

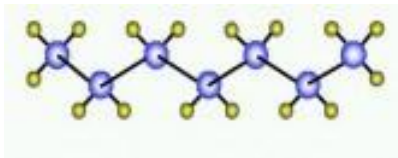
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi (monomer) hidrokarbon yang membentuk rantai yang panjang dengan struktur yang kaku. Plastik juga disebut dengan senyawa sintesis dari minyak bumi yang dibuat dengan reaksi polimerisasi (monomer) yang sama, sehingga membentuk rantai panjang dan kaku yang akan menjadi padat setelah temperatur pembentukannya (Arwizet, 2017). Menurut Sari dan Suteja (2021), klasifikasi polimer dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu termoplastik dan termoseting.

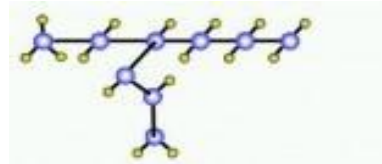
2.1.1 Polimer Termoplastik

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. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Bentuk struktur termoplastik sebagai berikut .



(Sumber: Sari dan Suteja, 2021)

Gambar 2. 1 Struktur Termoplastik-1



(Sumber: Sari dan Suteja, 2021)

Gambar 2. 2 Struktur Termoplastik-2

Menurut Zulnazri (2012) Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut :

- a. Berat molekul kecil.
- b. Tidak tahan terhadap panas.
- c. Jika dipanaskan akan melunak.
- d. Jika didinginkan akan mengeras.

- e. Mudah untuk diregangkan.
- f. Fleksibel.
- g. Titik leleh rendah.
- h. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
- i. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
- j. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

Contoh termoplastik sebagai berikut :

- a. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
- b. Polivinilklorida (PVC) = Pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
- c. Polipropena (PP) = Karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
- d. Polistirena (PS) = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju.

2.1.2 Polimer termoseting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. 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.

Polimer termoseting memiliki ikatan – ikatan silang yang 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.

Menurut Sari dan Suteja (2021) sifat polimer termoseting sebagai berikut :

- a. Keras dan kaku (tidak fleksibel).
- b. Jika dipanaskan akan mengeras.
- c. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).

- d. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
- e. Jika dipanaskan akan meleleh.
- f. Tahan terhadap asam basa.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbedaan Termoplastik dan Termoseting

| Polimer Termoplastik | Polimer Termoseting |
|----------------------|-------------------------------|
| 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., 2017)

2.2 Polystyrene

Polystyrene adalah polimer hidrofobik sintetis dengan berat molekul tinggi (Alshehrei, 2017). PS terbuat dari monomer stirena yang diperoleh dari petrokimia cair. Struktur terdiri dari rantai hidrokarbon yang panjang dengan gugus fenil yang terikat pada setiap atom karbon lainnya. PS secara alami tidak berwarna tetapi bisa diwarnai oleh pewarna. Plastik ini memiliki ketahanan panas dan menawarkan daya tahan, kekuatan, dan ringan (Sharuddin dkk., 2016).

Salah satu jenis plastik adalah *Styrofoam* yang merupakan golongan 6 yang terbuat dari polisterin dan gas. Nama lain dari *styrofoam* adalah *polystyrene*. *Styrofoam* merupakan bahan plastik yang memiliki sifat khusus dengan struktur yang tersusun dari butiran dengan kerapatan rendah, mempunyai bobot ringan, dan terdapat ruang antar butiran yang berisi udara (Khairunnisa, 2016).

Styrofoam memiliki karakteristik-karakteristik umum sebagai berikut:

1. Sifat mekanis *styrofoam* kaku, keras, mempunyai bunyi seperti metalik bila dijatuhkan.
2. Ketahanan terhadap bahan kimia tidak sebaik *polypropylene*. *Polystyrene* mempunyai daya serap air yang rendah dibawah 0,25%.
3. Mempunyai daya kekuatan permukaan relatif lebih keras dari jenis

termoplastik yang lain namun mudah tergores.

4. Mempunyai derajat transparansi yang tinggi dan dapat memberikan kilauan yang baik dan tidak dimiliki oleh jenis plastik lain.
5. Mempunyai *softening point* yang rendah (90°C), sehingga tidak digunakan untuk pemakaian pada suhu tinggi.

2.3 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen kimia lainnya (Nasrun dkk., 2015). Pirolisis adalah proses mendegradasi molekul polimer rantai panjang secara termal menjadi molekul yang lebih kecil dan lebih kompleks melalui panas. Proses ini membutuhkan panas yang intens dengan durasi yang lebih singkat dan tanpa oksigen. Tiga produk utama yang dihasilkan selama pirolisis adalah minyak, gas dan arang yang berharga bagi industri (Sharuddin dkk., 2018). Proses pirolisis dapat disebut dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking plastic* ini dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Temperatur pirolisis berlangsung pada suhu $200\text{-}500^{\circ}\text{C}$. Pirolisis tidak bisa lepas dari alat separator yang digunakan sebagai media pemisah fluida produksi ke dalam fasa cairan dan fasa gas, dimana fluida berat akan berada dibagian bawah dan fluida lebih ringan akan berada pada bagian atas.

Thermal cracking termasuk proses pirolisis, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara $350\text{-}900^{\circ}\text{C}$. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, *naphthene* dan aromatik serta gas yang tidak bisa terkondensasi. Sedangkan, *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 (Sihombing, J.L., dkk. 2017).

Menurut Nasikin dan Susanto (2010) dikutip dari Yolanda (2018) terdapat beberapa 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 katalis sehingga reaktan terkonversi menjadi produk.
5. Desorpsi, yaitu proses dimana produk terlepas dari permukaan katalis.

Produk dari reaksi dapat diklasifikasikan sebagai produk gas (C_1-C_4) dan produk cair (C_5-C_{44}). Produk gas dianalisa dengan kromatografi gas. Produk cair dianalisis dengan distilasi simulasi (ASTM metode D-2887), yang sesuai dengan bensin, turbosine (atau bahan bakar jet atau nafta), minyak tanah, minyak gas dan fraksi bahan bakar minyak. Tabel 2.1 menunjukkan produk cair yang sesuai dengan fraksi *refinery*.

Tabel 2. 2 Produk Cair yang Sesuai dengan Fraksi Refineri

| Fraksi Refineri | Nomor Karbon | Boiling Point (°C) |
|--------------------------------|--------------|--------------------|
| <i>Gasoline</i> | C7-C11 | 39-220 |
| <i>Kerosene-Diesel</i> | C12-C20 | 221-254 |
| Pelumas | C21-C24 | 255-300 |
| <i>Long Residu</i> | >C24 | 301-431 |
| Asam Lemak dan Senyawa Lainnya | $C_xH_xO_x$ | 432-545 |

(Sumber : Data aktual Pertamina, Jakarta. 2016)

2.4 Katalis

Katalis merupakan zat yang ditambahkan dalam sistem reaksi untuk mempercepat reaksi. Katalis dapat menyediakan situs aktif yang berfungsi untuk mempertemukan reaktan dan menyumbangkan energi dalam bentuk panas

sehingga molekul pereaktan mampu melewati energi aktivasi secara lebih mudah (Lestari, 2012). Efek utama penambahan katalis pada pirolisis plastik adalah sebagai berikut (Buekens & Huang, 1998):

1. Suhu pirolisis untuk mencapai konversi tertentu berkurang secara drastis.
2. Lebih banyak iso-alkana dan aromatik kisaran C5-C10 dapat diproduksi yang merupakan hidrokarbon kisaran bensin yang sangat diinginkan.
3. Laju reaksi meningkat secara signifikan; misalnya tingkat awal degradasi polipropilena dilaporkan sekitar empat kali lebih cepat dari pada degradasi termal non-katalitik.

Namun, perlu diperhatikan bahwa rasio katalis/polimer tidak boleh lebih dari 20% berat untuk menghindari dominasi produk kokas dan gas (Anuar Sharuddin dkk., 2016). Jenis katalis yang sering digunakan pada sistem pirolisis adalah katalis zeolit, *silica alumina* dan *fluid catalytic cracking* (FCC) (Trisunaryanti, 2018).

a. Zeolit

Katalis zeolit adalah saringan alumino-silikat kristal yang memiliki kerangka tiga dimensi dengan rongga dan saluran, di mana kation dapat berada. Kemampuan pertukaran ion dan pori-pori terbuka adalah karakteristik utama dari katalis ini. Katalis zeolit memiliki rasio $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ yang berbeda yang menentukan reaktivitasnya dan juga mempengaruhi produk akhir dari proses pirolisis. Katalis zeolit yang memiliki keasaman tinggi lebih aktif dalam proses perengkahan, sehingga meningkatkan produksi olefin ringan dan mengurangi fraksi berat (Artetxe dkk., 2013).

b. Silika Alumina

Katalis silika-alumina adalah katalis amorf yang memiliki situs asam Lewis sebagai akseptor elektron dan situs asam Bronsted dengan atom hidrogen yang dapat terionisasi. Keasaman katalis ini ditentukan dengan menggunakan rasio mol $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$. Keasaman katalis ini mempengaruhi produksi minyak cair dari pirolisis limbah plastik. Semakin tinggi keasaman, semakin rendah produksi minyak cair (Nizami & Rehan, 2020).

c. Katalis FCC

Katalis FCC biasanya digunakan dalam industri penyulingan minyak bumi untuk memecahkan fraksi minyak berat dari minyak mentah menjadi fraksi bensin

dan gas minyak cair (LPG) yang lebih ringan dan lebih diinginkan. Katalis FCC yang digunakan dalam proses pirolisis dikenal sebagai katalis FCC bekas, karena berasal dari industri pemurnian. Katalis ini berhasil digunakan dalam proses pirolisis meskipun mengandung beberapa pengotor (Nizami & Rehan, 2020).

Fluid Catalytic Cracking (FCC) merupakan salah satu unit proses perengkahan yang digunakan dalam pengolahan minyak bumi modern, karena kemampuannya untuk mengkonversi minyak mentah menjadi fraksi-fraksi hidrokarbon ringan berkualitas baik (Sarosa A.J., dkk, 2015). Katalis FCC memiliki empat komponen yaitu zeolit, matriks, bahan pengisi, dan bahan pengikat.

Katalis FCC tersedia secara komersial dalam dua bentuk, bubuk atau pelet. Katalis FCC modern berbentuk serbuk halus dengan kerapatan curah 0,80 hingga 0,96 g/cm³ dan memiliki distribusi ukuran partikel mulai dari 10 hingga 150 µm dan ukuran partikel rata-rata 60 hingga 100 µm. Menurut Kogel J.E (2006), sifat dari katalis FCC adalah sebagai berikut :

- a. Stabilitas yang baik terhadap suhu tinggi dan uap
- b. Aktivitas tinggi
- c. Ukuran pori besar
- d. Ketahanan yang baik terhadap gesekan
- e. Produksi kokas rendah