

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semisintetik. Plastik berasal dari bahasa Yunani yaitu "*Platikos*" artinya kemudahan untuk dibentuk atau dicetak. Atau "*Platos*" artinya dicetak, karena sifat plastik yang mudah dicetak atau kekenyalannya dalam pembuatan yang membuatnya mudah dibuat. Menurut Syarief (1991) ada dua jenis plastik yaitu Termoplastik dan Termoseting (Adeo Dominggu G.H. et al., 2016).

2.1.1 Termoplastik

Termoplastik adalah plastik yang bersifat dapat didaur ulang, plastik yang jika dipanaskan sampai suhu tertentu akan mencair dan dapat dibentuk kembali. Sehingga plastik jenis termoplastik ini sangat banyak digunakan dalam kebutuhan sehari-hari dan juga dibutuhkan dalam skala besar.

2.1.2 Termoseting

Termoseting adalah plastik yang ketika sudah dibentuk atau dilunakkan maka jika dipanaskan kembali tidak dapat dibentuk ulang dikarenakan sifatnya hanya sekali proses pelunakkan, sehingga penggunaan plastik jenis *termoseting* ini lebih sedikit dibandingkan dengan jenis plastik *termoplastik* contoh plastik *termoseting* yaitu: PU (*poly urethane*), UF (*urea formaldehyde*), *polyester*, *epoksi* dan lain-lain. Dari dua jenis plastik di atas ada plastik yang dapat didaur ulang kembali dan ada plastik yang tidak dapat didaur ulang. Untuk jenis *termoplastik* terdapat kode, kode tersebut berguna untuk mempermudah pengelompokan jenis plastik yang sama dan juga lebih mudah untuk didaur ulang kembali (Sumber : Anggono Priyo Yudan, 2020). Untuk pengelompokan plastik dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Jenis Plastik dan Nomor Kode Peggunganya

No Kode	Jenis plastik	Penggunaan
1	PET (<i>Polyethylene Terephthlate</i>)	Botol kemasan air mineral,botol minyak goreng, botol jus,botol sambal,botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High density Polyetylene</i>)	Botol obat, botol susu cair, jirigen pelumas, botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Cheloride</i>)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan plastik, taplak meja plastik, botol sampo, botol sambal
4	LDPE (<i>Low density Polyethylene</i>)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, tutup galon, dan berbagai macam plastik tipis lainnya
5	PP (<i>Polypropilene Polypropene</i>)	Cup plastik,tutup botol, mainan anak, gelas air.
6	PS (<i>polystyrene</i>)	Kotak cd, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, tempat makan styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	<i>Other</i> (O), jenis Plastik lain selain dari no 1 sampai 6	botol susu bayi, plastik kemasan, galon air, suku cadang mobil, alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego.

(Sumber : Anggono Priyo Yudan, Universitas Jember, 2020)

**Gambar 2.1** Nomor Kode Plastik

(Sumber : Anggono Priyo Yudan, Universitas Jember, 2020)

2.2 Jenis-Jenis Plastik

Berikut macam-macam jenis plastik termoplastik:

2.2.1 PET (*Polyethylene Terephthlate*)

Plastik PET (*Polyethylene Terephthlate*) ini adalah plastik yang bersifat tahan lama kuat dan mudah dibentuk pada saat kondisi panas. Plastik dengan kode panah segi tiga dan nomor 1 di tengah, plastik PET ini adalah plastik yang disarankan dengan satu kali pakai bila digunakan. Plastik ini dapat ditemukan sehari hari pada beberapa wadah makanan, minuman, dan juga botol air mineral.

2.2.2 HDPE (*High Density Polyethylene*)

Plastik jenis ini yaitu HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah plastik yang memiliki sedikit cabang pada rantai antara molekulnya yang menyebabkan plastik ini memiliki densitas yang rendah, dibanding dengan plastik jenis *low density*. Dengan demikian plastik *high density* adalah plastik yang mempunyai sifat bahan yang lebih kuat, keras buram dan lebih tahan terhadap suhu yang tinggi.

2.2.3 PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC merupakan plastik yang paling sulit didaur ulang, plastik ini merupakan plastik dengan nomor kode tiga, sifat dari pvc sendiri adalah transparan sampai dengan warna keruh, plastik ini dapat tahan terhadap minyak dan lemak serta tidak mudah sobek plastik pvc dapat ditemukan pada pipa air, pipa bangunan, dan dapat juga digunakan sebagai nampan atau wadah makanan. Plastik ini diberi nomor kode dengan angka 3.

2.2.4 LDPE (*Low Density Polyethylene*)

Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) adalah plastik dengan sifat yang kuat, agak tembus cahaya, fleksibel, dan pada permukaannya mengandung lemak. Pada suhu 60° C keadaanya sangat resisten terhadap senyawa kimia, daya kekebalan terhadap uap air tergolong dalam kadar baik, akan tetapi plastik LDPE ini kurang baik terhadap gas yang lain seperti contoh gas oksigen. Plastik ini diberi nomor kode dengan angka 4.

2.2.5 PP (*Polypropylene Polypropene*)

PP (*Polypropylene Polypropene*) adalah plastik yang mempunyai sifat tahan panas, tahan minyak, dan tahan lemak. Plastik ini dicirikan dengan warna jernih atau transparan plastik ini juga tahan terhadap kadar asam yang sangat kuat biasanya plastik ini sering digunakan sebagai tempat makanan. Untuk kode nomor

dari plastik ini ditetapkan dengan angka 5 plastik ini dapat ditemui pada wadah makanan plastik, gelas plastik, taperwre.

2.2.6 PS (*Polystyrene*)

Plastik PS (*Polystyrene*) pada plastik jeni ini mempunyai sidat fisik yaitu ringan dan mudah dibentuk, mudah rusak. Jenis plastik ini diberi kode angka 6 dan plastik ini dapat dikenal dengan mudah biasanya plastik ini dapat dijumpai pada kotak makan dan lain-lain

2.2.7 *Other* (O)

Jenis plastik ini diberi kode nomor 7 dan tulisan *other*. Yang termasuk plastik *other* adalah plastik selain dari yang disebutkan di atas misalnya alat elektronik, sikat gigi dan mainan lego.

2.3 Sifat Termal Plastik

Pengetahuan sifat termal dari berbagai jenis plastik sangat penting dan daur ulang plastik. Sifat termal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi dimana plastik mengalami perubahan kondisi yaitu perenggangan struktural sehingga perubahan kondisi kaku menjadi fleksibel, dikarenakan sifat plastik salah satunya adalah fleksibel. Plastik sangat dibutuhkan karena sifatnya yang kuat dan fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan bertambahnya peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah dimana plastik berubah menjadi lunak dan berubah cair dikarenakan suhu panas yang dapat melunakkan plastik. Sedangkan temperatur dekomposisi adalah sebuah proses dimana batasan pencairan dari plastik. Jika suhu ditingkatkan di atas temperatur lebur maka plastik akan berubah cair dan struktur akan mengalami dekomposisi. Terjadinya dekomposisi termal ini dikarenakan meningkatnya energi termal dan melampaui energi yang mengikat molekul sehingga akan mengalami penambahan volume dan merubah plastik menjadi lebih cair. Polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 dari temperatur transisinya. Data termal proses daur ulang plastik dapat di lihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Data Termal Proses Daur Ulang Plastik

No.	Jenis Bahan	Tm (°C)	Tg (°C)	Temperatur Keras Maks. (°C)
1	PP	168	5	80
2	HDPE	134	-110	82
3	LDPE	330	-115	260
4	PA	260	50	100
5	PET	250	70	100
6	ABS		110	85
7	PS		90	70
8	PMMA		100	85
9	PC		150	246
10	PVC		90	71

(Sumber : Anggono Priyo Yudan, Universitas Jember, 2020)

2.3.1 Daur Ulang Plastik

Daur ulang plastik adalah proses dimana sampah plastik diolah kembali menjadi barang yang dapat digunakan dan bermanfaat sehingga barang tersebut dapat dimanfaatkan, barang-barang yang tergolong dapat didaur ulang adalah barang-barang bekas yang tidak dapat dibedakan menjadi macam yaitu daur ulang primer, sekunder, tersier, dan quarter. Daur ulang primer adalah daur ulang pada limbah plastik yang kualitasnya hampir setara dengan kualitas aslinya. Daur ulang sekunder adalah daur ulang yang sejenis dengan daur ulang aslinya dengan kualitas yang berada dibawahnya. Daur ulang tersier adalah daur ulang sampah plastik menjadi bahan kimia atau bahan bakar. Dan terakhir adalah daur ulang quarter yaitu adalah proses untuk mendapatkan energy yang terkandung didalam sampah plastik (Anggono Priyo Yudan, 2020). Berikut ini dapat dilihat perbandingan nilai kalor plastik dan bahan lainnya pada Tabel 2.3

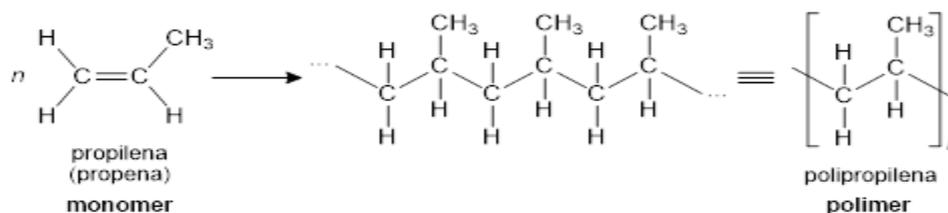
Tabel 2.3 Nilai Kalor Plastik dan Bahan Lainnya

No	Materal	Nilai Kalor (MJ/kg)
1	<i>Polyethylene</i>	46,3
2	<i>Polypropylene</i>	46,4
3	<i>Polyvinyl chelorida</i>	18,0
4	<i>Polystyrene</i>	41,4
5	<i>Coal</i>	24,3
6	<i>Petrol</i>	44,0
7	<i>Diesel</i>	43,0
8	<i>Heavi fuel oil</i>	41,1
9	<i>Light fuel oil</i>	41,9
10	LPG	46,1
11	<i>Kerosene</i>	43,4

(Sumber : Anggono Priyo Yudan, Universitas Jember, 2020)

2.4 Plastik *Polypropylene* (PP)

PP adalah *polypropylene* merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas, rumus molekulnya adalah $(-\text{CHCH}_3-\text{CH}_2-)_n$. Yang lentur, keras dan resisten terhadap lemak. *Polypropylene* dapat dijumpai pada wadah makanan, kemasan, pot tanaman, tutup botol obat, *tube* margarin, tutup lainnya, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai macam botol. Berikut Gambar 2.2 menunjukkan rantai *polypropylene* (PP).



Gambar 2.2 Rantai *Polypropylene* (PP)

(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. *Polypropylene* mempunyai Transisi gelas (T_g) yang cukup tinggi (190°C – 200°C), sedangkan titik kristalisasinya antara 130°C – 135°C . *Polypropylene* mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (*chemical resistance*) 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, dan mudah terbakar oleh nyala yang lambat merupakan sifat yang dimiliki oleh plastik *polypropene*. Sifat kimia dari *Polypropylene* mempunyai ketahanan yang sangat baik terhadap bahan kimia anorganik non pengoksidasi, deterjen, alkohol dan sebagainya. Tetapi polipropilena dapat terdegradasi oleh zat pengoksidasi seperti asam nitrat dan hidrogen peroksida. Sifat kristalinitasnya yang tinggi menyebabkan daya regangannya tinggi, kaku dan keras (Adeo Domingus G.H. et al., 2016).

2.5 *Catalytic Cracking*

Cracking atau yang sering disebut dengan pirolisis adalah proses pemecahan rantai polimer menjadi senyawa-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).

Menurut Trisunaryanti (2014) dikutip dari Sihombing, J.L., dkk (2017), reaksi *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. 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 2.4 menunjukkan produk cair yang sesuai dengan fraksi *refinery*.

Tabel 2.4 Produk Cair yang Sesuai dengan Fraksi Refineri

Fraksi Refineri	Nomor Karbon	Boiling Point (°C)
<i>Gasoline</i>	C_5 - C_{12}	39-220
<i>Jet Fuel, Naptha</i>	C_{13} - C_{14}	221-254
<i>Kerosene</i>	C_{15} - C_{17}	255-300
<i>Gas Oil</i>	C_{18} - C_{28}	301-431
<i>Fuel Oil</i>	C_{29} - C_{44}	432-545

(Sumber: Kirk-Othmer, 2010)

2.6 Alumina

Alumina (Al_2O_3) terdapat sebagai alumina hidrat dan alumina anhidrat. Alumina anhidrat, Al_2O_3 , terdapat dalam bentuk alumina stabil berupa α -alumina dan alumina metastabil yaitu, gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$), delta alumina ($\delta\text{Al}_2\text{O}_3$), theta alumina ($\theta\text{-Al}_2\text{O}_3$), kappa alumina ($\kappa\text{-Al}_2\text{O}_3$) dan chi alumina ($\chi\text{Al}_2\text{O}_3$), sedangkan hidratnya berada dalam bentuk aluminium hidroksida seperti gibbsite, bayerit, boehmite dan diaspore. Aluminium hidroksida merupakan komponen utama di dalam bauksit, sehingga umumnya aluminium hidroksida dibuat dari bauksit, sedangkan alumina anhidrat dibuat dari dehidrasi aluminium hidroksida. Di alam alumina anhidrat juga terdapat sebagai mineral korundum. Di antara alumina transisi, gamma alumina ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) merupakan suatu bahan yang penting digunakan dalam berbagai bidang, misalnya sebagai katalis katalisator substrat di dalam industri otomotif dan petroleum, komposisi struktural untuk pesawat ruang angkasa dan pakaian pelindung dari gesekan dan panas atau abrasi dan thermal (Irawati Utami, et al., 2013).

Gamma aluminium oksida ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) banyak digunakan sebagai katalis dan adsorben. Hal ini dikarenakan katalis $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ memiliki luas permukaan yang besar ($150\text{-}300\text{ m}^2/\text{g}$), volume pori ($3\text{-}12\text{ nm}$). Selain itu, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ stabil dalam proses pada suhu tinggi. $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ terbentuk melalui pemanasan pada suhu 500°C - 800°C (Zurohaina et al., 2020).

2.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis

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

1. Kadar Air

Adanya air dalam bahan yang dipirolisis mempengaruhi proses pirolisis karena kadar air dalam bahan akan menggunakan energi untuk menghilangkan kandungan air.

2. Ukuran Partikel

Apabila ukuran partikel meningkat maka hasil dari padatan akan meningkat pula sedangkan hasil dari volatil dan gas akan menurun.

3. Laju Pemanasan

Menurut Besler dan 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 CO₂. Ketika laju pemanasan meningkat maka gas CO, CO₂, CH₄, CH₃ akan meningkat. 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

Semakin tinggi temperatur nilai kalor untuk hasil gas akan meningkat (Encinar, 2009). 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

Jenis plastik bahan baku juga mempengaruhi distribusi produk. 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.

2.8 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair

2.8.1 Massa Jenis

Massa jenis adalah kerapatan massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda maka semakin besar pula massa setiap volumenya perbandingan massa persatuan volume karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh masin persatuan volume bahan bakar.

2.8.2 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:

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

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

2.8.3 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).

2.8.4 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 :

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

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.