

## 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 tersebut dapat dilihat perbedaannya pada tabel 2.1.

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

Polimer Termoplastik	Polimer Termosetting
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak fleksibel
Titik leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

( Sumber: Kumar et al, 2021 )

Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Penggunaan plastik berbeda-beda sesuai dengan jenis dan karakteristiknya yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.



**Gambar 2.1** Nomor kode plastic

**Tabel 2.2** Jenis plastik, kode dan penggunaannya

<b>No. Kode</b>	<b>Jenis Plastik</b>	<b>Penggunaan</b>
1	PET (polyethylene terephthalate)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (High-density Polyethylene)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropylene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

(Sumber : Kurniawan, 2012)

### 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)
- *Termosetting* 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:

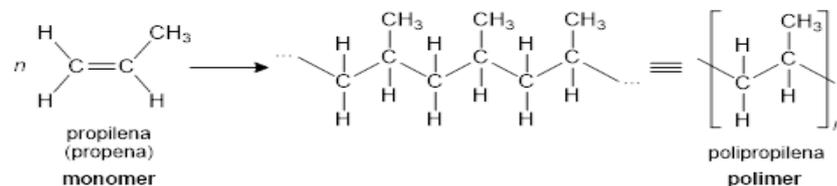
- Polimer alami : kayu, kulit binatang, kapas, karet alam, rambut.
- Polimer sintesis yang tidak terdapat secara alami: nylon, poliester, polipropilen, polistiren.
- Polimer sintesis terdapat di alam tetapi dibuat oleh proses buatan: karet sintesis.
- Polimer alami yang dimodifikasi: seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya).

## 2.2 Polypropylene (PP)

*Polypropylene* (PP) merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas *propylene*. Mujiarto dalam Adoe, Dominggus G.H menyatakan bahwa *Polypropylene* mempunyai transisi gelas (T<sub>g</sub>) yang cukup tinggi (190°C - 200°C), massa jenis yang rendah sekitar 0,735 gr/ml, viskositas sebesar 0,7607 cSt, titik leleh 168°C, dan titik kristalisasinya antara 130°C - 135°C.

*Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia yang tinggi, tetapi ketahanan pukulnya rendah. Konduktivitas terhadap panas rendah (0,12 w/m), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, minyak, asam dan basa, isolator yang baik tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat. (Anuar Sharuddin et al., 2016).

*Polypropylene* merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas dengan rumus molekul  $(-CHCH_3-CH_2-)_n$ . *Polypropylene* dapat dibuat dari monomer propilen melalui proses polimerisasi menggunakan katalis Ziegler-Natta, Kaminsky atau katalis *Metallocene*. Pembuatan *Polypropylene* terdiri dari beberapa tahapan yaitu, persiapan bahan baku dari minyak mentah, monomer mengalami polimerisasi yang membentuk resin hingga resin akan diolah lebih lanjut untuk menjadi produk baru. *Polypropylene* dapat dijumpai pada *mineral cup*, wadah makanan, pot tanaman, tutup botol obat, *tube* margarin, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai macam botol. Rantai *Polypropylene* dapat dilihat pada gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Rantai *Polypropylene*

(Sumber: Sumarni.,2008 )

### 2.3 Pirolisis

Pirolisis yaitu dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara yang terbatas. Proses pirolisis sebagai salah satu cara dalam menghasilkan bahan bakar alternative dapat mengubah senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa rantai pendek (Endang et al., 2016). Senyawa hidrokarbon akan mengalami penguapan dan setelah dikondensasi akan berubah menjadi zat cair yang kualitasnya mendekati bahan bakar (Sari, 2018). 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, et al 2014).

#### 2.3.1 Faktor yang mempengaruhi pirolisis

Menurut (Udyani dkk, 2018) faktor-faktor atau kondisi yang mempengaruhi proses pirolisis adalah:

1. Kadar Air

Kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air. Akibatnya bahan dengan kandungan air yang tinggi membutuhkan energi yang tinggi untuk proses pirolisis.

#### 2. Ukuran partikel

Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun. Konsentrasi dari volatil dan gas meningkat sampai dengan nilai tertentu dan kemudian menurun sesuai dengan kenaikan ukuran partikel.

#### 3. Laju pemanasan

Menurut Besler & William (1996), ketika laju pemanasan dinaikkan maka padatan pada proses pirolisis akan menurun. Produk gas yang dihasilkan pada temperatur antara 200°C dan 400°C adalah CO dan CO<sub>2</sub>. Hal tersebut menunjukkan bahwa laju pemanasan yang lebih tinggi akan melepaskan gas hidrokarbon, begitupula dengan minyak akan meningkat seiring dengan kenaikan laju pemanasan.

#### 4. Temperatur

Pada temperatur yang lebih tinggi maka hasil gas yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk oil yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai yang panjang dan sedang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek, maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi (Basu, 2010).

#### 5. Bahan

Pada jenis termoplastik pada umumnya, hasil produk cairan adalah 80 % atau lebih, dimana PS > PP > PE. Plastik dengan struktur polisiklik mempunyai hasil cairan dan padatan yang lebih banyak dibandingkan plastik yang mempunyai struktur poliolefinik.

### **2.3.2 Thermal Catalytic 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, 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<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>) dan produk cair (C<sub>5</sub>-C<sub>44</sub>). 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 2.3 menunjukkan produk cair yang sesuai dengan fraksi *refinery*.

**Tabel 2.3** Produk Cair yang Sesuai dengan Fraksi Refineri

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

(Sumber : Data aktual Pertamina, Jakarta. 2016)

## 2.4 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang dapat mempercepat laju reaksi kimia dengan menurunkan energi aktivasi zat tersebut, dengan adanya penambahan katalis, reaksi berlangsung menjadi cepat. Katalis berfungsi dalam mengurangi suhu dan waktu reaksi, meningkatkan kualitas produk dan mengoptimalkan kinetiknya. Katalis terlibat dalam reaksi, namun katalis akan dihasilkan kembali di akhir reaksi tanpa bergabung dengan produk. Menurut ismi pada tahun 2017, tahapan reaksi pada katalis yaitu :

1. Transport reaktan ke permukaan katalis.
2. Interaksi reaktan dengan katalis, pola molekul ini terjadi pelemahan ikatan dari molekul yang teradsorpsi.
3. Reaksi molekul reaktan yang teradsorpsi dengan dengan membentuk senyawa intermidiet dan menghasilkan produk.
4. Desorpsi produk dari permukaan katalis.
5. Tranport produk menjauhi katalis

### 2.4.1 Katalis *Magnesium Carbonate* ( $MgCO_3$ )

*Magnesium carbonate* ( $MgCO_3$ ) atau dikenal pula dengan nama lamanya *magnesia alba* adalah suatu garam anorganik yang berupa padatan putih yang banyak digunakan sebagai bahan dasar pendukung katalitik. *Magnesium carbonate* terjadi di alam sebagai mineral *magnesit* dan merupakan sumber penting unsur *magnesium*. Ini dapat diproduksi secara artifisial oleh aksi karbon dioksida pada berbagai senyawa *magnesium*. Bubuk putih yang tidak berbau ini memiliki banyak kegunaan di kalangan industri.

Pirolisis plastik menggunakan bantuan katalis  $MgCO_3$  menunjukkan sinergi positif yang kuat terhadap produksi hidrokarbon aromatik selama ko-pirolisis plastik *polypropylene*, karena memiliki sifat stabilitas yang baik terhadap suhu tinggi dan ketahanan yang baik terhadap gesekan. Hal ini menunjukkan bahwa oksida logam dengan sifat basa yang didukung pada karbon luas permukaan tinggi dapat menjadi katalis yang efisien. (Yuan, R., & Shen, Y. 2019).

Bentuk *Magnesium Carbonate* yang paling umum adalah garam anhidrat yang disebut *magnesit* ( $MgCO_3$ ) dan pentahidratnya yang dikenal sebagai

*barringtonit* ( $\text{MgCO}_3 \times 2 \text{H}_2\text{O}$ ), *nesquehonit* ( $\text{MgCO}_3 \times 3 \text{H}_2\text{O}$ ), dan *lansfordit* ( $\text{MgCO}_3 \times 5 \text{H}_2\text{O}$ ), berturut-turut (Margarete et al, 2005). Magnesium karbonat dapat disiapkan di laboratorium dengan reaksi antara garam magnesium yang larut dan natrium bikarbonat:



Pada suhu tinggi  $\text{MgCO}_3$  terurai menjadi *magnesium oksida* dan *karbon dioksida*. Proses ini penting dalam produksi *magnesium oksida*. Proses ini disebut sebagai kalsinasi:



Penggunaan utama magnesium karbonat adalah dalam produksi *magnesium oksida* oleh kalsinasi. Mineral *magnesit* dan *dolomit* digunakan untuk memproduksi batu bata tahan api.  $\text{MgCO}_3$  juga digunakan dalam komposisi lantai tahan api, pemadam api, kosmetik, bubuk debu, dan pasta gigi. Aplikasi lain adalah sebagai bahan pengisi, penekan asap dalam plastik, zat penguat dalam karet neoprena, zat pengering, pencahar untuk melonggarkan usus, dan retensi warna dalam makanan. Selain itu, magnesium karbonat dengan kemurnian tinggi digunakan sebagai antasida dan sebagai aditif dalam garam meja agar tetap mengalir bebas. Magnesium karbonat dapat melakukan hal ini karena tidak larut dalam air hanya larut dalam asam yang membuatnya berbuih (menghasilkan gelembung). (Yuan, R., & Shen, Y. 2019).

## 2.5 Bahan Bakar Solar

Solar adalah salah satu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi, pada dasarnya minyak mentah dipisahkan fraksi-fraksinya pada proses destilasi sehingga dihasilkan fraksi solar dengan titik didih  $250^\circ\text{C}$  sampai  $370^\circ\text{C}$ . Kualitas solar dinyatakan dengan bilangan cetane yaitu bilangan yang menunjukkan kemampuan solar mengalami pembakaran di dalam mesin serta kemampuan mengontrol jumlah ketukan (knocking), semakin tinggi bilangan cetane ada solar maka kualitas solar akan semakin bagus.

Spesifikasi bahan bakar solar 48 yang dipasarkan di dalam negeri berdasarkan surat keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 146.K/10/DJM/2020. dapat dilihat pada Tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Standar dan mutu (Spesifikasi) bahan bakar minyak jenis solar dengan Bilangan Setana (CN) 48 yang dipasarkan dalam negeri

No	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji	
			Min.	Max.	ASTM	Lainnya
1	Angka Setana, atau Indeks Setana		48	-	D613	-
			45	-	D4737	-
2	Berat Jenis (pada suhu 15°C)	Kg/m <sup>3</sup>	815	880	D1298/ D4052	-
3	Viskositas (pada suhu 40°C)	Mm <sup>2</sup> /s	2,0	5,0	D445	-
4	Kandungan Sulfur	%m/m	-	0,25	D2622/ D4294/ D5453	-
				0,20 <sup>1)</sup> 0,05 <sup>2)</sup> 0,005 <sup>3)</sup>		
5	Distilasi : 90% Vol.Penguapan	°C	-	370	D86	-
6	Titik Nyala	°C	52	-	D93	-
7	Titik Kabut, atau Titik Tuang	°C	-	18	D2500/ D5771/ D5773/ D7683 D97/ D5949/ D5950/ D6749 D189/ D4530	-
					D6304 D7371/ D7806	
8	Residu Karbon	%m/m	-	0,1	D6304	-
9	Kandungan Air	mg/kg	-	425	D7371/ D7806	-
10	Kandungan FAME	%v/v		30 <sup>4)</sup>	D7371/ D7806	-
11	Korosi Bilah Tembaga	Kelas	-	Kelas 1	D130	-
12	Kandungan Abu	%m/m	-	0,01	D482	ISO EN6245
13	Kandungan Sedimen	%m/m	-	0,01	D473	-
14	Bilangan Asam Kuat	mgKOH/g		0	D664	-
15	Bilangan Asam total	mgKOH/g		0,6	D664	-
16	Penampilan Visual	-	Jernih dan Terang			Visual
17	Warna	No.ASTM	-	3	D1500	-
18	Lubrisitas (HFRR wear scar dia. @60°C)	Micron	-	460 <sup>5)</sup>	D6079	-
19	Kestabilan Oksidasi	Jam	35	-	-	EN15751
		menit	45	-	D7545	EN16091

(Sumber : SK Dirjen Migas No.146.K/10/DJM/2020)