

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Plastik

Plastik merupakan polimer yang terdiri dari molekul rantai panjang yang dibentuk dengan proses polimerisasi, yaitu penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan polimer ringan yang unsur penyusun utamanya adalah karbon, hidrogen, nitrogen, belerang dan elemen organik dan anorganik lainnya (Sonawane et al., 2015).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya, pengelompokan jenis plastik ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1.** Perbedaan Polimer Termoplastik dan Termoseting

Polimer Termo Plastik	Polimer Termo Setting
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

(Sumber: *Budyiantoro, 2010*)

#### 2.2.1 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)

- Termoset. Merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida
- 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).

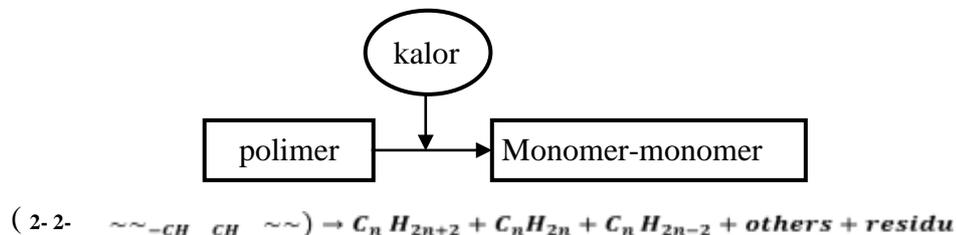
## **2.2 High Density Poliethilen (HDPE)**

*High Density Proethilen* (HDPE) 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 baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam (Kumar *et al.*, 2011).

Polyethylene merupakan bahan termoplastik yang diproduksi melalui polimerisasi ethylene ( $C_2H_4$ ) dengan variabel proses seperti energi panas, tekanan, dan katalis. Jenis kopolimernya diproduksi melalui polimerisasi ethylene dan sedikit penambahan monomer lain. *Polyethylene* itu sendiri merupakan polimer dari tipe *vinyl monomers* (Eka kristalia, 2017).

*high density polyethylene* (HDPE) diproduksi dengan proses reaksi bertekanan rendah antara 5-150  $kg/cm^2$  dengan temperatur berkisar antara 60-300°C menggunakan katalis *fluid catalytic cracking* (FCC) dengan isobutana sebagai pelarut. Proses ini lebih dikenal dengan proses *slurry* (Eka kristalia, 2017). Plastik HDPE digunakan pada botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, kantong plastik, dan botol kosmetik (Eka kristalia, 2017). Proses recycle ini dilakukan dengan memanfaatkan pemanasan terhadap limbah plastik.

Pada prosesnya juga menghindari proses pembakaran langsung agar tidak menghasilkan senyawa yang berbahaya bagi lingkungan, seperti polychloro dibenzodioxins dan polichloro dibenzo-furans. Agar kandungan yang terdapat dalam plastik tidak berbahaya bagi lingkungan perlu dilakukan pemanasan dengan non udara (G. L. Sari.,2018). Reaksi thermal plastik HDPE:



**Gambar 2.8** Reaksi Thermal Plastik HDPE

(Sumber: G. L. Sari.,2018 )

### 2.3 Pirolisis

Pirolisis adalah proses konversi dari suatu bahan organik dengan menambahkan suhu tinggi tanpa kehadiran udara (khususnya oksigen). Secara singkat pirolisis dapat diartikan sebagai pembakaran tanpa oksigen (Yuliarti dan Widya, 2017). Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. Penelitian ini menggunakan metode *catalytic cracking*/perengkahan katalitik, yakni proses pemanasan dengan menggunakan tambahan katalis pada prosesnya (Riyadhi dan Syahrullah, 2016).

Dalam tahap pengolahan pirolisis untuk menghasilkan produk yang diinginkan perlu memahami tentang sifat thermal dari plastik yang diolah. Dimana plastik HDPE yaitu titik lebur  $330\text{ }^{\circ}\text{C}$ , titik transisi  $-115\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan temperatur kerja maksimal sebesar  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Minyak hasil pirolisis tidak mengandung air sehingga nilai kalorinya lebih besar. Selain itu, minyak hasil pirolisis tidak mengandung oksigen sehingga tidak menyebabkan korosi (Hidayah & Syafrudin, 2018).

Minyak hasil pirolisis tidak mengandung air sehingga nilai kalorinya lebih besar. Selain itu, minyak hasil pirolisis tidak mengandung oksigen sehingga tidak menyebabkan korosi (Hidayah & Syafrudin, 2018). Terdapat beberapa hal yang berpengaruh terhadap kualitas dan kuantitas minyak yang dihasilkan. Faktor-faktor tersebut meliputi suhu, waktu, jenis plastik, dan penggunaan katalis dan jenis katalisnya (J. Wahyudi, dkk .2018). Reaksi *catalytic cracking* atau perengkahan katalitik adalah reaksi perengkahan menggunakan katalis (katalis heterogen) sebagai material yang mampu mempercepat laju reaksi untuk mencapai kesetimbang dan menghasilkan produk akhir reaksi melalui mekanisme pembentukan ion karbonium (Trisunaryanti, 2014). *Catalytic cracking* adalah metode umum yang sering digunakan untuk memecah rantai karbon yang cukup panjang menjadi molekul rantai karbon yang lebih pendek dengan menggunakan katalis (Charusiri dan Viditsan, 2005).

*Thermal Cracking* merupakan proses pirolisis dengan cara memanaskan polimer plastik tanpa oksigen. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak sebagai hasil dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik serta gas yang tidak bisa terkondensasi. Proses ini biasanya dilakukan pada suhu  $350^{\circ} - 900^{\circ}\text{ C}$  (Surono, 2013). Pirolisis sampah plastik dipengaruhi oleh beberapa parameter proses seperti Temperatur, waktu retensi, komposisi bahan baku, penggunaan katalis, kadar air, tingkat pemanasan dan ukuran partikel (Kumaran & Sharma, 2020).

*Catalytic Cracking* dengan cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi perengkahan. Peran katalis sangat besar dalam pembuatan biodiesel, karena reaksi cenderung berjalan lambat. Katalis berfungsi menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga reaksi dapat berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan

dalam pembuatan biodiesel dapat berupa katalis basa maupun katalis asam. Dengan katalis basa reaksi berlangsung pada suhu kamar sedangkan dengan katalis asam reaksi baru berjalan baik pada suhu sekitar 100°C (Santoso et al 2013).

Parameter yang paling penting dibahas di bawah ini:

### 2.3.1. Temperatur

Temperatur adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses pirolisis karena mempengaruhi reaksi perengkahan yang mengubah hasil gas dan minyak cair, semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Pada suhu rendah, hidrokarbon rantai panjang diproduksi, sedangkan peningkatan suhu menghasilkan senyawa rantai karbon pendek karena retaknya ikatan C–C. Berdasarkan penelitian Aswan, Arizal. Dkk., (2021), temperatur reaksi yang digunakan untuk metode *catalytic cracking* yaitu pada *range* 200-500°C

### 2.3.2. Waktu retensi dan komposisi bahan baku

Waktu retensi telah menunjukkan sedikit efek pada kualitas produk pirolisis. Dalam kondisi vakum, waktu reaksi yang lama akan menyebabkan produk pirolisis menjadi gas karena semakin lama waktunya maka akan membuat hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Produk padatan juga akan semakin berkurang karena menguap jika waktunya reaksinya semakin lama.

Komposisi bahan baku juga mempengaruhi hasil produk pirolisis, meskipun hal ini belum dieksplorasi secara lebih rinci. Bahan baku tertentu memerlukan suhu yang lebih tinggi untuk degradasi karena strukturnya yang berbeda. Berdasarkan penelitian Aswan, Arizal. Dkk., (2021), dilakukan penelitian selama 120 menit dengan komposisi bahan baku yang digunakan Plastik jenis *High Density Polyethilen* dalam kondisi operasi yang sama menghasilkan nilai kalor HDPE yang lebih tinggi.

### 2.3.3. Penggunaan katalis

Katalis berperan penting dalam meningkatkan kualitas produk pirolisis serta menurunkan suhu proses dan waktu retensi. Penggunaan katalis meningkatkan laju reaksi perengkahan yang mengarah pada peningkatan hasil gas

dengan pengurangan hasil minyak cair (Syamsiro et al., 2014). Katalis banyak digunakan dalam industri dan penelitian untuk mengoptimalkan distribusi produk dan meningkatkan selektivitas produk. Oleh karena itu, degradasi katalitik sangat menarik untuk mendapatkan produk dengan kepentingan komersial yang besar seperti bahan bakar otomotif (solar dan bensin) dan olefin C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub>, yang memiliki permintaan besar di industri petrokimia.

Ketika katalis digunakan, energi aktivasi proses diturunkan, sehingga mempercepat laju reaksi. Oleh karena itu, katalis mengurangi suhu optimum yang dibutuhkan dan ini sangat penting karena proses pirolisis membutuhkan energi tinggi (sangat endotermik) yang menghambat aplikasi komersialnya. Penggunaan katalis dapat membantu dalam menghemat energi karena panas adalah salah satu biaya yang paling mahal dalam industri. Selain itu katalis juga banyak digunakan oleh peneliti untuk upgrade produk guna meningkatkan distribusi hidrokarbon sehingga diperoleh cairan pirolisis yang memiliki sifat yang mirip dengan bahan bakar konvensional seperti bensin dan solar (Anuar Sharuddin et al., 2016).

#### **2.4 FCC (*Fluid Catalys Cracking*)**

*Fluid catalytic cracking* (FCC) merupakan salah satu unit proses perengkahan yang digunakan dalam pengolahan minyak bumi modern, karena kemampuannya untuk mengkonversi minyak mentah dengan viskositas sangat tinggi serta kadar pengotor tinggi menjadi fraksi-fraksi hidrokarbon ringan hingga menengah berkualitas baik (Sarosa & Samadhi, 2015).

Katalis adalah suatu zat yang dapat meningkatkan laju reaksi dan setelah reaksi selesai, terbentuk kembali dalam kondisi tetap. Katalis ikut terlibat dalam reaksi memberikan mekanisme baru dengan energi pengaktifan yang lebih rendah disbanding reaksi tanpa katalis. (Etna, 2011).

Katalis FCC memiliki empat komponen yaitu zeolit, matriks, bahan pengisi, dan bahan pengikat. Katalis FCC berbentuk mikrosfer berukuran 10-120 µm. Sifat dari katalis FCC adalah Stabilitas yang baik terhadap suhu tinggi dan uap, Aktivitas tinggi, Ukuran pori besar, Ketahanan yang baik terhadap gesekan dan Produksi kokas rendah. Katalis FCC yang digunakan dalam proses pirolisis dikenal sebagai katalis FCC bekas, karena berasal dari industri pemurnian. Selain

itu, katalis ini berhasil digunakan dalam proses pirolisis meskipun mengandung beberapa pengotor (Kumaran & Sharma, 2020).

## **2.5 Pengolahan Limbah Plastik**

Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak merupakan salah satu pengembangan dari ilmu pengetahuan yang memberikan manfaat positif untuk mengatasi masalah lingkungan, meningkatkan taraf hidup orang banyak, juga menjadi tawaran solusi mencari bahan bakar alternatif. Konversi yang dihasilkan dari proses ini mencapai 60% bahkan lebih, tergantung dari bahan plastik yang digunakan dan dengan penambahan zat kimia lain (Hakim, 2012).

Pada prinsipnya pengelolaan sampah haruslah dilakukan sedekat mungkin dengan sumbernya, sehingga permasalahan sampah yang dihadapi selama ini dapat teratasi dengan baik tanpa harus mengeluarkan banyak waktu, tempat dan biaya. Permasalahan pengelolaan sampah erat kaitannya dengan pengaturan terhadap penimbunan, penyimpanan, pengumpulan, pemindahan, pengangkutan, pembuangan atau pemusnahan dan pemanfaatan sesuai dengan prinsip-prinsip kesehatan masyarakat (human health principle), ekonomi (economy), keindahan (esthetic) dan pertimbangan-pertimbangan lingkungan lainnya serta disesuaikan dengan kondisi masyarakat setempat.

Pemanfaatan sampah plastik sekarang ini sudah banyak ditemui, baik didaur ulang kembali ataupun dimanfaatkan untuk kebutuhan lainnya. Salah satu pemanfaatan sampah plastik yang bisa dilakukan adalah dengan mengolah untuk kepentingan sektor energi yaitu dengan dimanfaatkan menjadi bahan bakar minyak baik bensin, solar ataupun minyak tanah. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Aprian Ramadhan dan Munawar Ali (2012), konversi sampah plastik menjadi produk cair berkualitas bahan bakar dapat menunjukkan hasil yang cukup prospektif untuk dikembangkan. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Plastik juga memiliki nilai kalor cukup tinggi setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar, serta bisa memberikan solusi terhadap krisis energi bahan bakar fosil yang semakin menipis akibat dari eksploitasi secara terus menerus dan dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan (Syafitri, 2001).

Proses pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar meliputi beberapa proses, diantaranya :

1. Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen kimia lainnya dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Teknik seperti ini mampu menghasilkan gas pembakaran yang berguna dan aman bagi lingkungan. Proses pirolisis ini akan memecah hidrokarbon rantai karbon panjang dari polimer plastik menjadi rantai hidrokarbon berantai pendek, selanjutnya molekul-molekul ini didinginkan menjadi fase cair.
2. Distilasi adalah pemisahan campuran dalam suatu larutan berdasarkan perbedaan titik didih.

Pirolisis sampah plastik sebagai salah satu solusi yang menguntungkan dan lebih ramah lingkungan, dibandingkan dengan melakukan proses pembakaran sampah plastik yang tentunya sangat berdampak negatif bagi kesehatan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan selain itu proses ini juga dianggap sebagai suatu solusi yang lebih ekonomis.

