini dipanaskan untuk kedua kalinya, maka akan menyebabkan rusak atau lepasnya ikatan silang antar rantai polimer. Contoh polimer termosetting adalah bakelit dan melamin.

2.2 Penggolongan Plastik pada Industri

Pada industri, plastik digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu, *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS) dan *others* (lainnya). Setiap jenis plastik tersebut memiliki kode angka yang berbeda yang menunjukkan jenis dari plastik tersebut.

2.2.1 Polyethylene Terephthalate (PET)

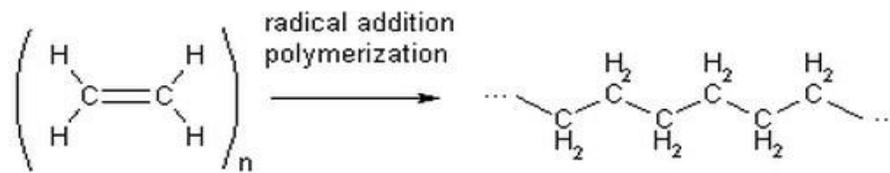
PET biasa ditemukan pada botol air mineral, botol soda, botol minyak sayur dan tempat plastik lainnya yang memiliki karakter berwarna jernih, transparan, tembus pandang. Penggunaan PET direkomendasikan hanya untuk sekali pakai. Kode plastik PET adalah angka 1. Adapun rantai hidrokarbon PET seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Rantai Polyethylene Terephthalate (PET)
(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

2.2.2 High Density Polyethylene (HDPE)

Plastik jenis HDPE banyak digunakan untuk botol detergen, botol pemutih, botol susu yang berkemasan putih pucat, tempat mentega, tempat yoghurt, tempat shampoo, dan tempat sabun. Karakter dari jenis plastik ini adalah kuat, keras, buram dan tahan terhadap suhu tinggi sehingga mampu mencegah reaksi kimia antara kemasan dengan makanan dan lebih aman digunakan. Kode plastik jenis HDPE adalah angka 2. Adapun rantai hidrokarbon HDPE seperti pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Rantai *Polyethylene* (HDPE)
(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

2.2.3 *Polyvinyl Chloride* (PVC)

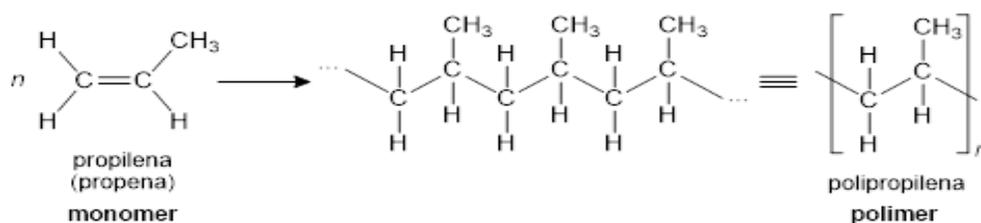
Jenis plastik ini banyak digunakan untuk pipa plastik, lantai, dan outdoor meubel. Plastik ini tidak dianjurkan untuk digunakan sebagai tempat makan karena menurut para ahli jenis plastik ini masuk dalam klasifikasi plastik yang dapat menyebabkan kanker. Kode plastik jenis PVC adalah angka 3. Rantai PVC dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rantai *Polyvinyl Chlorida* (PVC)
(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

2.2.4 *Polypropylene* (PP)

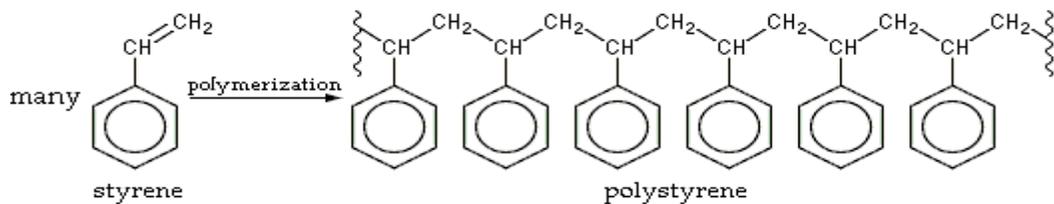
Polypropylene memiliki karakter yang kuat dan tahan terhadap temperatur yang tinggi. Jenis plastik ini banyak digunakan sebagai tempat makan, tutup botol, sedotan, dan botol saus. Bahan plastik jenis ini paling baik untuk wadah makanan dan minuman dan dapat digunakan berkali-kali karena sifatnya yang tahan lama. Kode plastik PP adalah angka 5. Rantai hidrokarbon PP dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Rantai *Polypropylene* (PP)
(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

2.2.5 Polystyrene (PS)

Plastik jenis ini banyak digunakan untuk tempat makan seperti *styrofoam*, *coffee cup*, dan sendok garpu plastik sekali pakai. Namun kemasan plastik berkode angka 6 ini dianjurkan untuk dihindari karena dapat membahayakan kesehatan dan sulit didaur ulang. PS mengandung bahan beracun yang diduga dapat mengakibatkan iritasi mata, masalah pencernaan, kanker dan kerusakan pada system saraf. Rantai karbon PS dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rantai *Polystyrene* (PS)

(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

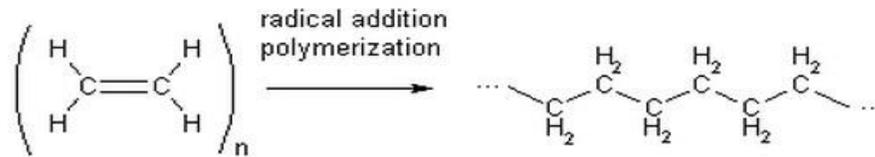
2.2.6 Other

Jenis plastik yang tergolong dalam *other* adalah SAN (*styrene acrylonitrile*), ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*poly carbonate*) dan *nylon*. Jenis plastik *other* banyak ditemui pada CD, alat-alat rumah tangga, dan alat-alat elektronik. Memiliki kode plastic yaitu angka 7.

2.2.7 Low Density Polyethylene (LDPE)

Plastik yang memiliki struktur paling sederhana adalah *polyethylene* (PE). Umumnya susunan molekul dari PE terdiri dari sekitar 1000 atom karbon di dalam tulang punggungnya. LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya adalah $(-CH_2-CH_2-)_n$. Dimana n adalah jumlah atau derajat dari polimerisasi. Kode dari plastik jenis ini adalah angka 4 yang bermakna plastik ini mudah didaur ulang dan aman untuk digunakan pada makanan atau minuman. Plastik jenis ini merupakan 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 dan wadah yang dicetak. Adapun rantai hidrokarbon dari *polyethylene* (LDPE) dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rantai *Polyethylene* (LDPE)
(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

Adapun sifat fisika dan kimia dari plastik jenis LDPE yaitu memiliki massa jenis antara 0,91 - 0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun larut dalam benzene dan *tetrachlorocarbon* (CCl₄) (Billmeyer, 1971 dalam Sari Permata Dian, 2014). Keunggulan plastik jenis polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikannya lebih baik. Selain itu, kelebihan plastik jenis ini adalah harganya murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya fleksibel, dan mudah didaur ulang.

2.3 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Suatu katalis berperan dalam reaksi tapi bukan sebagai pereaksi ataupun produk. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat atau memungkinkan reaksi pada suhu lebih rendah akibat perubahan yang dipicunya terhadap pereaksi. Katalis mengurangi energi yang dibutuhkan untuk berlangsungnya reaksi. Didalam industri, pemakaian katalis sangat penting karena dapat meningkatkan produk dan mengurangi biaya produksi.

2.3.1 Aluminium Oksida

Aluminium oksida (alumina) adalah katalis asam yang dapat digunakan dalam reaksi *catalytic cracking*. Di dalam katalis ini, senyawa kimia yang terdapat didalamnya adalah aluminium dan oksigen. Aluminium adalah sumber daya katalis. Senyawa ini diketahui merupakan isolator termal dan isolator listrik yang baik dan tahan terhadap suhu tinggi. Al_2O_3 memiliki luas permukaan yang besar (150-300 m^2/s), volume pori-pori 0,51 cm^3/g , diameter pori-pori yang besar (3-12 nm), kekerasan alam, relatif stabil pada suhu tinggi, mudah dibentuk dan memiliki titik leleh yang tinggi (2318°C). Karakteristik ini menyebabkan Al_2O_3 banyak digunakan sebagai katalis atau padatan pendukung katalis. Luas permukaan padatan katalis diperlukan dalam reaksi katalitik. Reaksi katalitik yang berlangsung pada permukaan mengalami peningkatan sebanding dengan luas permukaan katalis.

Secara umum alumina ditemukan dalam tiga fasa, yang dikenal sebagai γ , β dan α alumina. Ketiga fasa diatas diketahui memiliki sifat-sifat yang berbeda, sehingga memiliki aplikasi yang khas (unik). Beta alumina ($\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$) memiliki sifat tahan api yang sangat baik sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi keramik seperti pembuatan tungku furnace (Arribart and Vincent, 2001). Gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) banyak digunakan sebagai material katalis, contohnya dalam penyulingan minyak bumi (Knozinger and Ratnasamy, 1978) dan digunakan dalam bidang otomotif (Satterfield, 1980; Gate, 1995). Alfa alumina ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) mempunyai struktur kristal heksagonal dengan parameter kisi $a = 4,7588$ dan $c = 12,9910$ nm. Alfa alumina banyak digunakan sebagai salah satu bahan refraktori dari kelompok oksida, karena bahan tersebut mempunyai sifat fisik, mekanik dan termal yang sangat baik (Mirjalili dkk., 2011).

2.3.2 Sifat Kimia dan Fisika Aluminium Oksida

Aluminium Oksida (alumina) adalah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 . Secara alami, alumina terdiri dari mineral korundum dan memiliki bentuk Kristal. (Hudson dkk., 2002) Secara umum alumina sering dijumpai dalam bentuk Kristal. Struktur kristalnya yaitu trigonal. Oksigen pada

aluminium oksida struktur heksagonal ion aluminium yang mengisi $2/3$ celah oktahedral.

2.4 Pirolisis

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 ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Ada tiga macam proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Chen dkk., 2014).

2.4.1 *Hydro Cracking*

Hydrocracking adalah proses perekahan dengan mereaksikan plastik dengan hidrogen di dalam wadah tertutup yang dilengkapi dengan pengaduk pada temperatur antara 423 – 673 K dan tekanan hidrogen 3 – 10 MPa. Dalam proses *hydrocracking* ini dibantu dengan katalis. Untuk membantu pencampuran dan reaksi biasanya digunakan bahan pelarut *1-methyl naphtalene*, tetralin dan decalin. Beberapa katalis yang sudah diteliti antara lain alumina, *amorphous silica alumina*, *zeolite* dan *sulphate zirconia*.

2.4.2 *Thermal Cracking*

Thermal cracking adalah termasuk proses pirolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350 °C sampai 900 °C. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi.

2.4.3 *Catalytic Cracking*

Cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi pemecahan molekul besar menjadi molekul kecil. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur

dan waktu reaksi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumina, zeolite dan beberapa jenis lainnya seperti clay. Umumnya reaksi dari proses perengkahan katalitik menggunakan mekanisme perengkahan ion karbonium.

Osueke dan Ofundu (2011) melakukan penelitian konversi plastik *low density polyethylene* (LDPE) menjadi minyak. Proses konversi dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan *thermal cracking* dan *catalytic cracking*. Pyrolisis dilakukan di dalam tabung stainless steel yang dipanaskan dengan elemen pemanas listrik dengan temperatur bervariasi antara 475 – 600 °C. Kondenser dengan temperatur 30 – 35 °C, digunakan untuk mengembunkan gas yang terbentuk setelah plastik dipanaskan menjadi minyak. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah *silica alumina*. Dari penelitian ini diketahui bahwa dengan temperatur pirolisis 550 °C dan perbandingan katalis/sampah plastik 1:4 dihasilkan minyak dengan jumlah paling banyak.

2.5 Proses yang Terjadi di Reaktor

Proses pirolisis dilakukan menggunakan reaktor pirolisis dengan diameter 22 cm dan tinggi 45 cm. Limbah plastik yang digunakan adalah limbah plastik LDPE sebanyak 2 kg dengan katalis aluminium oksida sebanyak 80 gram. Bahan baku dicampurkan dan dimasukkan ke dalam reaktor. Reaktor dalam keadaan sedikit atau tanpa udara dipanaskan menggunakan burner selama 60 menit. Pada saat temperatur mencapai titik leleh plastik LDPE yaitu 115°C, plastik akan mencair dan rantai panjang hidrokarbon plastik akan terpotong menjadi rantai pendek. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis adalah arang (char), minyak dan gas. Pada pipa keluaran reaktor terdapat *pressure gauge* yang berfungsi untuk mengukur tekanan didalam reaktor. Ketika tekanan mencapai 7 Psi, *globe valve* akan dibuka secara perlahan. Gas akan naik ke atas menuju separator.

2.6 Sistem Kerja Separator

Separator adalah tabung bertekanan dan bertemperatur tertentu yang digunakan untuk memisahkan fluida berdasarkan fasenya. Separator yang digunakan berjenis separator *vertical* dengan diameter 11 cm dan tinggi 110 cm. Sistem kerja

dari separator pada pirolisis ini yaitu gas hasil proses dari reaktor menuju ke separator melalui *inlet* separator. Pada separator, gas akan naik keatas dan keluar melalui tiga pipa keluaran. Gas akan turun menuju kondenser dan dikondensasi menjadi minyak. Minyak pirolisis ini perlu dilakukan analisa GC-MS untuk mengetahui dengan pasti senyawa yang terkandung didalam minyak. Setelah mengetahui kandungan senyawa yang terdapat didalam minyak maka dapat diketahui jenis minyak tersebut.

2.7 Sistem Kerja Kondenser

Kondensor adalah alat penukar panas (*heat exchanger*) yang digunakan untuk mengkondensasikan atau mengubah fase gas menjadi cair. Pada proses pirolisis ini, jenis kondensor yang digunakan adalah *water condenser*. *Water condenser* memanfaatkan air sebagai media pendingin. Sistem kerja *water condenser* adalah gas panas dari separator mengalir melalui pipa menuju *water condenser*. Ketika gas panas mengenai air di dalam *water condenser*, gas panas akan berubah fase menjadi minyak. Air dan minyak pirolisis memiliki massa jenis yang berbeda, massa jenis air lebih besar dibandingkan massa jenis minyak sehingga air akan berada dibawah. Setelah gas panas dari pipa separator habis, minyak yang berada di dalam *water condenser* dapat dikeluarkan dengan cara membuka valve yang berada dibagian bawah *water condenser*. Valve ini terhubung dengan tube, air di dalam *water condenser* diisi sebelum mencapai ujung tube sehingga ketika valve dibuka maka yang keluar adalah minyak pirolisis.

2.8 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tidak rapat, jika dibandingkan dengan bahan bakar padat molekulnya dapat bergerak bebas. Gasoline, solar, kerosen adalah contoh bahan bakar cair. Bahan bakar cair yang biasa dipakai pada industri, transportasi maupun rumah tangga adalah fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran berbagai hidrokarbon yang termasuk dalam kelompok senyawa : parafin, naphtena, olefin, dan aromatik.

Dengan kemudahan penggunaan, penanganan serta pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia

energi semakin meningkat. Menurut data ESDM (2006) cadangan minyak Indonesia hanya tersisa sekitar 9 miliar barel. Apabila terus dikonsumsi tanpa ditemukannya cadangan minyak baru, diperkirakan cadangan minyak ini akan habis dalam dua dekade mendatang.

Beberapa kelebihan bahan bakar cair dibandingkan dengan bahan bakar padat antara lain :

- Kebersihan dari hasil pembakaran
- Menggunakan alat bakar yang lebih kompak
- Penanganan lebih mudah

Adapun kekurangan bahan bakar cair adalah harus menggunakan proses pemurnian yang kompleks.

2.8.1 Bensin

Bensin adalah fraksi minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar pada mesin dan kendaraan bermotor. Berbentuk cairan bening, agak kekuning-kuningan. Bensin juga dapat digunakan sebagai pelarut, terutama karena kemampuannya yang dapat melarutkan cat. Sebagian besar bensin tersusun dari hidrokarbon alifatik dan iso-oktana atau benzene untuk menaikkan nilai oktan. Bensin terdiri dari hidrokarbon rantai pendek antara C_4 sampai C_{10} . Standar dan mutu bensin 88 dapat dilihat pada tabel 2.1.

2.8.2 Kerosin

Minyak tanah atau disebut juga dengan kerosin merupakan bahan bakar yang diperoleh dengan cara distilasi bertingkat pada suhu 150°C - 275°C . Minyak ini tidak berwarna (jernih). Memiliki rantai karbon dari C_{11} sampai C_{15} . Selain digunakan sebagai bahan bakar lampu minyak dan kompor, namun sekarang penggunaan kerosin lebih diprioritaskan sebagai bahan bakar kendaraan bermesin jet atau roket. Standar dan mutu bahan bakar minyak jenis minyak tanah dapat dilihat pada tabel 2.2.

2.8.3 Solar

Solar adalah bahan bakar jenis destilat berwarna kuning kecoklatan jernih. Solar diperoleh dalam kolom destilat pada temperatur 250-340°C. Didalam solar terkandung 75% hidrokarbon jenuh (terutama *parafin* termasuk *n-parafin*, *isoparafin* dan *sikloparafin*) dan 25% hidrokarbon aromatik (*naftalena* dan *alkilbenzena*). Solar memiliki rantai hidrokarbon antara C₁₆ sampai C₂₀. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Standard dan mutu bahan bakar minyak jenis solar 48 dapat dilihat pada table 2.3.

2.9 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair perlu diketahui untuk tujuan penggunaan bahan bakar sehingga proses pembakaran dapat optimal.

2.9.1 Densitas

Densitas adalah ukuran kerapatan suatu zat yang dinyatakan dengan banyaknya zat (massa) per satuan volumes . Densitas suatu bahan tidak sama pada setiap bagiannya tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan. Satuan densitas adalah kg/m³. Pengukuran densitas minyak dapat dilakukan dengan menggunakan piknometer ukuran 25 ml dan timbangan digital.

Nilai densitas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

ρ = massa jenis cairan (gr/cm³)

m = massa cairan (gr)

v = volume cairan (cm³)

2.9.2 Viskositas (*Viscosity*)

Viskositas adalah angka yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan bakar cair untuk mengalir atau ukuran dari besarnya tahanan geser dari cairan. Semakin tinggi viskositasnya maka minyak semakin kental dan sulit mengalir. Nilai viskositas dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Viskositas Kinematik (v)} = \frac{\mu}{\rho_f}$$

$$\mu = K(\rho_b - \rho_f)t$$

μ = viskositas dinamik (gr/cm.s)

k = konstanta bola (Mpa.s cm³/gr.s)

ρ_b = Densitas bola (gr/cm³)

ρ_f = Densitas fluida (gr/cm³)

t = waktu tempuh bola untuk mengalir (s)

Untuk mengukur viskositas digunakan alat viscometer. Terdapat beberapa macam viscometer yang biasa digunakan antara lain :

- Viscometer kapiler/Ostwald
- Viscometer Hoppler
- Viscometer Cup and Bob
- Viscometer Cone and Plate

2.9.3 Nilai Kalori (*Calorific Value*)

Nilai kalori adalah angka yang menyatakan jumlah panas/kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah bahan bakar dengan udara/oksigen. Nilai kalor bahan bakar minyak berkisar antara 10.160 – 11.000 Kcal/Kg. Nilai kalori berbanding terbalik dengan berat jenis artinya semakin besar berat jenisnya semakin rendah nilai kalorinya. Nilai kalori dibutuhkan untuk perhitungan jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan mesin dalam suatu periode tertentu. Nilai kalori dinyatakan dalam satuan Kcal/Kg atau BTU/lb.

2.9.4 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala adalah angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak saat minyak terbakar bila permukaan minyak didekatkan dengan nyala api. Titik nyala dibutuhkan untuk keperluan keamanan dalam penanganan minyak

terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala dapat dianalisa menggunakan *flash point tester*.

2.9.5 % Yield

% yield adalah perbandingan antara massa produk yang dihasilkan dengan massa awal bahan baku. Yield dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Wahyudi, dkk (2016)

$$\%Yield = \frac{mp}{mb} \times 100\%$$

Keterangan :

Mp = massa produk (gr)

Mb = massa bahan baku (gr)

2.9.6 Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS)

GCMS merupakan metode yang mengkombinasikan kromatografi gas dan spektrometri massa untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda dalam analisis sampel. Dengan menggabungkan teknik tersebut diharapkan dapat meningkatkan kemampuan dalam menganalisis sampel dengan mengambil kelebihan masing-masing teknik dan meminimalisir kekurangannya.

GCMS terdiri dari dua blok bangunan utama : kromatografi gas dan spektrometer massa. Kromatografi gas menggunakan kolom kapiler yang tergantung pada dimensi kolom itu (panjang, diameter, ketebalan film) serta sifat fase. Perbedaan sifat kimia antara molekul-molekul yang berbeda dalam suatu campuran dipisahkan dari molekul dengan melewati sampel sepanjang kolom. Molekul-molekul memerlukan jumlah waktu yang berbeda (disebut waktu retensi) untuk keluar dari kromatografi gas, dan ini memungkinkan spektrometer massa untuk menangkap, ionisasi, mempercepat, membelokkan, dan mendeteksi molekul terionisasi secara terpisah. Spektrometer massa melakukan hal ini dengan memecah masing-masing molekul menjadi terionisasi mendeteksi fragmen menggunakan massa untuk mengisi rasio.

Tabel 2.1 Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bensin 88

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain
1.	Bilangan Oktana Angka Oktana Riset (RON)	RON	88,0	-	D 2699	
2.	Stabilitas Oksidasi	Menit	360	-	D 525	
3.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,05	D 2622 atau D 4294 atau D 7039	
4.	Kandungan Timbal (Pb)	g/l		0,013 - Injeksi timbal tidak dijijinkan	D 3237	
5.	Kandungan Logam (Mangan, Besi)	mg/l	Tidak Terlacak		D 3831 atau D 5185	UOP 391
6.	Kandungan Oksigen	% m/m	-	2,7	D 4851 atau D 6839 atau D 6730	
7.	Kandungan Olefin	% v/v	Dilaporkan		D 1319 atau D 6839 atau D 6730	
8.	Kandungan Aromatik	% v/v			D 1319 atau D 6839 atau D 6730	
9.	Kandungan Benzena	% v/v			D 5580 atau D 6839 atau D 6730 atau D 3606	
10.	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	-	2,0		
11.	Sedimen	mg/l	-	1	D 5452	
12.	<i>Unwashed gum</i>	mg/ 100 ml		70	D 381	
13.	<i>Washed gum</i>	mg/ 100 ml		5	D 381	
14.	Tekanan Uap	kPa		69	D 5191 atau D 323	
15.	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	kg/m ³		770	D 4052 atau D 1298	
16.	Korosi bilah tembaga	Merit	Kelas I		D 130	
17.	Sulfur Mercaptan	% massa	-	0,002	D 3227	
18.	Penampilan visual		Jernih dan terang			
19.	Bau		Dapat dipasarkan			
20.	Warna		Kuning			
21.	Kandungan pewarna	g/100 l	-	0,13		

(Sumber : Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2013)

Tabel 2.2 Standar dan Mutu (Spesifikasi) Minyak Tanah

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lainnya
1.	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m ³	-	835	D 1298/ D 4052	-
2.	Titik Asap	Mm	15			
3.	Nilai Jelaga (<i>Char Value</i>)	% m/m	-	0,004	-	IP 10
4.	Distilasi :				D 86	
4.1	Perolehan Volume pada 200°C	% vol	18	-	-	-
4.2	Titik Akhir	°C	-	310	-	-
5.	Titik Nyala Abel	°C	38,0	-	-	IP 170
6.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,20	D 1266/ D 2622/ D 4294/ D 5453	-
7.	Korosi Bilah Tembaga	Merit	Kelas I		D 130	-
8.	Bau dan Warna	-	Dapat dipasarkan		-	-

(sumber : Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2020)

Tabel 2.3 Standar dan Mutu (Spesifikasi) Solar 48

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan SNI		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-lain
1.	Bilangan Setana Angka Setana atau Indeks Setana		48		D613	
			45		D4737	
2.	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m ³	815	870	D4052/D1298	
3.	Viskositas (pada suhu 40°C)	mm ³ /s	2,0	4,5	D445	
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 0,30 0,25 0,05 0,005	D4294/D5453	
5.	Distilasi : 90% vol. penguapan	°C	-	370	D86	
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D93	
7.	Titik Kabut	°C	-	18	D2500	
8.	Titik Tuang	°C		18	D97	
9.	Residu Karbon	%m/m	-	0,1	D189	
10.	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D6304	
11.	Kandungan FAME	%v/v	-	20	D7806/D7371	
12.	Korosi Bilah Tembaga		-	Kelas I	D130	
13.	Kandungan Abu	%m/m	-	0,01	D248	
14.	Kandungan Sedimen	%m/m	-	0,01	D473	
15.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D664	
16.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	
17.	Penampilan Visual		Jernih dan Terang	-	-	
18.	Warna	No. ASTM	-	3,0	D1500	
19.	Lubricity (HFRR wear scar dia.@60°C)	Micron	-	460	D6079	
20.	Kestabilan Oksidasi Metode Rancimat	Jam	35			EN 15751

(sumber: Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2016)