

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian pirolisis ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya. Variabel dan alat yang digunakan dalam penelitiannya pun sudah bervariasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara mengolah sampah plastik dengan lebih optimal yaitu dengan melakukan variasi kemiringan sudut kondensor/pendingin. Dengan langkah ini diharapkan dapat menghasilkan minyak plastik secara optimal dan dapat mengurangi volume sampah plastik.

Pada penelitian pirolisis yang dilakukan Desai dan Galage (2015) bahan baku yang digunakan yaitu plastik LDPE seberat 150 gram. Pirolisis dilakukan pada kisaran suhu 300-350°C selama 35 menit dan menghasilkan minyak yaitu 100 ml. Karakteristik minyak yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik minyak pirolisis (Desai dan Galage, 2015)

No.	Parameter	Value
1	Viscosity	5,56 mPa.s
2	Flash Point	41°C
3	Calorific value	9434 Cal/gr
4	Density	0,78 gr/ml

Haryadi (2015) melakukan penelitian pirolisis dengan bahan baku yang digunakan yaitu plastik PP dan HDPE dengan massa 500 gram. Pirolisis dilakukan dengan suhu 300°C dalam jangka waktu 17,5 menit. Pada penelitian ini terdapat variasi arah aliran pendingin yaitu arah aliran searah dengan aliran uap (*parallel flow*) dan arah aliran berlawanan arah dengan aliran uap (*counter flow*). Hasil penelitian menunjukkan aliran berlawanan arah (*counter flow*) lebih efektif dengan menghasilkan nilai laju perpindahan panas lebih tinggi terhadap hasil minyak plastik yang dihasilkan, untuk jenis plastik PP nilai laju perpindahan panas tertinggi yaitu 1.642 Watt dengan hasil minyak sebanyak 360 ml dan untuk jenis plastik

HDPE nilai laju perpindahan panas tertinggi yaitu 1.218 Watt dengan hasil minyak sebanyak 400 ml.

Rafli dkk (2017) melakukan penelitian tentang pirolisis dengan menggunakan bahan baku sampah plastik jenis PP dengan massa 2 kg. Pada saat percobaan dilakukan suhu pirolisis yaitu antara 400°C-800°C dalam waktu 3 jam 15 menit dan menghasilkan bahan bakar minyak 1,25 liter. Alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Alat Pirolisis (Rafli dkk, 2017)

Pada penelitian yang dilakukan Wijaya (2017) bahan baku yang digunakan yaitu sampah plastik LDPE dengan total 3 kg dimana setiap percobaan menggunakan 1 kg sampah plastik LDPE yang dipotong dengan ukuran 5 cm x 5 cm. Pirolisis berjalan pada suhu tinggi 300-350°C dengan debit air pendingin 18 LPM dan pengujian pirolisis dilakukan selama 100 menit. Pada penelitian ini menggunakan variasi kemiringan sudut kondensor terhadap reaktor yaitu 0°, 15°, dan 30°. Hasil penelitian menunjukkan pada sudut 15° lebih optimal dengan menghasilkan minyak lebih banyak yaitu 590 ml sedangkan pada sudut 30° menghasilkan minyak terendah yaitu 520 ml dan pada sudut 0° menghasilkan minyak 540 ml. Karakteristik minyak yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik minyak pirolisis (Wijaya, 2017)

No.	Parameter	Nilai
1	Densitas	0,774 gr/ml
2	Viskositas	3-3,2 mPa.s
3	Flash Point	33-37°C
4	Nilai Kalor	10727,59 Cal/gr

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik maupun anorganik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pada temperatur hingga 300-500 °C. Limbah plastik melalui proses pirolisis mampu diubah menjadi *feedstock* petrokimia seperti nafta, liquid dan wax seperti hidrokarbon dan gas serta minyak dasar untuk pelumas. Teknik pirolisis telah digunakan sudah lama untuk peningkatan residu hidrogenasi yang diperoleh dari pencairan/pelelehan batubara. Keunggulan nyata dari pirolisis dibandingkan dengan pembakaran (*incineration*), yaitu dapat mereduksi gas buang hingga 20 kali. Disisi lain, produk pirolisis dapat dimanfaatkan lebih fleksibel dan penanganannya lebih mudah (Gaurav dkk, 2014).

Proses pirolisis sampah plastik dapat menghasilkan asap cair (minyak plastik), arang/abu yang merupakan sisa pembakaran, gas yang terkondensasi dan gas yang tidak terkondensasi. Minyak plastik memiliki karakter yang tidak jauh berbeda dengan karakter BBM yang beredar di pasaran. Karena kemiripan karakteristik tersebut minyak plastik hasil pirolisis dapat digunakan sebagai pengganti sumber BBM alternatif.

Pirolisis sampah plastik merupakan teknologi yang masih perlu dikembangkan. Kendala yang biasa ditemui dalam proses pirolisis adalah proses kondensasi yang kurang optimal. Di dalam reaktor terjadi kontak antar fluida gas dengan limbah plastik. Kontak ini menyebabkan terbawanya material hidrokarbon yang telah mengalami *cracking* atau perengkahan. Sering terjadi penyebaran fluida gas yang tidak merata saat proses kontak berlangsung. Hal ini disebabkan karena

adanya penggelembungan, penorakan, dan saluran-saluran fluida yang terpisah. Akibatnya kontak antara fluida dari sampah plastik dengan fluida pendingin menjadi tidak maksimal. Hal ini tentu berpengaruh pada minyak plastik yang dihasilkan. Gas yang gagal terkondensasi akan terbuang ke lingkungan dan mengurangi kualitas minyak plastik yang dihasilkan.

## **2.2.2 Plastik**

### **2.2.2.1 Pengertian 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 (Suroño, 2013).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan thermosetting. Thermoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan thermosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (Suroño, 2013).

### **2.2.2.2 Pengertian Plastik Aluminium Foil**

Plastik Aluminium Foil atau Kemasan Alufoil adalah kemasan yang diproduksi dengan menggunakan bahan dasar aluminium foil atau alufoil. Pada umumnya kemasan ini digunakan untuk produk-produk yang perlu terlindung dari cahaya matahari dan produk bubuk yang mudah menggumpal. Kemasan aluminium foil atau kemasan alufoil biasa digunakan sebagai pengemas produk kopi, bumbu atau pada produk-produk olahan yang membutuhkan perlindungan khusus untuk dapat menjaga rasa, isi kandungan dan kebersihan dari suatu produk (Sudrajat, 2016). Kemasan Aluminium Foil (Alufoil) memiliki keunggulan diantaranya :

1. Memiliki daya simpan tinggi
2. Kuat dan tidak mudah sobek,

3. Tahan terhadap proses pemanasan sterilisasi
4. Resisten terhadap penetrasi lemak, minyak atau komponen makanan lainnya
5. Tahan terhadap sinar UV.
6. Tahan terhadap kelembapan udara.

### 2.2.2.3 Jenis-jenis Plastik

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya. Berikut ini adalah macam-macam plastik dan kegunaannya (Dickson, 2017) :

Kode 1: PETE atau PET (*Polyethylene terephthalate*)



PETE atau PET (*polyethylene terephthalate*) biasa dipakai untuk botol plastik yang transparan seperti botol air mineral dan botol minuman lainnya. Botol atau produk dari bahan plastik ini hanya bisa digunakan sekali pakai saja, karena apabila dipakai berulang partikel berbahaya yang ada di bahan ini akan lepas dan mengakibatkan penyakit kanker dalam jangka panjang.

Kode 2: HDPE (*High density polyethylene*)



HDPE (*high density polyethylene*) mempunyai sifat bahan yang kuat, keras, dan mempunyai ketahanan terhadap suhu tinggi. Bahan ini biasanya dipakai untuk botol susu yang berwarna putih, tupperware, galon air mineral dan sebagainya.

Kode 3: V atau PVC (*Polyvinyl chloride*)



V atau PVC (*polyvinyl chloride*) yaitu plastik yang sulit untuk didaur ulang. Plastik ini bisa ditemukan pada plastik pembungkus.

Kode 4: LDPE (*Low density polyethylene*)



LDPE (*low density polyethylene*) biasanya dipakai untuk tempat pembungkus makanan, plastik kemasan, dan botol-botol. Barang-barang dengan kode jenis ini dapat di daur ulang dan baik untuk barang-barang yang fleksibilitasnya besar akan tetapi kuat. Bahan ini bisa dibilang tidak dapat dihancurkan tetapi tetap baik untuk tempat makanan, karena sulit bereaksi secara kimia dengan makanan yang dikemas.

Kode 5: PP (*Polypropylene*)



PP (*polypropylene*) mempunyai karakteristik transparan, berwarna putih tetapi tidak jernih, dan mengkilap. Polypropylen lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, tahan terhadap lemak, stabil terhadap suhu yang tinggi.

Kode 6: PS (*Polystyrene*)



PS (*polystyrene*) biasanya dipakai sebagai bahan tempat makan styrofoam, tempat minum satu kali pakai, dll. Bahan Polystyrene bisa bocor dan bahan styrene masuk ke dalam makanan ketika makanan tersebut terkena. Bahan Styrene berbahaya untuk otak, mengganggu hormon pada wanita yang berakibat pada reproduksi, dan syaraf.

Kode 7: *OTHER*



Untuk jenis plastik 7 *Other* ini ada 4 jenis, yaitu SAN (*styrene acrylonitrile*), ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*), PC (*polycarbonate*) dan Nylon.

### 2.2.3 Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari oil shale, tar sands, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral (Wiratmaja, 2010).

Dengan kemudahan penggunaan, ditambah dengan efisiensi thermis yang lebih tinggi, serta penanganan dan pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia energi semakin meningkat. Secara teknis, bahan bakar cair merupakan sumber energi yang terbaik, mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan. Beberapa kelebihan bahan bakar cair dibandingkan dengan bahan bakar padat antara lain :

- a. Kebersihan dari hasil pembakaran.
- b. Menggunakan alat bakar yang lebih kompak.
- c. Penanganannya lebih mudah.

Salah satu kekurangan bahan bakar cair ini adalah harus menggunakan proses pemurnian yang cukup kompleks.

### 2.2.4 Karakteristik Bahan Bakar

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. Secara umum karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

#### 2.2.4.1 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. Atomisasi yang jelek akan mengakibatkan terjadinya pembentukan endapan karbon pada ujung burner atau pada dinding-dinding. Oleh karena itu pemanasan awal penting untuk atomisasi yang tepat.

#### **2.2.4.2 Densitas**

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah.

#### **2.2.4.3 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. Contoh beberapa titik nyala (*flash point*) bisa dilihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2.3 Tabel *Flash Point Biodiesel* (Dermanto, 2008)

Bahan Bakar	<i>Flash Point</i> (°C)
Bensin	7,2
Solar	51,6
Biodiesel	148,8

#### 2.2.4.4 Nilai Kalor (*Calorific Value*)

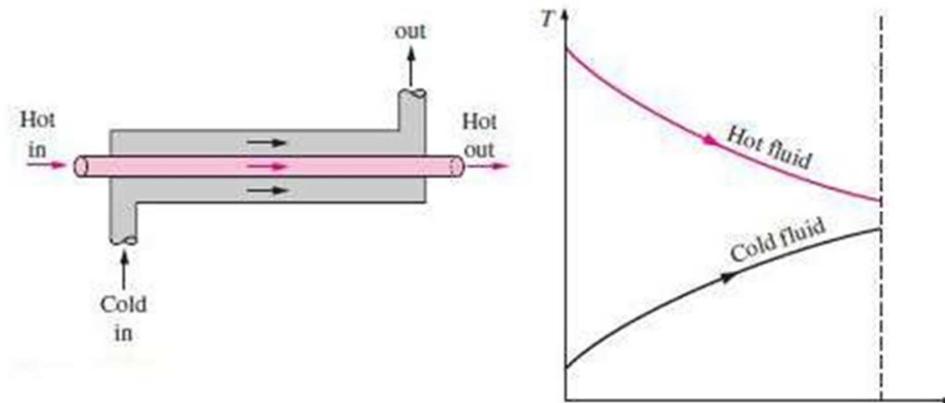
Nilai kalor adalah suatu angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang dihasilkan dari proses pembakaran sejumlah tertentu bahan bakar dengan udara/ oksigen. Nilai kalor dari bahan bakar minyak umumnya berkisar antara 18,300 – 19,800 Btu/lb atau 10,160 -11,000 kkal/kg. Nilai kalor atas untuk bahan bakar cair ditentukan dengan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada bomb calorimeter. Peralatan ini terdiri dari container stainless steel yang dikelilingi bak air yang besar. Bak air tersebut bertujuan meyakinkan bahwa temperatur akhir produk akan berada sedikit diatas temperatur awal reaktan, yaitu 25 °C (Wiratmaja, 2010).

Nilai kalori dari BBM jenis bensin dengan angka oktan 90-96 adalah sebesar  $\pm 10,500$  kkal/kg. Nilai kalori suatu bahan bakar cair diperlukan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin. Umumnya nilai kalor dinyatakan dalam satuan Kcal/kg atau Btu/lb (satuan british).

### 2.2.5 Tipe Aliran Penukar Kalor Pada Kondensor

#### 2.2.5.1 Tipe Aliran Sejajar (*Parallel Flow*)

Penukar kalor tipe aliran sejajar atau sering disebut dengan *parallel flow* yaitu penukar kalor dengan fluida panas dan fluida dingin masuk dan keluar pada arah yang sama (Cengel, 2003). dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Parallel Flow* (Cengel, 2003)

Data laju perpindahan panas pada kondensor dapat diperoleh dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

Laju perpindahan panas *parallel flow* :

$$q = m.c ( T_3 - T_2 ) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :  $m$  = Laju massa fluida (kg/s) untuk debit 12 liter / menit = 0,2 kg/s

$c$  = Kalor jenis air ( 4180 J/kg °C)

$T_3$  = Suhu keluar fluida pendingin (°C)

$T_2$  = Suhu masuk fluida pendingin (°C)