

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Sebelum penelitian ini dilakukan, tentunya ada beberapa penelitian yang terkait dengan pirolisis dengan bahan plastik ,diantaranya :

Nasrun, dkk (2015) penelitian tentang Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek menjadi Bahan Bakar menggunakan Proses Pirolisis, dalam pengujiannya didapat bahwa nilai kalor bahan bakar minyak hasil pirolisis yaitu sebesar 10.541,75 kkal/kg dari hasil perhitungan komposisi kimianya, dan titik nyala memenuhi standar mutu bahan bakar di Indonesia.

Penelitian lain yang berkaitan dengan pirolisis sampah plastik yaitu dipublikasikan oleh Rachmawati, dkk (2015) tentang Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik, dalam pengujian ini dapat disimpulkan bahwa jenis sampah plastik yang menghasilkan gas tertinggi yaitu jenis plastik PET sebesar 45,40% dan jenis plastik yang menghasilkan *wax* tertinggi yaitu jenis plastik HDPE sebesar 69,91%. Reaktor pengujian dengan kapasitas 500 g dan berbahan dari *stainless steel*.

Sukseswati (2010) mempublikasikan penelitiannya tentang Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Minyak Hasil Pirolisis Lambat Campuran Sampah Kertas dan Daun, dari pengujian yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa viskositas tertinggi minyak hasil pirolisis didapat pada komposisi 25% kertas - 75% daun dengan temperatur 350°C sebesar 65 mm<sup>2</sup>/s ,dan nilai kalor terbesar

didapatkan pada komposisi 25% daun - 75% kertas dengan temperatur 450°C yaitu sebesar 11,59 MJ/kg.

## 2.2. Teori Dasar

### 2.2.1 Pirolisis

Pirolisis berasal dari dua kata yaitu *pyro* yang berarti panas *lysis* berarti penguraian atau degradasi, sehingga pirolisis berarti penguraian biomassa karena panas pada suhu lebih dari 150°C (Kamaruddin, 1999).

Pirolisis merupakan suatu proses pemecahan struktur partikel kimia yang terdapat pada bahan dengan cara dipanaskan tanpa atau sedikit adanya oksigen didalam tabung reaktor, yang kemudian akan terjadi uap dan dikondensasi melalui pipa pendingin. Proses pirolisis tentunya dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu laju saat pemanasan berlangsung dan waktu yang digunakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi tersebut akan berpengaruh pada keluaran hasil produk minyak dari proses pirolisis. Beberapa hasil produk yang didapat dari proses pirolisis ini ialah berbentuk padatan (*solid*), berbentuk gas, dan berbentuk minyak (*fuel*).

Contoh hasil masing-masing produk yang dihasilkan yaitu :

- a. Dalam bentuk padatan biasanya sisa hasil proses pirolisis berupa tar, *wax* maupun residu yang tertinggal didalam reaktor.
- b. Bentuk gas yang dihasilkan seperti CO, H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, dan lain-lain.

c. Bentuk cair atau *fuel* berupa bahan bakar minyak dengan titik nyala dan memiliki kekentalan yang berbeda-beda.

Proses pirolisis terdapat dua jenis dalam satu proses pirolisis yaitu pirolisis primer dan pirolisis sekunder. Pirolisis primer adalah proses pirolisis dimana bahan dasar dipanaskan pada suhu dibawah 300°C, yang akan diurai dan menghasilkan karbon atau arang (Juliastuti, 2015). Dalam pirolisis primer masih terdapat pirolisis primer lambat dan pirolisis primer cepat. Pirolisis primer lambat terjadi diantara suhu 150°C - 300°C pada saat pengeluaran kandungan air didalam bahan dasar dan pada proses ini reaksi yang terbentuk adalah padatan arang atau karbon. Sedangkan, pirolisis primer cepat adalah proses pirolisis yang terjadi pada suhu diatas 300°C, dengan laju pemanasan yang cepat sehingga reaksi yang terjadi akan menghasilkan gas, uap, dan padatan arang .

Pirolisis sekunder adalah proses pirolisis yang terjadi pada saat pirolisis primer selesai yaitu pada suhu di atas 600°C, reaksi berupa gas atau uap dan menghasilkan karbonmonoksida (CO), hidrokarbon, dan hydrogen (Juliastuti, 2015).

Contoh alat pirolisis yang sudah dibuat pada penelitian lain :



Gambar 2.1. Alat Pirolisis.

(Sumber : Ricki Rafli, dkk, 2017)



Gambar 2.2 Desain Reaktor.

(Sumber : Ricki Rafli, dkk, 2017)



Gambar 2.3 Desain Kondensor.

(Sumber : Ricki Rafli, dkk, 2017)

### 2.2.2 Komponen-Komponen Pirolisis

Secara umum ,pirolisis terdapat beberapa komponen utama yaitu :

1. Reaktor, berfungsi sebagai tabung tempat bahan pirolisis.
2. Kondensor, berfungsi sebagai komponen pendingin uap yang mengalir pada pipa.
3. Alat pemanas (*heater*), berfungsi sebagai sumber panas untuk memanaskan reaktor.
4. Pipa, sebagai pipa penghubung komponen satu dengan komponen lainnya dan sebagai tempat uap atau gas dan minyak hasil pirolisis mengalir.

Cara kerja dari pirolisis ialah memanfaatkan energi dari sumber panas (*heater*) yang akan melelehkan bahan plastik dengan suhu diatas 150°C, kemudian lelehan plastik tersebut akan menguap menjadi gas, dengan bertambahnya suhu yang semakin meningkat dan akan dikondensasi melalui pipa kondensor yang berfungsi untuk mengubah uap atau gas menjadi cairan minyak yang keluar. Cairan minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik tersebut bisa digunakan sebagai bahan bakar dan sisa residu yang tertinggal di dalam reaktor berupa padatan arang atau *wax*.

### 2.2.3 Plastik

Plastik bukan bahan yang asing lagi di kehidupan sehari-hari. Semua peralatan rumah tangga, peralatan kantor, pembungkus makanan, dan pembungkus minuman semuanya hampir terbuat dari bahan plastik bahkan di

berbagai bidang industri. Oleh karena itu ,plastik banyak digunakan karena sifatnya yang elastis, kuat, tahan air, dan ekonomis. Namun, plastik juga memiliki kelemahan dengan banyaknya produksi plastik akan berdampak pada melimpahnya sampah plastik dilingkungan yang sangat sulit sekali terurai oleh tanah.

Plastik merupakan struktur polimer yang pada umumnya terdapat molekul-molekul sederhana atau biasa disebut monomer yang mengikat satu sama lain membentuk rantai panjang. Monomer terdiri atas molekul-molekul hidrogen dan karbon, tidak hanya hidrogen dan karbon tetapi monomer seperti propena ( $C_3H_6$ ), etena ( $C_2H_4$ ), vinil khlorida ( $CH_2$ ), *nylon*, karbonat ( $CO_3$ ), dan *styrene* ( $C_8H_8$ ) juga terdapat pada plastik termasuk jenis plastiknya. Plastik terbentuk dengan cara polimerisasi atau plastisasi, suatu proses kimia supaya plastik bisa mudah dibentuk dan memiliki elastisitas, fleksibilitas pada produk akhir. Plastik dapat digolongkan menjadi :

1. Berdasarkan sifat fisiknya, terdapat dua jenis berdasarkan sifat fisiknya yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang kembali atau bisa dicetak lagi dengan cara dipanaskan. Contoh plastik termoplastik jenis polietilen (PE), polistiren (PS), ABS, polikarbonat (PC), dan lain-lain. Sedangkan termoset adalah jenis plastik yang tidak dapat didaur ulang kembali karena pemanasan ulang akan menyebabkan rusaknya molekul-molekul penyusunnya. Contoh plastik termoset jenis resin epoksi, bakelit, melamin, dan lain-lain.

2. Berdasarkan sumbernya, pembuatan plastik terdapat dua jenis berdasarkan sumbernya yaitu polimer alami (karet alam, kayu, kulit binatang, kapas) dan polimer sintesis (*nylon*, poliester, poliproilen, polistiren).

#### **2.2.4 Bahan Bakar Minyak**

Bahan bakar minyak atau BBM adalah bahan bakar berbentuk cair (minyak) yang didapatkan dari dalam bumi ,kemudian diproses dengan cara distilasi atau penyulingan dan penambahan campuran zat kimia lain sebelum akhirnya menjadi produk BBM. Proses distilasi atau penyulingan minyak terjadi di kilang minyak dan produk bahan bakar minyak mentah keluar berdasarkan titik didih di kilang minyak tersebut. Selain bahan bakar minyak yang dihasilkan di kilang minyak, ada juga produk bahan bakar lain seperti gas, naptha, aspal, dan lain-lain.

Minyak bumi merupakan minyak mentah yang didapatkan dari lapisan atas kerak bumi berwarna hitam kecokelat-cokelatan. Minyak tersebut dihasilkan oleh proses penguraian fosil-fosil maupun bahan organik dalam jangka waktu ratusan tahun. Minyak bumi terdiri dari senyawa hidrokarbon yaitu hidrogen (H) dan karbon (C) (Mujab, A.S., 2011).

Dalam proses pirolisis bahan sampah kantong plastik yang digunakan menghasilkan minyak yang juga memiliki senyawa hidrokarbon yaitu atom C dan atom H yang membentuk rantai atom atau senyawa. Plastik jenis HDPE dan LDPE dapat mengarahkan pembentukan fraksi atom C8-C14 ,hasil dari analisa komposisi GC-MS diperoleh komposisi yang paling dominan adalah C9H18 yaitu sebesar 54,61% pada bahan bakar minyak dari sampah plastik jenis HDPE dan

55,63% pada bahan bakar minyak dari sampah plastik berjenis LDPE (Kurniawan dan Nasrun, 2014).

### 2.2.5 Proses Terjadinya Api (Pembakaran)

Api atau pembakaran dapat terjadi jika memenuhi tiga unsur segitiga api yaitu:



Gambar 2.4 Segitiga Api

(Sumber : Anonim, 2019)

- a. Adanya oksigen yang memenuhi terjadinya api, kadar oksigen pada udara bebas 21%
- b. Adanya bahan yang mudah terbakar seperti kayu, kertas, bensin, solar, minyak tanah, dan gas.
- c. Adanya sumber panas seperti loncatan bunga api, panas dari listrik, panas karena gesekan, dan lain-lain.

Jika salah unsur terjadinya api tersebut tidak ada ataupun dihilangkan maka api akan padam dengan sendirinya dan atau tidak akan terjadi api.



## 2.2.6 Dasar Perhitungan Pengujian Minyak Pirolisis

### 1. Viskositas

Viskositas merupakan besarnya nilai kekentalan pada suatu cairan atau minyak yang merupakan ukuran kecepatan bergerak atau daya tolak suatu cairan untuk mengalir (Arisandi, dkk, 2012). Viskositas juga dapat diartikan gaya tarik-menarik antar molekul satu dengan yang lain. Viskositas pada minyak atau fluida memiliki faktor yang mempengaruhi kekentalan yaitu suhu, tekanan (*pressure*), berat molekul, dan konsentrasi. Jika suhu pada minyak (fluida) meningkat, maka nilai viskositas akan semakin menurun.

Viskositas terbagi menjadi dua jenis yaitu viskositas kinematik dan viskositas dinamik. Viskositas kinematik adalah viskositas yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi, sedangkan viskositas dinamik tidak dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Viskositas minyak dapat diukur menggunakan alat viskometer. Macam-macam viskometer untuk mengukur viskositas sebuah minyak yaitu :

- a. Viskometer *Kapiler / Ostwald*
- b. Viskometer *Hoppler*
- c. Viskometer *Cup and Bob*
- d. Viskometer *Cone and Plate*

Dalam pengujian viskositas minyak hasil pirolisis ini menggunakan alat ukur viskositas yaitu viskometer *cone and plate / brookfield*. Cara kerja dari

alat ukur viskometer *cone and plate* yaitu bahan sampel ditempatkan pada wadah sampel tepat di bawah *spindle* kerucut, kemudian dinaikkan supaya kerucut tepat di atas sampel. Kerucut pengaduk akan berputar digerakkan oleh gaya putar dari motor dengan kecepatan (RPM) yang bervariasi dan bahan sampel akan tergeser didalam ruang semitransparan yang diam.

Kelebihan dari viskometer *cone and plate* yaitu dapat mengetahui kekentalan sampel yang tinggi, memiliki *spindle* yang sesuai dengan tingkat kekentalan bahan sampel, dan dapat digunakan pada bahan sampel yang berwarna maupun tidak memiliki warna. Alat ukur ini juga memiliki kekurangan yaitu harus mengganti cairan silikon murninya setiap tahun.



Gambar 2.5 Viskometer *Cone and Plate*

(Sumber : Ardianto, dkk, 2012)

## 2. Nilai Kalor

Nilai kalor bawah atau rendah (*Low Heating Value, LHV*), merupakan nilai kalor bahan bakar yang dihasilkan melalui uap air dengan tanpa perhitungan kalor laten. Kandungan hidrogen yang terdapat pada bahan bakar minyak biasanya sebesar 15% ,maka setiap satuan bahan bakar

mengandung 0,15 hidrogen. Nilai kalor atas (*High Heating Value*, HHV), merupakan nilai kalor yang diperoleh secara eksperimen dengan menggunakan bom kalorimeter dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya. HHV dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{HHV} = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times C_v \dots\dots\dots(1)$$

ASME (*American Society of Mechanical Engineers* )

Dimana :

HHV = Nilai kalor atas (kJ/kg)

$T_1$  = Temperatur air pendingin sebelum penyalaan ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_2$  = Temperatur air pendingin sesudah penyalaan ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$C_v$  = Panas jenis bom Kalorimeter (73259,6 kJ/kg  $^{\circ}\text{C}$ ).

$T_{kp}$  = Kenaikan temperature akibat kawat penyala (0,005  $^{\circ}\text{C}$ ).

Sedangkan persamaan nilai kaor rendah (*Low Heating Value*, LHV) yaitu :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2400 (M+9H_2) \dots\dots\dots(2)$$

SAE (*Society of Automotive Engineers*)

Dimana :

LHV = Nilai kalor bawah (kJ/kg)

M = Persentase kandungan air dalam bahan bakar (*moisture*)

$H_2$  = Persentase hydrogen dalam bahan bakar

Untuk mencari nilai kalor pada minyak hasil pirolisis ini menggunakan alat ukur *bomb calorimeter*. Cara kerja dari kalorimeter bom yaitu bahan sampel ditempatkan pada tabung beroksigen yang kemudian dicelupkan didalam medium penyerap kalor (kalorimeter), dan bahan sampel akan terbakar karena api panas listrik yang ditimbulkan dari kawat logam yang terpasang dalam tabung.



Gambar 2.6 Kalorimeter

### 3. Massa Jenis

Massa jenis merupakan nilai massa setiap satuan volume benda (Putra, dkk, 2017). Rata-rata massa jenis suatu benda adalah hasil dari total massa dibagi dengan total volumenya. Semakin tinggi massa jenis benda, maka semakin besar massa setiap volumenya. Satuan SI massa jenis adalah  $\text{kg/m}^3$ .

Persamaan massa jenis =  $m/v$ .....(3)

Dimana :  $m$  = Massa (kg)

$V$  = Volume ( $\text{m}^3$ )

Dalam pengujian atau pengukuran berat jenis minyak hasil pirolisis ini menggunakan alat ukur piknometer. Cara menggunakan alat ukur piknometer yaitu :

- a. Melihat berapa volume dari piknometernya (tertera pada bagian tabung ukur), biasanya ada yang bervolume 10 ml , 25 ml ,dan 50 ml.
- b. Menimbang piknometer dalam keadaan kosong.
- c. Memasukkan fluida yang akan diukur massa jenisnya ke dalam piknometer tersebut.
- d. Menutup piknometer apabila volume yang diisikan sudah tepat.
- e. Menimbang massa piknometer yang berisi fluida tersebut.
- f. Menghitung massa fluida yang dimasukkan dengan cara mengurangkan massa piknometer berisi fluida dengan massa piknometer kosong.
- g. Setelah mendapat data massa dan volume fluidanya, kita dapat menentukan nilai rho/massa jenis ( $\rho$ ) fluida dengan persamaan:  $\rho$  ( $\rho$ ) =  $m/V = (\text{massa pikno} + \text{isi}) - (\text{massa pikno kosong}) / \text{volume}$ . Adapun satuan yang biasanya di gunakan yaitu massa dalam satuan gram (gr) dan volume dalam satuan  $\text{ml} = \text{cm}^3$
- h. Membersihkan dan mengeringkan piknometer.



Gambar 2.7 Piknometer

(Sumber : Anonim, 2019)