

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Plastik**

Plastik adalah jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi, yaitu penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar yang disebut dengan polimer (Liestiono et al. 2017). 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. Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*.

##### **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.

##### **2.1.2 Polimer Termosetting**

Polimer termosetting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali. Susunan polimer ini bersifat permanen pada bentuk cetak pertama kali (pada saat pembuatan). Bila polimer ini rusak/pecah, maka tidak dapat disambung atau diperbaiki lagi.

#### **2.2 Jenis-Jenis Plastik**

Plastik digolongkan menjadi beberapa golongan berdasarkan sifatnya.

a. Berdasarkan Sifat fisiknya:

- Termoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur-ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC).
- Termoseting merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan

molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehi

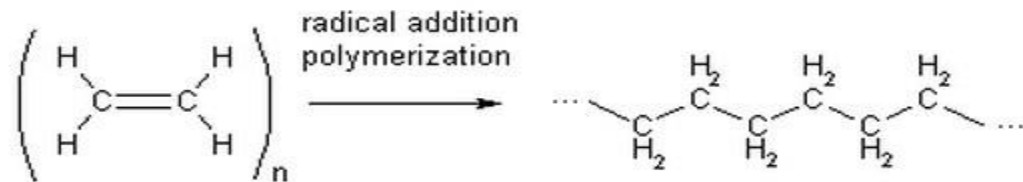
- b. Berdasarkan kinerja dan penggunaannya:
- Plastik komoditas; sifat mekanik tidak terlalu bagus, tidak tahan panas. Contohnya: PE, PS, ABS, PMMA, SAN. Aplikasi: barang-barang elektronik, pembungkus makanan, botol minuman.
  - Plastik teknik; tahan panas, temperatur operasi di atas 100 °C, sifat mekanik bagus. Contohnya: PA, POM, PC, PBT. Aplikasi: komponen otomotif dan elektronik.
  - Plastik teknik khusus; temperatur operasi di atas 150 °C, sifat mekanik sangat bagus (kekuatan tarik di atas 500 Kgf/cm<sup>2</sup>). Contohnya: PSF, PES, PAI, PAR. Aplikasi: komponen pesawat.
- c. Berdasarkan sumbernya:
- Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut.
  - Polimer sintesis yang tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren.
  - Polimer sintesis terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintesis.
  - Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

## 2.3 Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*)

### 2.3.1 *Low Density Polyethylene* (LDPE)

LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya adalah  $(-CH_2-CH_2-)_n$ . Dia adalah resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya. Sifat mekanis jenis LDPE adalah kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaannya agak berlemak. Pada suhu dibawah 60°C sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya proteksi terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen. Kemasan yang berbahan LDPE sulit dihancurkan tetapi tetap baik untuk kemasan

makanan karena sulit bereaksi secara kimiawi dengan makanan yang dikemas dengan bahan ini. Dan bahan plastik ini dapat di daur ulang baik untuk barang-barang yang memerlukan fleksibilitas. dan memiliki resistensi yang baik terhadap reaksi kimia. LDPE dapat dijumpai pada tas plastik, botol, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer dan wadah yang dicetak.



**Gambar 2.1** Rantai *Polyethylene* (LDPE)  
( Sumber: *Kirk-Othmer*, 2010)

## 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 dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Terdapat tiga jenis proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, 2011).

### 2.4.1 *Hydro Cracking*

*Hydro cracking* 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 *hydro cracking* 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*.

### 2.4.2 *Thermal Cracking*

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

### 2.4.3 Catalytic Cracking

*Cracking* cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi peretakan. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi. Proses katalitik dapat mempercepat reaksi, proses penguraian molekul besar menjadi molekul kecil dilakukan dengan suhu tinggi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumunia, dan zeolite (Trisunaryanti, 2018).

Berikut ini merupakan tahapan-tahapan yang terjadi pada proses mekanisme reaksi katalitik :

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.

## 2.5 Alumina Silika

Katalis Alumina-Silika adalah sebuah katalis asam amorf yang mengandung asam Bronsted dengan kandungan ion hidrogen pada salah satu sisinya yang berasal dari aluminium oksida,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan silikon dioksida,  $\text{SiO}_2$ . Katalis alumina merupakan katalis asam yang dapat diaplikasikan dalam reaksi peretakan katalitik. Pada katalis ini, atom aluminium adalah sumber kekuatan utama dari sisi katalis. Aluminium dengan keasaman yang tinggi, dikelilingi oleh atom oksigen yang memiliki keelektronegatifan yang relatif baik. Konsentrasi asam pada katalis silika-alumina ditentukan oleh rasio antara  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Semakin besar rasio antara  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  menyebabkan sifat keasaman semakin besar. Misalkan SA-1 ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,99$ ) memiliki sifat keasaman lebih besar daripada SA-2 ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,27$ ). Kedua jenis katalis tersebut dijual secara komersial (Sakata dkk., 1997). Katalis alumina silika juga relatif stabil pada suhu tinggi (hingga  $500-700^\circ\text{C}$ ). Alumina silika memiliki rasio yang lebih tinggi sehingga memiliki kestabilan termal dan asam yang tinggi. Tujuan

adanya penggunaan katalis alumina silika diharapkan dapat menurunkan temperatur reaksi, mempercepat reaksi dekomposisi dan memperbaiki kualitas produk.

## 2.6 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair

### 2.6.1 Berat Jenis (*Specific Gravity*) dan *API Gravity*

*Specific gravity* (Berat Jenis) adalah perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki *specific gravity* 0,74 – 0,96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Pada beberapa literatur digunakan *American Petroleum Institute (API) gravity*. *Specific gravity* dan *API gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan density (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan. (Wiratmaja, 2010)

Berat jenis dan *API Gravity* menyatakan densitas atau berat persatuan volume suatu zat. *API Gravity* dapat diukur dengan hidrometer (ASTM 287), sedangkan berat jenis dapat ditentukan dengan piknometer (ASTM D 941 dan D 1217). Pengukuran *API Gravity* dengan hidrometer dinyatakan dengan angka 0-100, sedangkan *specific gravity* merupakan harga relatif dari densitas suatu bahan terhadap air. Hubungan *API Gravity* dengan berat jenis adalah sebagai berikut:

$$\text{spgr} = \frac{\text{Densitas minyak}}{\text{Densitas air}} \quad (\text{Wiratmaja, 2010})$$

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{\text{sg}} - 131,5 \quad (\text{Wiratmaja, 2010})$$

Satuan berat jenis dapat dinyatakan dengan lb/gal atau lb/barel atau m<sup>3</sup>/ton. Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap *API Gravity* dan berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana semakin tinggi *API Gravity* atau makin rendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah *API Gravity* maka semakin banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah.

### 2.6.2 Viskositas

Viskositas ialah penilaian dari kekebalan fluida yang disalin baik dengan tuntutan maupun tegangan. Lebih jelasnya, definisi viskositas ialah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu sentuhan

dalam fluida. Kemudian, jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida.

Faktor- faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut : tekanan, temperature, kehadiran zat lain, ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, konsentrasi larutan. Rumus Viskositas:

$$\eta \text{ dinamis} = k (\rho \text{ bola} - \rho \text{ minyak}) t$$

$$\eta \text{ kinematik} = \frac{\eta \text{ dinamis}}{\rho \text{ minyak}}$$

### 2.6.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala (*flash point*) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Titik nyala (*flash point*) merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* (ASTM, 1990).

### 2.6.4 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan *pada bomb calorimeter*. Nilai kalori diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin dalam suatu periode. Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb (satuan *british*).

Nilai kalor bahan bakar padat terdiri dari GHV (*gross heating value/* nilai kalor atas) dan NHV (*net heating value/* nilai kalor bawah). Nilai bakar atas atau “*gross heating value*” atau “*higher heating value*” (HHV). Nilai bakar bawah atau “*net heating value*” atau “*lower heating value*” (LHV). Perbedaan dari kedua nilai tersebut ditentukan dari panas laten kondensasi dari uap air yang dihasilkan selama proses pembakaran berlangsung

Berdasarkan buku *Stoichiometry and Thermodynamics of Metallurgical Processes* yang ditulis oleh Y.K Rao (1985), nilai kalor bahan bakar cair hidrokarbon dapat dihitung dari rumus-rumus empiris. Rumus-rumus ini

didasarkan atas fakta bahwa semakin ringan bahan bakar cair, karena mengandung persentase hidrogen yang lebih tinggi, memiliki nilai kalor yang lebih besar. Persamaan berikut berdasarkan hubungan antara API *Gravity* dan nilai kalor bahan bakar cair :

$$GHV = 43350 + 93(\text{API gr.} - 10) \text{ kJ/kg} \quad (\text{Y.K. Rao, 1985})$$

Dimana API gr. Merupakan API *Gravity* bahan bakar cair pada 60/60°F. Nilai kalor bersih atau NHV (dalam kJ/kg) dapat dihitung dengan mengurangi faktor  $24,44(9H+M)$  dari nilai GHV, dimana H dan M merupakan persentase berat dari hidrogen dan *moisture* dalam bahan bakar.

