BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah 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. Plastik juga mengandung zat aditif, yaitu zat yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat plastik. Zat aditif berupa zat-zat dengan berat molekul rendah yang dapat berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap sinar *ultraviolet*, anti lengket dan sebagainya.

Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi dan gas alam. Komposisi dan material plastik adalah polimer dan zat aditif lainnya. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya. Polimer dibuat dengan merangkaikan rantai monomer yang dapat dilakukan dengan metode *thermosetting* dan *thermoplastic*. Pada metode *thermosetting*, monomer cair dituangkan ke dalam cetakan dan dibiarkan dingin. Monomer cair memiliki bentuk permanen sehingga produk yang dihasilkan bersifat tahan lama. Untuk *thermoplastic*, monomer cair dipanaskan dan perlahan-lahan dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Setelah itu, produk kemudian didinginkan hingga menjadi bentuk yang diinginkan. Sementara plastik umumnya dianggap sebagai produk yang murah, plastik dapat pula diproses menjadi sesuatu yang bernilai tinggi. Plastik dapat diolah lebih lanjut sehingga memiliki karakteristik tahan panas maupun dingin.

Struktur dasar kimia plastik merupakan ikatan kovalen. Plastik merupakan molekul hidrokarbon, Molekul dari plastik disebut makro molekul karena ukurannya sangat besar dilihat dari jumlah atom karbon. Plastik memiliki keunggulan dibandingkan dengan material lain, yaitu :

1. Tidak tembus air

2. Mudah dibentuk dan dicetak
3. Ringan
4. Tidak mudah pecah dan lentur/fleksibel
5. Isolator panas dan listrik
6. Mudah diberi warna.

Keunggulan tersebut yang menyebabkan peningkatan penggunaan plastik dari waktu ke waktu.

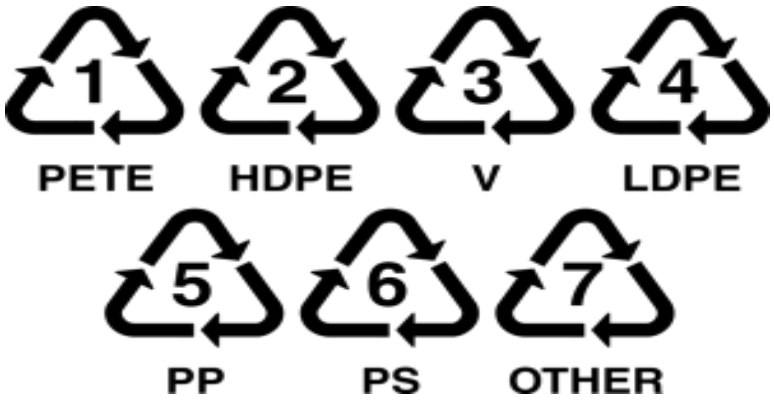
2.2 Jenis Plastik

Berdasarkan sumbernya plastik dikelompokan menjadi 2 macam yaitu polimer alami dan polimer sintetis. Polimer alami adalah polimer yang bahan bakunya diperoleh secara alami dari alam. Contohnya adalah kulit kayu, kulit binatang, karet alam dan rambut. Sedangkan polimer sintetis adalah polimer buatan hasil sintetis dari industri. Polimer sintetis terbagi menjadi tiga yaitu :

1. Tidak terdapat secara alami di alam : contohnya nylon, poliester, polipropilen, polistiren.
2. Terdapat di alam tetapi dibuat secara sintetis. Contohnya adalah karet alam.
3. Polimer alami yang dimodifikasi. Contohnya adalah seluloid, cellophane (bahan dasarnya dari selulosa tetapi telah mengalami modifikasi secara radikal sehingga kehilangan sifat-sifat kimia dan fisika asalnya.

Berdasarkan sifat fisiknya plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastik* dan *termosetting*. *Thermoplastik* adalah plastik yang apabila dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Contohnya adalah *polyetylene* (PE), *Polystyrene* (PS), ABS, dan Polikarbonat (PC). Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang apabila telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan pada molekul-molekulnya. Contohnya adalah resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida. Berdasarkan sifat kedua plastik tersebut, *Thermoplastik* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Berdasarkan *American Society of Plastic Industry* (1988), dibentuk system pengodean resin untuk plastic yang dapat didaur

ulang ini. Kode/simbol tersebut berbentuk segitiga arah panah yang merupakan simbol daur ulang dan didalamnya terdapat nomor yang merupakan kode dan resin yang dapat di daur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang ini diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. (Lihat Gambar 2.1 dan Tabel 2.1 berikut ini)



Gambar 2.1 Nomor kode plastik

(sumber : waste4change.com, 2019)

Tabel 2.1 Jenis plastik, kode, dan penggunaanya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
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.	V atau 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 atau Polypropene*)	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

(Taufan Landi,dkk. 2017)

Berikut adalah penjelasan mengenai jenis-jenis plastik, antara lain :

a. PET / PETE (Polyethylene Terephthalate)

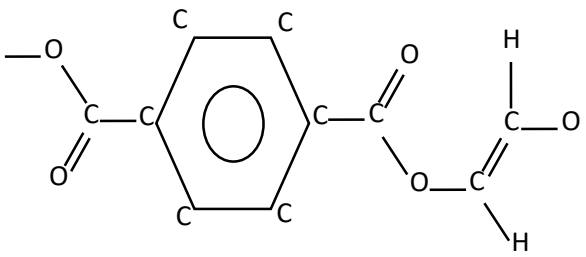
Polyethylene Terephthalate (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplastik dari kelompok poliester. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi thermoforming, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan riwayat termalnya. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dengan air sebagai produk sampingnya. Monomer PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi transesterifikasi etilen glikol dengan dimetil tereftalat dengan metanol sebagai hasil samping.

Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan etilen glikol sebagai produk samping (dan etilen glikol ini biasanya didaur ulang). Kebanyakan (sekitar 60%) dari produksi PET dunia digunakan dalam serat sintetis, dan produksi botol mencapai 30% dari permintaan dunia. Dalam penggunaannya di bidang tekstil, PET biasanya disebut dengan poliester saja.

Sifat-sifat Fisika Polietilen Tereftalat (PET) ;

- Struktur kimia:

  Struktur kimia dan contoh plastik PET dapat dilihat pada Gambar 2.2 dan 2.3 berikut ini.



Gambar 2.2 Struktur molekul PET

- Rumus molekul : n-$C_{10}H_8O_4$
- Densitas : 1370 kg/m^3

- Modulus young : 2800-3100 Mpa
- Tensile strength : 55-75 Mpa
- Temperature glass : 75℃
- Titik leleh : 260 ℃
- Konduktivitas thermal : 0.24 W/(m.K)
- Panas Specific : 1.0 KJ/(Kg.K)
- Penyerapan air : 0.16
- Viskositas intrinstik : 0.629 dl/g
- Batas elastisitas : 50 – 150 %

Gambar 2.3 Contoh plastik PET
(Sumber :plastictoday.com)

b. HDPE (High Density Polyethylene)

HDPE adalah High Density Polyethylenee merupakan resin yang kuat dan kaku yang berasal dari minyak bumi, yang sering dibentuk dengan cara meniupnya. Rumus molekulnya yaitu (-CH2-CH2-)n

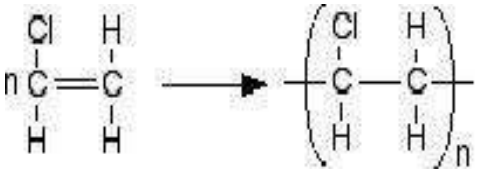
HDPE dapat ditemukan pada cerek susu, botol detergen, botol obat, botol oli mesin, botol shampoo, kemasan juice, botol sabun cair, kemasan kopi dan botol sabun bayi. Sifat HDPE (high density polyethylene) yaitu keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berlilin (waxy), buram (opaque), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75^0C.

Contoh plastik HDPE dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut ini:

Gambar 2.4 Contoh plastik HDPE
(Sumber : plastictoday.com)

c. PVC (Polyvinyl Chloride)

PVC adalah Polyvinyl Chloride merupakan resin yang keras yang tidak terpengaruh oleh zat kimia lain Rumus molekulnya yaitu (-CH_2-$CHCl$-)n



PVC dapat dijumpai pada tanda lalu lintas, botol minyak goreng, kabel listrik, botol pembersih kaca, mainan, botol shampoo, pipa air, kemasan kerut, dan kemasan makanan cepat saji. Sifat PVC (poly vinyl chloride) yaitu kuat, keras, bisa jernih, bentuk dapat diubah dgn pelarut, melunak pada suhu 80^0C. Contoh plastik PVC dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut ini.

Gambar 2.5 Contoh plastik PVC
(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

d. LDPE (Low Density Polyethylene)

LDPE adalah plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya yaitu (-CH_2- CH_2-)n

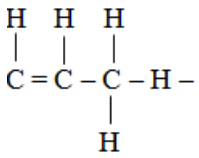
$$nCH_2{=}CH_2 \longrightarrow [\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}]_n$$

LDPE adalah resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya. LDPE dapat dijumpai pada tas plastik, botol, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer dan wadah yang dicetak. Sifat LDPE (low density polyethylene) yaitu mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berlilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70^0C. Contoh plastik LDPE dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut ini.

Gambar 2.6 Contoh plastik LDPE
(Sumber : s9un.wordpress.com)

e. PP (Polypropylene)

Polypropylene merupakan plastik polymer yang mudah dibentuk ketika panas, lentur, keras dan resisten terhadap lemak. Rumus molekulnya yaitu $(C_3H_6)n$.



Polypropylene dapat dijumpai pada wadah makanan, kemasan, pot tanaman, tutup botol obat, tube margarin, tutup lainnya, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai macam botol. Sifat PP (polypropylene) yaitu keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berlilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140^0C. Contoh plastik PP dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.

Gambar 2.7 Contoh plastik PP
(Sumber : bisakimia.2013.mengenal-jenis-jenis-plastik)

f. PS (Polystyrene)

Polystyrene adalah plastik polymer yang mudah dibentuk bila dipanaskan, sangat kaku dalam suhu ruangan. Rumus molekulnya yaitu:

$$(\text{-}CHC_6H_5\text{-}CH_2\text{-})n.$$

Polystyrene dapat dijumpai pada perkakas dari plastik, kotak CD, gelas plastik, wadah makanan dan nampan. Sifat PS (polystyrene) yaitu jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95^0C. Contoh plastik PS dapat dilihat pada Gambar 2.8 berikut ini.

Gambar 2.8 Contoh plastik PS
(Sumber : s9un.wordpress.com)

g. Jenis Lain (Other)

Paling sering, produk dengan label 7 terbuat dari campuran dua atau lebih jenis plastik (1 sampai 6). Kadang kala label 7 mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui.Bisa jadi untuk segala macam benda, namun paling sering akan Anda jumpai plastik No. 7 digunakan dalam industri minuman ataupun makanan. Berikut contoh plastik jenis other pada gambar 2.9 dibawah ini:

Gambar 2.9 Contoh plastik Other
(Sumber : s9un.wordpress.com)

2.3 Polimer

Polimer adalah suatu molekul raksasa (makromolekul) yang terbentuk dari susunan ulang molekul kecil yang terikat melalui ikatan kimia disebut polimer (poly = banyak; mer = bagian). Suatu polimer akan terbentuk bila seratus atau seribu unit molekul yang kecil (monomer), saling berikatan dalam suatu rantai. Jenis-jenis

monomer yang saling berikatan membentuk suatu polimer terkadang sama atau berbeda. Sifat-sifat polimer berbeda dari monomer-monomer yang menyusunnya.

Polimer merupakan senyawa-senyawa yang tersusun dari molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil. Molekul yang kecil disebut monomer, dapat terdiri dari satu jenis maupun beberapa jenis. Polimer adalah sebuah molekul panjang yang mengandung rantai-rantai atom yang dipadukan melalui ikatan kovalen yang terbentuk melalui proses polimerisasi dimana molekul monomer bereaksi bersama-sama secara kimiawi untuk membentuk suatu rantai linier ataujaringan tiga dimensi dari rantai polimer. Penggolongan polimer berdasarkan asalnya, yaitu yang berasal dari alam (polimer alam) dan polimer yang sengaja dibuat oleh manusia (polimer sintetis).

2.3.1 Polimer Alam

Polimer alam telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu, Polimer alam adalah senyawa yang dihasilkan dari proses metabolisme mahluk hidup. jumlahnya yang terbatas dan sifat polimer alam yang kurang stabil, mudah menyerap air, tidak stabil karena pemanasan dan sukar dibentuk menyebabkan penggunaanya amat terbatas. Contoh sederhana polimer alam seperti ; Amilum dalam beras, jagung dan kentang , pati , selulosa dalam kayu , protein terdapat dalam daging dan karet alam diperoleh dari getah atau lateks pohon karet, protein, DNA, kitin pada kerangka luar serangga, wool, jaring laba-laba, sutera dan kepompong ngengat, adalah polimer-polimer yang disintesis secara alami. Polimer alam dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Contoh dari jenis-jenis polimer alam.

Polimer	Monomer	Polimerisasi	Contoh
Pati/amilum	Glukosa	Kondensasi	Biji-bijian, akar umbi
Selulosa	Glukosa	Kondensasi	Sayur, Kayu, Kapas
Protein	Asam amino	Kondensasi	Susu, daging, telur, wol, sutera
Asam nukleat	Nukleotida	Kondensasi	Molekul DNA dan RNA (sel)
Karet alam	Isoprena	Adisi	Getah pohon karet

Sumber: Angguncheмistry.blogspot.com, 2011

Serat-serat selulosa yang kuat menyebabkan batang pohon menjadi kuat dan tegar untuk tumbuh dengan tinggi seratus kaki dibentuk dari monomer-monomer glukosa, yang berupa padatan kristalin yang berasa manis.

2.3.2 Polimer Sintetis

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintetis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintetis yang dibuat dari kayu (selulosa). Polimer sintetis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik atau polimer yang dibuat dari bahan baku kimia disebut polimer sintetis seperti polyetena, polipropilena, poly vynil chlorida (PVC), dan nylon. Kebanyakan polimer ini sebagai plastik yang digunakan untuk berbagai keperluan baik untuk rumah tangga, industri, atau mainan anak-anak. Polimer sintetis yang pertama kali yang dikenal adalah bakelit yaitu hasil kondensasi fenol dengan formaldehida, yang ditemukan oleh kimiawan kelahiran Belgia Leo Baekeland pada tahun 1907. Bakelit merupakan salah satu jenis dari produk-produk konsumsi yang dipakai secara luas. Beberapa contoh polimer yang dibuat oleh pabrik adalah nylon dan poliester, kantong plastik dan botol, pita karet, dan masih banyak produk lain yang ada pada kehidupan sehari-hari. Berdasarkan sifatnya terhadap panas, polimer dapat dibedakan atas polimer termoplastik (tidak tahan panas, seperti plastik) dan polimer termosting (tahan panas, seperti melamin). Klasifikasi polimer ini dibedakan menjadi dua, yaitu polimer termoplastik dan polimer termoseting.

a. 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. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang.

   Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

   1. Berat molekul kecil

2. Tidak tahan terhadap panas.
3. Jika dipanaskan akan melunak.
4. Jika didinginkan akan mengeras.
5. Mudah untuk diregangkan.
6. Fleksibel.
7. Titik leleh rendah.
8. Dapat dibentuk ulang (daur ulang).
9. Mudah larut dalam pelarut yang sesuai.
10. Memiliki struktur molekul linear/bercabang.

Contoh plastik termoplastik sebagai berikut.

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

b. Plastik Termosetting

Polimer termoseting adalah polimer yang mempunyai sifat tahan terhadap panas. Jika polimer ini dipanaskan, maka tidak dapat meleleh. Sehingga tidak dapat dibentuk ulang kembali.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.

Sifat polimer termoseting sebagai berikut:

1. Keras dan kaku (tidak fleksibel)

2. Jika dipanaskan akan mengeras.
3. Tidak dapat dibentuk ulang (sukar didaur ulang).
4. Tidak dapat larut dalam pelarut apapun.
5. Jika dipanaskan akan meleleh.
6. Tahan terhadap asam basa.
7. Mempunyai ikatan silang antarrantai molekul.

Dari klasifikasi polimer yang telah dijabarkan sebelumnya, dapat dilihat beberapa perbedaan dari polimer termoplastik dan polimer termoseting pada Tabel 2.3 di bawah ini:

Tabel 2.3 Perbedaan Polimer Termoplastik dan Termoseting

Polimer Termoplas	**Polimer Termoset**
Mudah diregangkan	Keras dan Rigid
Fleksibel	Tidak Fleksibel
Tidak leleh rendah	Tidak meleleh jika dipanaskan
Dapat dibentuk ulang	Tidak dapat dibentuk ulang

Sumber: Angguncheмistry.blogspot.com, 2011

2.4 Perengkahan

Perengkahan merupakan reaksi pemutusan ikatan C-C dari suatu senyawa hidrokarbon yang mempunyai rantai karbon panjang dan berat molekul besar. Pemutusan ikatan ini membuat senyawa hidrokarbon memiliki rantai karbon pendek dan berberat molekul kecil. Pemutusan ikatan C-C dapat melalui beberapa cara tergantung kondisi reaksi perengkahan. Parafin adalah hidrokarbon yang paling mudah merengkah, disusul dengan senyawa-senyawa naftena. Sedangkan senyawa aromatik sangat sukar merengkah. Proses perengkahan yang terjadi hanya karena pemanasan dinamakan perengkahan termal (thermal cracking). Sedangkan proses perengkahan yang terjadi dengan bantuan katalis disebut perengkahan katalitik (catalytic cracking). Perengkahan termal adalah suatu proses perengkahan hidrokarbon dengan menggunakan tekanan dan temperatur yang tinggi. Sedangkan pada perengkahan katalitik, reaksi pemutusan C-C berlangsung dengan peran serta katalis dalam reaksi dan dapat berlangsung dengan temperatur dan tekanan rendah.

Pemecahan rantai panjang produk pirolisis menjadi rantai yang lebih pendek dapat dilakukan melalui proses perengkahan katalitik (Surono, 2013)

a. Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu keras. Istilah lain dari pirolisis adalah penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar. Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai, sebagian besar menjadi karbon. Istilah lain dari pirolisis adalah destructive distillation atau distilasi kering. Pirolisis merupakan proses penguraian yang tidak teratur dari bahan-bahan organik yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan dengan udara luar (Surono 2013).

Pirolisis adalah proses dekomposisi dari material yang dipakai tanpa menggunakan oksigen, oksigen dapat digunakan pada saat kondisi dimana pembakaran parsial digunakan untuk memberikan energi termal pada saat proses tersebut. Temperatur yang dibutuhkan untuk melakukan pirolisis adalah sekitar 380-530^{o}C, dengan tekanan 0,1-0.5 Mpa. Di dalam proses pirolisis, hidrokarbon rantai panjang dipecah menjadi hydrokarbon rantai pendek. Produk pirolisis tergantung pada desain pyrolyze, karakteristik fisik dan kimia dari biomassa dan parameter operasi penting seperti tingkat pemanasan, suhu pirolisis, waktu tinggal saat reaksi. Selain itu, kandungan tar dan hasil produk lain tergantung pada tekanan, komposisi ambien gas, dan adanya katalis mineral. Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang difoemulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda. Selain itu juga, plastik polistirena merupakan plastik dengan polimer berat yang tidak dapat ditentukan ataupun dihitung jumlah molekulnya. Produk pirolisis umunya menghasilkan, yaitu (CO2 dan H2O) yang merupakan gas non-toksik, tar (pyrolitic oil), dan arang (Selpiana dkk, 2016)

b. *Thermal Cracking*

Proses perengkahan thermal (Thermal Cracking) adalah suatu proses pemecahan rantai hydrocarbon dari senyawa rantai panjang menjadi hidrocarbon dengan rantai yang lebih kecil melalui bantuan panas. Suatu proses perengkahan thermal bertujuan untuk mendapatkan fraksi minyak bumi dengan boiling range yang lebih rendah dari feed (umpannya). Dalam proses ini dihasilkan gas, gasoline (naphtha), diesel, residu atau coke. Pada reaksi perengkahan akan terjadi pemutusan ikatan C-C (C-C bond scission), dehidrogenasi, isomerisasi dan polimerisasi (Surono, 2013)

c. *Catalytic cracking*

Perengkahan cara ini menggunakan katalis untuk melakukan reaksi pemutusan rantai hidrokarbon molekul besar menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Dengan adanya katalis, dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi (Surono, 2013). Konversi katalitik limbah plastik menunjukkan beberapa keungulan dibandingkan metode pirolisis. Suhu perengkahan lebih rendah sehingga reaksi perengkahan menghasilkan konsumsi energi yang lebih rendah dan tingkat konversi yang lebih tinggi (Beyene, 2014).

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis Sampah Plastik

Kuantitas dan kualitas produk yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik juga dipengaruhi oleh beberapa parameter antara lain tipe reaktor, temperature dan waktu tinggal dan tekanan di dalam reaktor. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis antara lain waktu, *temperature*, ukuran partikel dan berat partikel.

1. Waktu

Waktu berpengaruh pada produk yang akan dihasilkan karena, semakin lama waktu proses pirolisis berlangsung. produk yang dihasilkannya (residu padat, tar, dan gas) makin naik. Kenaikan itu sampaidengan waktu tak hingga (τ) yaitu waktu yang diperlukan sampai hasil padatan residu, tar, dan gas mencapai konstan. Nilai τ dihitung sejak proses isotermal berlangsung. Tetapi jika melebihi waktu optimal maka karbon akan teroksidasi oleh oksigen (terbakar), menjadi karbondioksida dan abu.

2. Suhu

Suhu sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan karena sesuai dengan persamaan Arhenius, suhu makin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal makin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi naik.

3. Tekanan

Tekanan opreasi di dalam Reaktor pirolisis mempunyai peran yang sangat penting pada pengontrolan kisaran suhu yang akan dicapai atau dioperasikan di dalam reaktor, demikian juga tekanan sangat mempengaruhi laju pemanasan di dalam reaktor. Pada skala proses yang lebih besar, peran tekanan merupakan variable yang sangat penting untuk dilakukan pengontrolan guna mencapai rendemen bahan bakar yang dihasilkan.

4. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap hasil,semakin besar ukuran partikel. Luas permukaan per satuan berat semakin kecil,sehingga proses akan menjadi lambat.

5. Berat Partikel

Semakin banyak bahan yang dimasukkan,persatuan volume reaktor akan menyebabkan hasil bahan bakar cair (tar) dan arang meningkat.

2.6 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah suatu bahan bakar berwujud cair yang biasa dipakai dalam industri, transportasi, maupun rumah tangga. Bahan bakar cair merupakan fraksi minyak bumi. Minyak bumi adalah campuran yang terdiri dari berbagai macam hidrokarbon seperti, senyawa parafin, naphtena, olefin, dan aromatik. (Siti Miskah dkk,2016).

2.6.1 Karakteristik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan dipakai pada penggunaan tertentu untuk mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu, dengan maksud agar hasil pembakaran dapat tercapai secara optimal. Scara umum karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

1. Berat Jenis, Specific Gravity, ^{o}API Gravity

Berat jenis dan ^{o}API Gravity menyatakan densitas atau berat persatuan volume

sesuatu zat. oAPI Gravity dapat diukur dengan hidrometer (ASTM 287), sedangkan berat jenis dapat ditentukan dengan piknometer (ASTM D 941 dan D 1217). Pengukuran ^{o}API Gravity dengan hidrometer dinyatakan dengan angka 0-100. Hubungan oAPI Gravity dengan berat jenis adalah sebagai berikut :

$$^{o}\text{API } \textit{Gravity} = \frac{141{,}5}{\textit{Specifik Gravity } (60\ ^{o}\text{F})} - 131{,}5$$

Satuan berat jenis dapat diyatakan dengan lb/gal atau lb/barel atau m 3 /ton. Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap ^{o}API Gravity dan berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana makin tinggi ^{o}API Gravity atau makin rrendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah ^{o}API Gravity karena mengandung banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas yang (heating value) yang rendah.

2. **Titik Tuang (Pour Point)**

   Titik tuang adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak sehingga bahan bakar tersebut masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari prosuder penimbunan dan pemakaian dari bahan bakar minyak, hal ini dikarenakan bahan bakar minyak sering sulit untuk di pompa, apabila suhunya telah dibawah titik tuang.

3. **Titik nyala (Flash Point)**

   Titik nyala adalah suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari bahan bakar minyak dimana akan timbul penyalaan api sesaat, apabila pada permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan adanya pertimbangan-pertimbangan mengenai keamanan dari penimbunan minyak dan pengangkutan bahan bakar minyak terhadap bahaya kebakaran. Titik nyala tidak mempunyai pengaruh yang besar dalam persyaratan pemakaian bahan bakar minyak untuk mesin diesel atau ketel uap.

4. Viskositas (Viscosity)

Viskositas adalah suatu angka yang menyatakan besar perlawanan / hambatan dari suatu bahan cair untuk mengalir atau ukurannya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir. Demikian sebaliknya makin rendah viskositas minyak makin encer dan lebih mudah minyak untuk mengalir, cara mengukur besar viskositas adalah tergantung pada viscometer yang digunakan , dan hasil (besarnya viskositas) yang dapat harus dibubuhkan nama viscometer yang digunakan serta temperatur minyak pada saat pengukuran. Viskositas merupakan sifat yang sangat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar minyak. Viskositas mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan. Jika minyak terlalu kental,maka akan menyulitkan dalam pemompaan, sulit untuk menyalakan burner, dan sulit dialirkan.

5. 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 dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor berbanding terbalik dengan berat jenis (density). Pada volume yang sama, semakin besar berat jenis suatu minyak, semakin kecil nilai kalornya, demikian juga sebaliknya semakin rendah berat jenis semakin tinggi nilai kalornya. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada bomb calorimeter. Nilai kalori dari bensin yang memiliki angka oktan 90-96 adalah sebesar ±10,500 kkal/kg. 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).

6. Angka Oktan

Angka oktan adalah suatu angka yang menyatakan kemampuan bahan bakar minyak (khususnya mogas) dalam menahan tekanan kompresi untuk mencegah gasoline terbakar sebelum busi menyala mencegah terjadinya denotasi (suara

mengelitik) didalam mesin bensin. Angka oktan mewakili suatu perbandingan antar n-heptana yang memilki angka oktan nol dan iso- oktana yang memiliki angka oktan seratus. Angka oktan diperlukan karena berhubungan dengan kemajuan teknologi permesinan, yang mempunyai kecenderungan menaikkan perbandingan kompresi untuk meningkatkan power output, yang mana membutuhkan gasoline dengan angka oktan yang tinggi. Secara teoritis angka oktan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$Ob = \frac{(Vg.Og)+(Ve.Oe)}{Vg+Ve}$$

Keterangan : Ob = Nilai Oktan Campuran Vg = Volume Bensin Ve = Volume Etanol Oe = Nilai Oktan Etanol Og = Nilai Oktan Bensin 7. Kadar abu (Ash Content) Kadar abu adalah jumlah sisa-sisa dari minyak yang tertinggal, apabila suatu minyak dibakar sampai habis.

2.2.2 Contoh Bahan Bakar Cair

1. Premium

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (dye). Premium adalah senyawa organik yang dibutuhkan dalam suatu pembakaran dengan tujuan untuk mendapatkan energi atau tenaga. Premium merupakan campuran komplek senyawa-senyawa hidrokarbon yang memiliki titik didih sekitar 40˚C sampai 180˚C. Bahan bakar ini sering disebut juga dengan gasoline atau petrol. Bahan bakar Premium sering digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Penggunaan Premium dalam mesin berkompresi tinggi akan menyebabkan mesin mengalami knocking sehingga Premium di dalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium memiliki Research Octane Number (RON) sebesar 88. Spesifikasi Premium dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Spesifikasi Premium

No	SIFAT	MIN	MAX
1	Angka oktan riset (RON)	88	-
2	Stabilitas Oksidasi (menit)	360	
3	Kandungan Sulfur	-	0,05
4	Kandungan Timbal (Pb)(gr/lt)	-	0,013
5	Distilasi		
	10% Vol penguapan (^{0}C)	-	74
	50% Vol penguapan (^{0}C)	75	125
	90% Vol penguapan (^{0}C)		180
	Titik Didih akhir (^{0}C)	-	205
	Residu (% Vol)		2.0
6	Tekanan Uap (kpa)	45	69
7	Berat Jenis pada 15^{o}C (kg/m^3)	715	770
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur bilah tembaga (% massa)	-	0.002
8	Korosi bilah tembaga (menit)	Kelas 1	
9	Kandungan pewarna (gr/100 l	0,13	
10	Warna	Kuning	2

Sumber : *Pertamina,2019*

2. Solar

Solar adalah fraksi dari pemanasan minyak bumi antara 250-340°C yang mempunyai panjang hidrokarbon antara C16-C20. Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Pada umumnya solar akan banyak mengandung belerang karena dibandingkan dengan bensin solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan bilangan setana, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel (Puspita, 2013). Spesifikasi dari solar dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 Spesifikasi Solar

No	SIFAT	MIN	MAX
1	Angka Setana	48	-
2	Berat Jenis pada 15^{o}C (kg/m^3)	815	860
3	Viskositas pada 40 ^{o}C (mm^2/sec)	2,0	4,5
4	Kandungan Sulfur (%m/m)	0,35	
5	Distilasi 90% Vol penguapan (^{0}C)	370	
6	Titik Nyala (^{0}C)	52	-
7.	Titik Tuang (^{0}C)	-	18
8.	Kandungan Air mg/kg	-	500

Sumber : *Pertamina,2019*

3. Minyak Tanah

Minyak tanah atau kerosene adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar yang diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada 150°C dan 275°C dan mempunyai rantai karbon dari C11 sampai C15. Biasanya, minyak tanah di distilasi langsung dari minyak mentah membutuhkan perawatan khusus, dalam sebuah unit Merox atau hidrotreater, untuk mengurangi kadar belerang dan pengaratannya. Minyak tanah dapat juga diproduksi oleh hidrocracker, yang digunakan untuk memperbaiki kualitas bagian dari minyak mentah yang akan bagus untuk bahan bakar minyak (Puspita, 2013). Spesifikasi dari Minyak Tanah dapat dilihat pada tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Spesifikasi Minyak Tanah

No	SIFAT	MIN	MAX
1	Titik Asap (mm)	15	-
2	Berat Jenis pada 15^{o}C (kg/m^{3})		835
3	Nilai Jelaga (mg/kg)		40
4	Kandungan Sulfur (%m/m)		0,20
5	Distilasi pada 200 ^{o}C % Vol penguapan (^{0}C)	18	310
6	Titik Nyala (^{0}C)	38	-

Sumber : Pertamina, 2019