

## BAB II

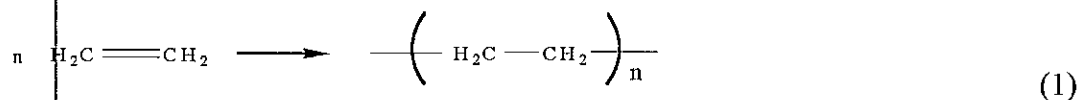
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Plastik

Plastik merupakan polimer yang memiliki sifat peralihan antara serat dan elastomer. Elastomer merupakan zat elastis seperti karet yang memiliki struktur rantai panjang, sedangkan serat merupakan polimer linear dengan tingkat simetri dan gaya tarik antar molekul tinggi oleh adanya gugus polar. Serat memiliki tegangan putus (*tensile strength*) yang tinggi.

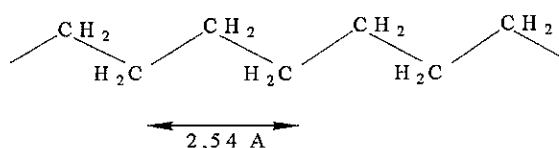
Plastik dikelompokkan menjadi termoplas dan termoset. Termoplas adalah plastik yang melunak jika dikenai panas. Plastik melunak karena ikatan non-kovalen (dipol-dipol dan dispersi London) pecah pada pemanasan. Termoset merupakan plastik yang menjadi keras kembali pada pemanasan lebih lanjut. Bahan termoset tidak dapat menjadi lunak dan dicetak kembali tanpa memecah ikatan kovalen pada polimer. Plastik ini tidak dapat didaur ulang. Secara kimia, plastik ini merupakan polimer berikatan silang yang membentuk struktur tiga dimensi dengan kekakuan tinggi. Berdasarkan monomer penyusunnya plastik dibedakan menjadi polietilen, polipropilen, polistiren, poli(metilmetakrilat), PVC dan sebagainya (Billmeyer, 1984; Sperling, 1986; Hartomo, 1995).

Polietilen adalah salah satu polimer yang banyak digunakan, diantaranya sebagai kantong plastik, kemasan pembungkus makanan dan pipa (Hartomo, 1995). Polietilen merupakan polimer yang dibentuk dari etilen melalui polimerisasi sebagai berikut.



dimana  $n$  menunjukkan derajat polimerisasi.

Rantai karbon pada polietilen berbentuk *zig-zag* dua dimensi dengan jarak antara dua atom C pada satu sisi sebesar  $2,54 \text{ \AA}$ , sedangkan panjang ikatan C-C  $sp^3$  adalah  $1,54 \text{ \AA}$  (Billmeyer, 1984; Young, 1991).



Gambar 2. 1. Panjang ikatan pada polietilen (Young, 1991)

Polietilen terdiri dari *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Crosslinking Polyethylene*. LDPE merupakan polimer rantai cabang dan memiliki titik lebur kristal rendah, sekitar  $115 \text{ }^\circ\text{C}$ . HDPE merupakan polietilen rantai lurus dengan titik lebur lebih tinggi daripada LDPE yaitu di atas  $127 \text{ }^\circ\text{C}$ . Plastik ini lebih keras dan memiliki tegangan putus (*tensile strength*) lebih tinggi. *Crosslinking Polyethylene* merupakan termoset dan stabil di atas suhu  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  (Billmeyer, 1984).

## 2.2. Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang terletak di bagian dalam sabut/kulit kelapa dengan ketebalan  $3 - 5 \text{ mm}$ . Tempurung melindungi daging buah dari pengaruh luar. Berat tempurung kelapa bervariasi antara  $19,05 - 23,3 \%$  berat kelapa utuh. Tempurung mengandung material yang terdiri dari  $36,3 \%$

selulosa; 28,3 % lignin; 25,1 % hemiselulosa; 8,3 % ekstraktif dan sekitar 0,7 % zat anorganik.

Pada umumnya tempurung dimanfaatkan sebagai bahan bakar (arang) dan untuk pembuatan karbon aktif. Pemanfaatan karbon aktif ini antara lain pada penjernihan air, penghilang bau air, proses penyaringan dan industri kimia lain (Tarwiyah, 2001).

### 2.3. Pirolisis

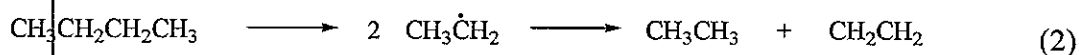
Pirolisis adalah pemecahan senyawa dengan berat molekul besar menjadi senyawa lebih kecil dengan panas tanpa oksigen. Jika dikenai panas, polimer akan mengalami perubahan fisik maupun kimia (Masuda et al., 1997). Perubahan fisik berupa perubahan bentuk, warna dan fasa, sedangkan perubahan kimia meliputi pemutusan ikatan karbon dan gugus fungsi. Pirolisis dapat dilakukan secara *batch* dan *continue*. Reaksi pirolisis merupakan reaksi endotermik dan melibatkan energi tinggi (Austin, 1984; Parker, 1993).

Fase-fase dalam proses pirolisis adalah sebagai berikut.

1. Suhu 100 – 250 °C, terjadi reaksi energi rendah seperti pemutusan gugus fungsi pada bagian akhir rantai.
2. Suhu 250 – 500 °C, terjadi pemutusan ikatan kimia energi tinggi seperti membuka ikatan rantai polimer yang monomernya mudah menyala.
3. Suhu > 500 °C, cincin aromatik terbentuk menjadi lebih ringkas dengan pemutusan akhir elemen selain karbon.

Pirolisis hidrokarbon menjadi efektif dengan peningkatan panas dan penggunaan katalis (pirolisis katalitik).

Senyawa alkana mengalami pemutusan ikatan C–H dan C–C menjadi dua radikal kemudian bereaksi menghasilkan alkana yang lebih rendah, alkena atau hidrogen. Contoh reaksi pirolisis adalah sebagai berikut.

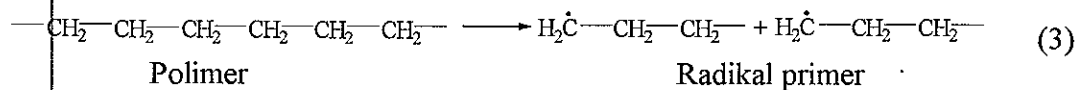


Reaksi (2) merupakan dasar dari *thermal cracking* pada penyulingan minyak bumi (Parker, 1993).

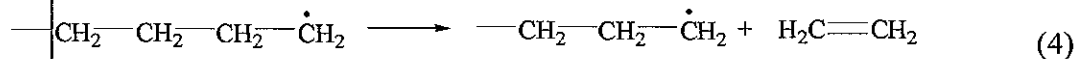
Pirolisis plastik merupakan daur ulang plastik tersier yang paling sederhana. Pemanasan plastik pada suhu tinggi dalam keadaan *inert* menyebabkan makromolekulnya pecah menjadi molekul hidrokarbon yang lebih sederhana. Hasil pirolisis dibedakan menjadi fraksi gas, fraksi cair serta sisa padatan (Uddin et al., 1996). Pirolisis kayu menghasilkan senyawa asam, alkohol dan fenolik (Fessenden, 1986; Schniewind, 1989).

Ada dua macam pemutusan yang terjadi secara serentak selama degradasi termal polimer dalam reaktor yaitu pemutusan acak rantai C–C yang menyebabkan pengurangan berat molekul polimer awal dan pemutusan ikatan C–C ujung rantai yang menyebabkan terbentuknya hasil volatil (Murata et al., 2004). Pemutusan acak polietilen menghasilkan senyawa hidrokarbon jenuh dan senyawa dengan satu/dua ikatan rangkap di ujung (Anonim, 1998).

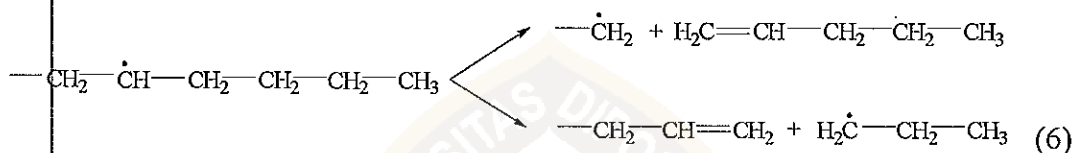
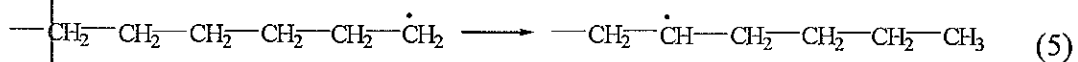
Mekanisme pirolisis meliputi mekanisme radikal bebas dan ion karbonium. Mekanisme radikal bebas meliputi tahap inisiasi, depropagasi, penangkapan hidrogen dan terminasi. Mekanisme radikal bebas terjadi pada pirolisis senyawa organik (Gate et al., 1979; Schnabel, 1981). Inisiasi terjadi dengan homolisis ikatan pada polimer menghasilkan radikal primer.



Radikal mengalami pemutusan pada posisi  $\beta$  menghasilkan etena.



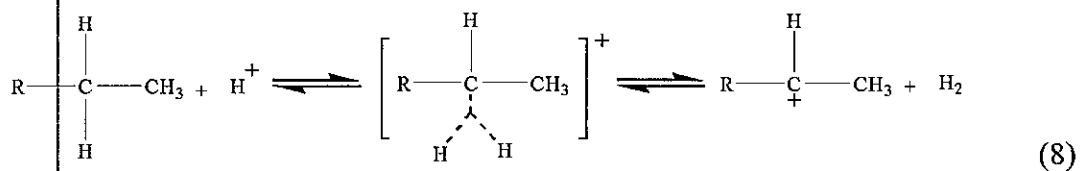
Reaksi ini diikuti dengan transfer hidrogen intramolekul menghasilkan radikal molekul yang akan mengalami pemecahan kembali dengan dua cara sebagai berikut.



Ini merupakan tahap depropagasi. Tahap selanjutnya adalah terminasi yaitu reaksi dua radikal membentuk senyawa stabil.



Mekanisme ion karbonium merupakan mekanisme reaksi dalam pirolisis yang dikatalisis oleh asam. Mekanisme diawali dengan pemutusan ikatan C-H posisi  $\beta$ . Katalis asam memprotonasi rantai polimer.

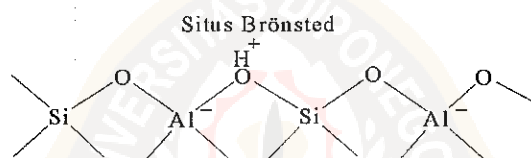


Protonasi dapat terjadi pada ikatan C-C rantai polimer. Selanjutnya terbentuk olefin dari ion karbonium (Gate et al., 1979).



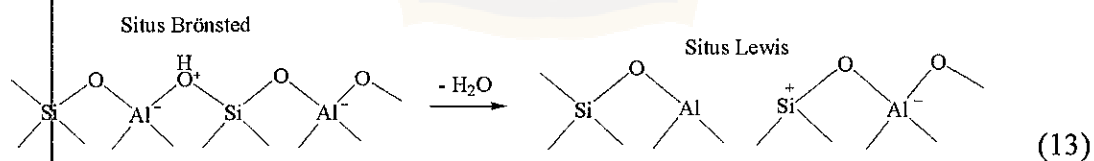
Sebagian besar proses katalitik terjadi pada kerangka zeolit. Zeolit memiliki permukaan internal yang lebih lebar daripada permukaannya eksternalnya. Zeolit memiliki ukuran pori tertentu yang selektif pada proses katalitik. Pori berperan pada difusi molekul. Molekul yang melebihi ukuran pori akan mengalami perengkahan. Molekul hidrokarbon yang dapat melalui pori zeolit berkisar antara  $C_5 - C_{10}$ , sehingga zeolit disebut katalis selektif bentuk (Gate et al., 1979; Dyer, 1988; Hamdan, 1992).

Zeolit memiliki dua situs aktif yaitu situs Brösted dan situs Lewis. Bentuk terprotonasi zeolit berisi gugus hidroksil dimana proton ( $H^+$ ) terhubung dengan oksigen yang terikat pada kerangka alumina sehingga terbentuk situs Brönsted.

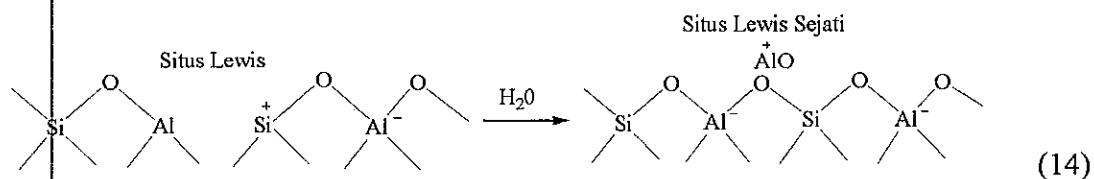


Gambar 2. 3. Situs Brönsted zeolit (Dyer, 1988)

Mobilitas proton ( $H^+$ ) sangat tinggi di atas suhu  $200\text{ }^\circ\text{C}$  dan pada suhu  $550\text{ }^\circ\text{C}$  zeolit kehilangan molekul air sehingga terbentuk situs Lewis.



Situs Lewis tidak stabil, dengan adanya uap air akan membentuk situs Lewis Sejati (*True Lewis site*) dengan melepaskan Al dari kerangka zeolit (Dyer, 1988).



## 2.5. Spektroskopi Inframerah

Molekul dapat menyerap gelombang elektromagnet yang melaluinya. Molekul mengalami gerak translasi, rotasi dan vibrasi. Energi vibrasi molekul berperan pada spektroskopi inframerah. Vibrasi molekul berubah jika mendapat energi dari luar. Energi yang diperlukan bervariasi, sehingga serapan tiap molekul berbeda. Gugus yang menyerap gelombang elektromagnet antara lain C–H, O–H, C=O, C≡N dan lain-lain (Underwood, 1996). Serapan C–H berguna dalam menentukan hibridisasi atom karbon. Serapan ikatan karbon seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Serapan ikatan C–C dan C–H (Fessenden, 1986)

No.	Ikatan	Bilangan gelombang (cm <sup>-1</sup> )
1	C=C	1600 – 1700
2	C≡C	2100 – 2250
3	C—C	1450 – 1600
4	C—H <i>sp</i> <sup>3</sup> (alkana, alkil)	2800 – 3000
5	C—H <i>sp</i> <sup>2</sup> (=CH-)	3000 – 3300
6	C—H <i>sp</i> (≡CH)	~ 3300

## 2.6. Kromatografi Gas

Kromatografi adalah metode pemisahan, dimana komponen-komponen yang dipisahkan didistribusikan ke dalam dua fase. Salah satu fase berupa lapisan stationer yang disebut fase diam dan yang lain berupa zat alir (*fluid*) yang disebut fase gerak. Zat yang akan dipisahkan bermigrasi pada kolom yang diisi fase-fase tersebut. Metode pemisahan didasarkan pada perbedaan laju migrasi zat untuk larut dalam kedua fase tersebut (Underwood, 1996).

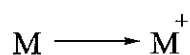


Fase diam berupa zat padat atau cair dan fase gerak berupa zat cair atau gas. Jika fase gerak berupa gas disebut kromatografi gas (GC). Kromatografi gas dibedakan berdasarkan fase diam yang digunakan menjadi kromatografi gas-cair dan kromatografi gas-padat. Pada kromatografi gas-cair, fase cair yang digunakan disesuaikan dengan senyawa yang akan dipisahkan (McNair, 1988).

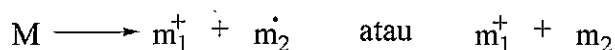
Komponen-komponen kromatografi gas adalah gas pembawa, pengontrol aliran gas pembawa, sistem inlet sampel, kolom, suhu dan detektor. Gas pembawa merupakan gas *inert* yang membawa sampel ke dalam kolom. Aliran gas pembawa diatur oleh pengontrol untuk menghasilkan waktu retensi yang akurat. Sampel berupa gas/cair ditempatkan pada inlet dan dialirkan ke dalam kolom untuk diuapkan. Detektor suhu akan menganalisis sampel dan diteruskan untuk menggambarkan dalam bentuk puncak (Cramers, 1983).

## 2.7. Spektrometri Massa

Molekul organik ditembak dengan berkas elektron akan menjadi ion bermuatan positif yang bertenaga tinggi, yang dapat pecah menjadi ion yang lebih kecil. Lepasnya elektron dari molekul menghasilkan radikal kation dinyatakan sebagai berikut.



Ion molekuler  $M^+$  terurai menjadi fragmen berupa radikal dan ion atau molekul kecil dan kation.



Dimana  $M^+$  adalah ion molekuler,  $m_1^+$  adalah ion molekuler hasil fragmentasi,  $m_2^{\cdot}$  adalah radikal hasil fragmentasi dan  $m_2$  adalah molekul kecil hasil fragmentasi.

Ion molekuler, ion fragmen dan ion radikal dipisahkan oleh pembelokan dalam medan magnet yang berubah sesuai dengan massa dan muatannya, dan menimbulkan arus ion pada kolektor yang sebanding dengan limpahan relatif. Spektrum massa merupakan gambaran antara limpahan relatif dan perbandingan massa/muatan ( $m/e$ ). Partikel netral yang dihasilkan dalam fragmentasi, yaitu molekul tak bermuatan ( $m_2$ ) dan radikal ( $m_2^{\cdot}$ ) tidak terdeteksi dalam spektrometer massa (Sastrohamidjojo, 2001).

Komponen utama spektrometer massa adalah sebagai berikut.

1. Sistem penanganan cuplikan, meliputi alat untuk memasukkan sampel, mikromanometer, alat pengukur cuplikan dan sistem pemompaan.
2. Ruang pengionan dan pemercepat. Dalam komponen ini terjadi penembakan elektron dan adanya alat pemercepat ion meningkatkan laju ion hasil penembakan.
3. Tabung penganalisis dan magnet, terdiri dari tabung hampa dimana ion-ion melayang dari sumber menuju ke pengumpul dan elektromagnet yang dipasang tegak lurus.
4. Pengumpul ion dan penguat, terdiri dari satu/lebih lubang pengumpul. Berkas ion menumbuk dinding pengumpul tegak lurus dan diperkuat oleh pengganda elektron.
5. Pencatat. Pencatatan menggunakan galvanometer (Silverstein, 1986).

Fragmentasi berkaitan dengan gugus fungsi sampel. Alkana menunjukkan intensitas menurun dengan bertambahnya molekul atau cabang. Alkana rantai cabang mengalami fragmentasi pada percabangan. Senyawa alkena mengalami fragmentasi dengan pemutusan ikatan alilik terhadap ikatan rangkap menghasilkan kation yang mengalami stabilisasi resonansi, sedangkan ion molekuler hidrokarbon aromatik muncul sebagai puncak dasar  $M^+$ ,  $M+1$ , dan  $M+2$ . Kation fenil muncul pada  $m/e$  77 dihasilkan dari pemutusan ikatan  $\alpha$  terhadap cincin (Sastrohamidjojo, 2001).

