

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 State-of-the-Art Penelitian

*Biofuel* dari biji karet merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Pada umumnya dibutuhkan proses yang tepat untuk menghasilkan *biofuel*. Pirolisis merupakan salah satu proses pembentukan *biofuel* dimana pirolisis ini merupakan dekomposisi termal dari biomassa yang terjadi dalam ketidakhadiran oksigen dengan suhu operasi berkisar antara 250°C sampai 550 °C yang bisa mencapai hingga 700 °C. Proses pirolisis menyusun bahan organik menjadi campuran padat, cair dan gas. Hasil *biofuel* yang didapatkan dari proses pirolisis tidak lepas dari penggunaan alat Pirolisis yang memadai, adapun beberapa penelitian sebelumnya mengenai pirolisis dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Penelitian Pirolisis Terdahulu

Peneliti	Jenis Penelitian	Hasil
Ayu Ratna Pemasari dkk, 2022	ThePyrolysis ReactorDesign And The Effect Of Liqu Smoke From Coconut Shell On Microbial Contamination Tofu	Alat pirolisis dirancang dengan 2 komponen utama; tabung pembakaran dengan pemanas di dalamnya dan kondensor tipe kumparan heliks. Hasil yang didapatkan 32,23% dengan kadar fenol dan asam setelah pemurnian 0,73 & dan 12,26% (b / v).
Chaiya dkk, 2013	Pirolisis Cangkang biji karet dan kernel biji karet dengan variasi temperatur 300 °C sampai 450°C	Hasil Pirolisis variasi suhu menghasilkan biofuel tertinggi pada suhu maksimal yaitu suhu 450 °C sebesar 38.22 %,
M. Lukmana, B. Alexander, dan H. Iswahyudi , 2020	Perancangan Alat Pirolisis Portable Untuk Pembuatan Asap Cair Dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit	Hasil perancangan alat pirolisis untuk menkonversi pelepah sawit dengan pemanas kompor dengan hasil sebesar 39 %
Damanik,2020	Perancangan Dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga Menggunakan limbah biomassa Tempurung Kelapa	Hasil dari Alat pirolisis tempurungkelapa menghasilkan 194 ml <i>biofuel</i> Menggunakan media pemanas yaitu kompor gas.

Peneliti	Jenis Penelitian	Hasil
Rajib Azri dkk ,2014	Pirolisis Biomassaa Pelepah Sawit Menjadi Bio-Oil Dengan Katalis Natural Zeolit dengan konsentrasi 0%; 1%; 2%; 3% dan 4%	Perolehan yield bio-oil pada variasi katalis NZA 0%; 1%; 2%; 3% dan 4% b/b berturut-turut sebesar 32,6%; 35,6%; 40,8%; 44,4% dan 42,8%. Hasil yield bio-oil yang terbaik diperoleh pada variasi katalis NZA 3% yakni 44,4%.
Aulia Nur Afriliana dkk , 2020	Pirolisis cangkang kelapa sawit dengan variasi suhu , 300 °C sampai 400 °C	Hasil Pirolisis variasi suhu menghasilkan bio oil tertinggi pada suhu maksimal yaitu suhu 400 °C sebesar 468 mL
Faldi Lulrahman dan Andi Irawan 2019	Pirolisis tempurung kelapa dengan variasi temperature yaitu variasi temperatur 250°C, 280°C, 310°C, 350°C , variasi waktu 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit dan variasi variasi ukuran partikel tanpa pengecilan ukuran, 7-8 cm, dan 2-3 cm	Kondisi operasi optimum terjadi pada temperatur pirolisis 350°C, waktu pirolisis 150 menit, ukuran partikel limbah tempurung kelapa 2-3 cm, dan kadar air limbah tempurung kelapa 4,8835%

## 2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termal dari biomassaa yang terjadi dalam ketidakhadiran oksigen dengan suhu operasi berkisar antara 300 sampai 550 °C yang bisa mencapai hingga 700 °C. Proses pirolisis menyusun bahan organik menjadi campuran padat, cair dan gas yang mana proporsinya tergantung dari metode pirolisis, karakteristik biomassaa dan parameter reaksi [11]. Hal tersebut mengandung pengertian bahwa apabila cangkang dipanaskan tanpa berhubungan dengan udara dan diberi suhu yang agak tinggi, maka akan terjadi reaksi penguraian dari senyawa-senyawa kompleks yang menyusun cangkang dan menghasilkan zat dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas.

Pirolisis didefinisikan sebagai proses degradasi termal dari bahan padat pada kondisi udara atau oksigen terbatas. Pirolisis juga disebut sebagai proses perengkahan atau cracking. Proses cracking ada dua macam yaitu thermal cracking dan catalytic cracking.

Proses perengkahan menggunakan tekanan tinggi dan suhu yang berkisar 250°C sampai dengan 900°C tanpa menggunakan katalis disebut dengan perengkahan termal, sedangkan dengan menggunakan suhu dan tekanan yang lebih rendah dengan adanya katalis disebut dengan perengkahan katalitik [19]. Pada reaksi kimia pirolisis biomasa, terdapat tiga faktor yang berpengaruh :

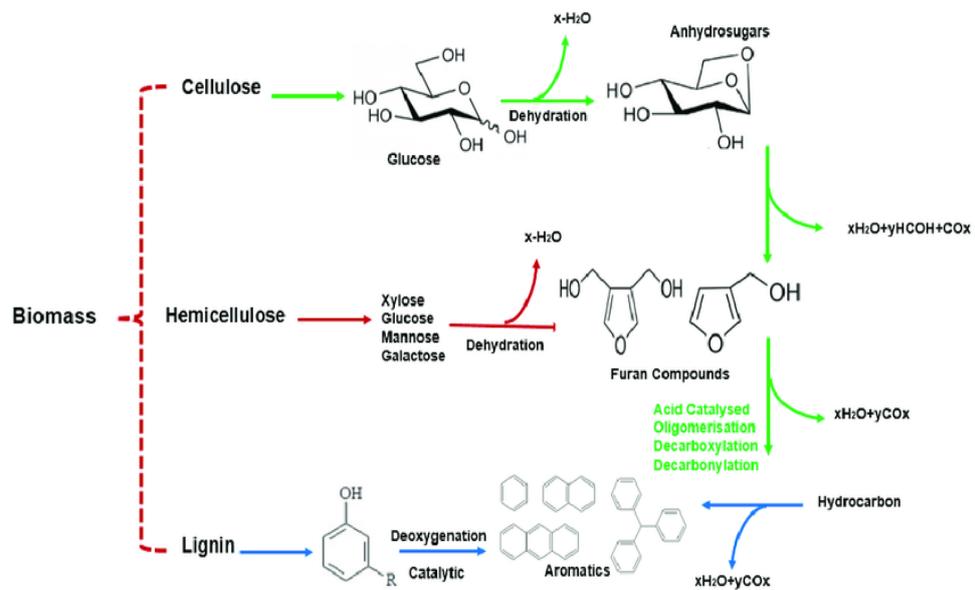
1. Bahanbaku : komposisi kimia, kadarair.
2. Reaktor : vertical – shaft / batch reactor, rotatingtubular fluidized – bedreactor.
3. Kondisioperasi : suhu pirolisis, waktu pirolisis (waktu tinggal).

Seiring waktu reaksi dan suhu dinaikkan, komposisi dari produk pirolisis berkembang menjadi komponen yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Dekomposisi bahan organik dijabarkan

Suhu	Kondisi biomassaa dalam reaktor
100 – 200°C	Merupakan kondisi pengeringan dengan pemanasan, dehidrasi.
250°C	Adalah kondisi hilangnya cairan dan karbon dioksida, evolusi hidrogen.
340°C	Yaitu kondisi putusnya rantai karbon makro molekul
380°C	Merupakan kondisi tahap pirolisis, pengayaan karbon.
400°C	Merupakan kondisi pecahnya rantai C-O dan C-H.
400 – 600°C	Merupakan kondisi konversi komponen organik cair dalam hal ini Untuk menghasilkan produk pirolisis cair (tar).
600°C	Adalah kondisi pemecahan komponen organik cair untuk menghasilkan komponen yang stabil (gas, hidrokarbon rantai pendek) senyawa aromatic (senyawa bensen).
>600°C	Yaitu kondisi pemanasan aromatis menghasilkan bensen dan aromatik titik didih tinggi.

Proses pirolisis dianggap memiliki harapan besar sebagai sarana untuk mengubah biomassaa menjadi bahan kimia dan bahan bakar bernilai lebih tinggi. Pirolisis terletak di jantung dari semua proses konversi bahan bakar termokimia dan diasumsikan menjadi jalan untuk produk jenis minyak bumi dari sumber daya biomassaa. Mekanisme reaksi pirolisis biomassaa dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Mekanisme reaksi pirolisis biomassa

Mekanisme reaksi untuk pirolisis katalitik selulosa telah dipelajari dalam literatur dan hasilnya menunjukkan bahwa selulosa terutama diubah menjadi anhydrosugars dan senyawa ringan lainnya seperti asetal, gas, arang, dan kokas. CFP lignin telah menunjukkan hasil cair dan gas yang rendah dan produk arang yang tinggi. Seperti yang dinyatakan, awalnya, lignin terurai menjadi senyawa oksigenat seperti fenol melalui pembelahan ikatan  $\text{-O-4}$ ,  $\text{-O-4}$ , dan ikatan CC dan CO lainnya, dan kemudian polimerisasi ulang lignin terjadi untuk membentuk arang. Produksi aromatik terjadi melalui serangkaian reaksi yang meliputi dehidrasi, dekarboksilasi, dekarbonilasi, dan oligomerisasi.

### 2.2.1 Reaktor pirolisis

Reaktor pirolisis Biomassaa adalah alat pengurai senyawa – senyawa kimia yang dilakukan dengan cara pemanasan tanpa tercampur dengan udara luar. Sebuah reaktor adalah alat utama dalam proses pirolisis yang dimana bahan baku diubah menjadi minyak. Pyrolisis dirancang untuk seluruh jenis biomassaa, seperti untuk menkonversi pelepah sawit dengan pemanas kompor dengan hasil sebesar 39%, [20] dan perancangan reaktor pirolisis untuk mengkonversi cangkang kelapa dengan hasil sebesar 32%. [21]

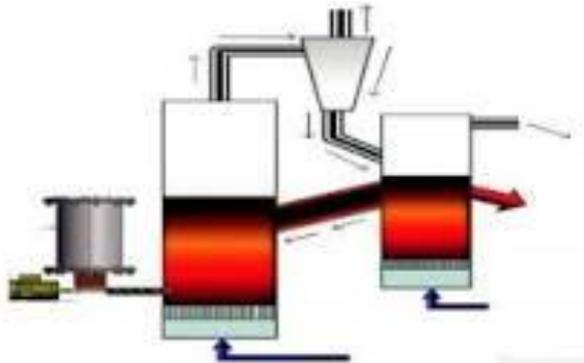
Cara kerja pada reaktor pirolisis biomassaa ini adalah dengan cara memasukan Bahan baku biomasa pada tungku reaktor bersamaan dengan katalis, kemudian biomasa

akan dipanaskan didalam tungku reaktor yang memiliki suhu sekitar  $400^{\circ}\text{C}$  -  $700^{\circ}\text{C}$ , dan akan terjadi perubahan pada biomasa menjadi uap dan cair. Uap hasil pemanasan akan menuju kondensor untuk dikondensasi fasa cair akan keluar pada bagian bawah kondensor dan fasa gas akan keluar pada bagian atas. Inovasi dalam kondensor seperti penggunaan pipa udara sebagai media kondensasi dengan hasil maksimal 50% [22]. Hasil cair kemudian di analisa GC-MS untuk mengetahui kandungan produk *biofuel*.

### Jenis-jenis reaktor pirolisis sebagai berikut :

#### a. Fixed-Bed Pirolisis

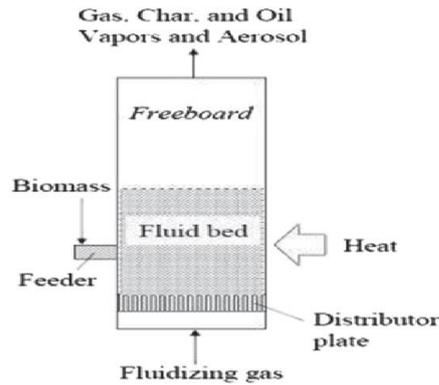
Fixed-Bed pirolisis merupakan reactor tetap yang paling lama digunakan. Salah satu keuntungan menggunakan tipe ini yaitu cukup sederhana, dan harga yang masih cukup murah. Tipe jenis ini juga dapat menangani biomassa yang memiliki kandungan air yang cukup banyak. Kekurangan dari tipe ini yaitu memiliki kandungan tar yang cukup tinggi yaitu 10-20% [14].



**Gambar 3.** Reaktor Fixed-Bed Pirolisis

#### b. Bubbling-Bed Pirolisis

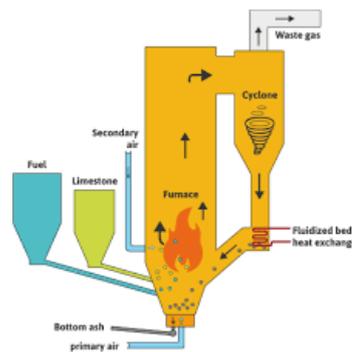
Reaktor Bubbling-Bed Pirolisis didapat beroperasi pada tekanan normal 1 atm dengan temperature sedang  $300-600^{\circ}\text{C}$  dan dapat menghasilkan minyak bio-oil hingga 75% dari total massa. Biomassa masuk dalam reactor melalui screw feeder dan akan bercampur dengan media berupa pasir silica atau katalis, sementara itu dari bawah bed mengalir fluidizing gas untuk mempercepat uap pirolisis keluar dari reactor [14].



**Gambar 4.** Reaktor Bubbling-Bed Pirolisis

c. Circulating Fluidized Bed

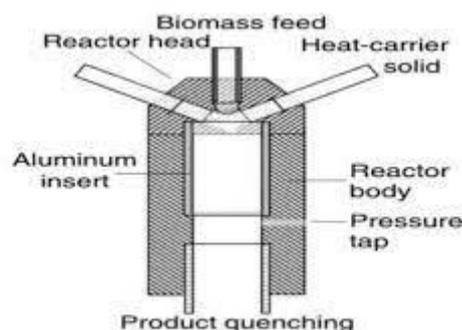
Circulating fluidized bed adalah jenis reaktor pirolisis yang mirip dengan Bubbling-Bed pyrolyzer. Letak perbedaannya pada saluran keluar uap pirolisis yang dilengkapi dengan cyclone untuk memisahkan antara uap pirolisis dan partikel pengikat (arang dan pasir silica atau katalis).[14]



**Gambar 5.** Circulating Fluidized Bed

d. Ultra-Rapid Prolyzer

Reaktor ini merupakan tipe reaktor dengan laju pemanasan yang cukup tinggi dengan capaian suhu  $650^{\circ}\text{C}$ . Dengan suhu tinggi mampu menghasilkan produk cairan hingga 90% dari biomassaa yang digunakan. [14]



**Gambar 6.** Ultra-Rapid Prolyzer

### 2.2.2 Bagian-bagian Utama Reaktor Pirolisis

Reaktor Pirolisis Biomassaa memiliki bagian atau komponen utama yaitu :

#### a. Tungku Reaktor

Tungku reaktor pirolisis adalah tempat untuk pemanasan dari reaktor pirolisis yang didalam tungku tersebut memiliki suhu berkisar  $300^{\circ}$  -  $700^{\circ}$ , tungku reaktor ini dibuat dengan penambahan lapisan Isolasi Rockwool guna mencegah panas berlebih keluar dari dalam tungku.

#### b. Pemanas (Heater)

Pemanas pada reaktor adalah media untuk memanaskan tungku reaktor, Contoh pemanas anatara lain band heater, burner, dan kompor.

#### c. Kondensor

Kondensor adalah tempat dimana hasil proses pirolisis dikondensasi menjadi cair, dengan menukar panas dari produk dengan air pendingin dari cooler, sehingga ketika suhu produk dari tungku menurun maka akan terjadi kondensasi.

#### d. Cooler

Cooler atau pendingin adalah tempat dimana air pendingin untuk kondensor berasal, alat cooler secara sederhana adalah sebuah bak penampungan air yang diisi dengan air

#### e. Pipa penghubung

Pipa merupakan saluran tertutup sebagai komponen pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energy dalam aliran. Pipa ditentukan berdasarkan nominalnya. Tube adalah salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya.

## 2.3 Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*)

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) merupakan salah satu tanaman tropis perkebunan yang banyak dibudidayakan, selain diambil getahnya tanaman karet juga memiliki potensi lain yaitu terdapat pada bijinya. Namun permasalahan yang terjadi adalah biji karet memiliki kandungan asam sianida (HCN) yang tinggi dan bersifat toksik, sehingga perlu dilakukan preparasi yang tepat agar kandungan asam sianida pada biji karet hilang [23]

### 2.3.1 Biji Karet

Biji karet atau (*Heveabrasilliensis*) merupakan produk sampingan yang dapat dikategorikan belum termanfaatkan secara optimal, karena baru sebagian kecil yang digunakan sebagai bibit. Kandungan gizi yang cukup baik dalam biji karet tidak bias dimanfaatkan secara optimal tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu karena adanya senyawa beracun berupa asam sianida (HCN) yang cukup tinggi [23].

Biji karet mempunyai bentuk ellipsoidal, dengan panjang 2,5-3 cm, yang mempunyai berat 2-4 gram/biji. Biji karet terdiri dari 40-50% kulit yang keras berwarna coklat, dan 50-60% kernel yang berwarna putih kekuningan. Kernel biji karet terdiri dari 45,63% minyak, 2,71% abu, 3,71% air, 22,17% protein dan 24,21% karbohidrat, sehingga biji karet berpotensi digunakan sebagai sumber minyak. Biji karet dan Kernel dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Biji Karet dan Kernel

### 2.3.2 Cangkang Biji Karet

Cangkang biji karet adalah bahan yang selama ini dikenal sebagai bahan yang kurang bermanfaat. Sebenarnya ada manfaat lebih dari bahan tersebut yaitu sebagai bahan untuk mempercepat penggumpalan lateks dan bahan untuk menghilangkan bau karet yang sudah dibekukan. Hal ini dikarenakan cangkang buah karet mengandung senyawa fenol dan senyawa aromatik lainnya. Cangkang buah karet memiliki lapisan yang sangat keras dan proses pembakarannya berlangsung lambat sehingga menghasilkan banyak asap, dan memiliki kandungan senyawa aromatik dan mengandung senyawa asam yang lebih banyak dibandingkan dengan kayu lunak [24].

Pada cangkang biji karet terdapat serat yang mengandung selulosa, hemiselulosa, lignin, *waxes*, dan beberapa senyawa yang larut dalam air dengan komposisi setiap serat berbeda-beda. Kandungan cangkang biji karet akan sangat mampu dijadikan sebagai bahan bakar dimana kandungan utama berupa karbon dan hidrogen sangat tinggi yang terkandung dalam senyawa 38,11% selulosa, 18,74% lignin, 26,09% hemiselulosa [8]. Cangkang biji karet dapat dilihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Cangkang biji Karet

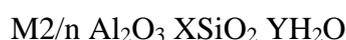
## 2.4 Zeolit

Kata “zeolit” berasal dari kata Yunani *zein* yang berarti membuih dan *lithos* yang berarti batu. Zeolit adalah mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit yaitu putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan. Ukuran kristal zeolit kebanyakan tidak lebih dari 10–15 mikron [25].

Zeolit merupakan suatu mineral yang terdiri atas kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Ion-ion alkali tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak struktur zeolit. Pemanfaatan zeolit umumnya berdasar pada porositas tinggi, muatan di permukaan, keberadaan kation-kation tukar, serta jumlahnya yang melimpah di alam [26].

### 2.4.1 Struktur Zeolit

Rumus Zeolit



Dimana :  $n$  = Valensi kation M (alkali / alkali tanah)

$x, y$  = Jumlah tetrahedron per unit sel

$m$  = Jumlah molekul air per unit sel

$M$  = Kation alkali / alkali tanah

#### 2.4.2 Sifat Zeolit

Struktur dan komposisi zeolit seperti yang diuraikan secara singkat di atas menjadikan zeolit sebagai padatan yang memiliki sifat-sifat kimia yang unik, diantaranya [27].

- a. Sangat berpori karena kristal zeolit sebenarnya merupakan kerangka yang terbentuk dari jaringan tetrahedra  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$ .
- b. Pori-porinya berukuran molekul karena pori zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6,8,10 atau 12 tetrahedra.
- c. Dapat mempertukarkan kation karena perbedaan muatan  $\text{Al}(+3)$  dan  $\text{Si}(+4)$  menjadikan atom Al dalam kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian kerangka ini mudah diganti dengan kation lainnya.
- d. Dapat diubah menjadi padatan yang bersifat asam karena penggantian kation penetral dengan proton menjadikan zeolit sebagai padatan asam Bronsted.
- e. Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedra dapat dikontakkan dengan bahan-bahan pemodifikasi. Modifikasi yang dikenakan pada zeolit diantaranya adalah: pertukaran ion, penggantian inti tetrahedra dengan atom logam lainnya seperti Ga, Fe, B, dan Ti, pengendalian keasaman baik jumlah maupun kekuatan pusat asamnya dengan cara mengatur perbandingan Si/Al dalam kerangka kristal.

Selain sifat kimianya, sifat-sifat fisik zeolit adalah:

- a) Warna zeolit  
Umumnya berwarna putih atau bening jika belum mengalami pengotoran, tetapi dapat berwarna merah daging, merah muda atau kelabu dengan adanya inklusi dari oksidasi atau mineral-mineral asing lainnya;
- b) Bentuk kristal zeolit  
secara umum ada 3 macam yaitu berserabut atau berserat, pipih, dan bersegi atau ekuidimensional;
- c) Ukuran kristal zeolit

Umumnya lebih dari 2 mikron dan maksimum dapat mencapai 4 inci.

d) Berat jenis zeolit

Berat jenis zeolit relatif rendah rata-rata 2,0 – 2,5.

e) Kekerasan

Ukuran kekerasan pada skala Mohs: 2,5 – 10.

f) Indeks refraksi

Indeks refraksi berkisar 1,44 – 1,52.

g) Tidak berkilap (suram atau kabur) kecuali pada beberapa bidang belahan tertentu, ditemukan kilap seperti mutiara

## 2.5 Biofuel

*Biofuel* adalah bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa berasal dari tumbuhan dan hewan. Contoh biomassa yaitu kayu, tanaman dan produk pertanian, tumbuhan air, limbah tumbuhan dan hewan. Biomassa merupakan bahan *biofuel* yang dapat diperbaharui. Dalam arti yang umum *biofuel* merupakan semua jenis bahan bakar padat, cair dan gas yang berasal dari biomassa. Contoh *biofuel* padat yaitu kayu, arang dan ampas tebu. Contoh *biofuel* gas yaitu gas metana. Gas metana dapat diperoleh dari fermentasi anaerobik kotoran hewan. Contoh *biofuel* cair yaitu etanol, minyak tumbuhan dan biodiesel [28].

*Biofuel* dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian. Ada tiga cara untuk pembuatan biofuel antara lain pembakaran limbah organik kering, fermentasi limbah basah tanpa oksigen untuk menghasilkan biogas, atau fermentasi untuk menghasilkan alkohol ester, dan energi dari hutan.

*Biofuel* yang dihasilkan dari proses pirolisis berupa cairan berwarna kekuningan sampai kecoklatan disertai bau yang menyengat. *Biofuel* dianggap sebagai campuran senyawa kompleks dengan aplikasi yang sangat terbatas sebagai bio-oil mentah karena sifatnya yang buruk. Minyak nabati mentah hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler, tetapi tidak untuk mesin karena nilai kalor, kadar air, dan keasamannya yang rendah.

## 2.6 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Cair

### 2.6.1 Viskositas

Viskositas merupakan 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, temperatur, kehadiran zat lain, ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, konsentrasi larutan. Rumus Viskositas:

$$\eta \text{ dinamis} = k (\rho \text{ bola} - \rho \text{ minyak}) t \quad (1)$$

$$\eta \text{ kinematik} = (\eta \text{ dinamis}) / (\rho \text{ minyak}) \quad (2)$$

### 2.6.2 Densitas

Densitas atau massa jenis atau rapatan merupakan pengukuran massa setiap satuan volume dengan satuan standar pengukuran tertentu, seperti kg/m<sup>3</sup> atau g/cc [29]. Densitas (Berat Jenis) merupakan perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki specific gravity 0,74 – 0,96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Pada beberapa literatur digunakan American Petroleum Institute (API) gravity. Specific gravity dan API gravity adalah suatu pernyataan yang menyatakan density (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan.

Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana semakin tinggi API Gravity atau makin rendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah API Gravity maka semakin banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah.

### 2.6.3 Titik Nyala (*flash point*)

Titik nyala (*flash point*) merupakan angka yang menyatakan suhu terendah bahan bakar minyak akan timbul penyalaan waktu sesaat, jika permukaan minyak didekatkan pada nyala api. Titik nyala ini diperlukan sehubungan dengan berdasarkan keamanan (*safety*) terhadap kebakaran pada proses penyimpanan dan pengangkutan bahan bakar minyak [30]. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester*.

### 2.7.4 Yield

Yield merupakan perbandingan antara jumlah produk yang dihasilkan dengan jumlah bahan baku yang digunakan. Yield dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Yield} = \frac{mp}{mb} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Mp = massa produk (gr)

Mb = massa bahan baku (gr)

### 2.6.4 Analisa Senyawa Kimia dengan *Gas Chromatography-Mass Spectroscopy* (GC-MS)

*Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GC-MS) merupakan teknik kromatografi gas yang digunakan bersama dengan spektrometri massa. Penggunaan Kromatografi gas dilakukan untuk mencari senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah jika dipanaskan [31]. Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang dianalisis dengan waktu retensi zat pembanding pada kondisi analisis yang sama. Sementara untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan relative dari luas puncak kromatogram komponen yang dianalisis terhadap zat baku pembanding yang dianalisis.

Metode analisis GC-MS adalah dengan membaca spektra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut. Pada spektra GC jika terdapat bahwa dari sampel mengandung banyak senyawa, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (peak) dalam *spektra* GC tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa apa saja yang ada dalam sampel. Selanjutnya adalah dengan memasukkan senyawa yang diduga tersebut kedalam instrumen spektrometer massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spektra spektrometri massa pada grafik yang berbeda. Informasi yang diperoleh dari kedua teknik ini yang digabung dalam instrumen GC/MS adalah tak lain hasil dari masing-masing spektra. Untuk spektra GC, informasi terpenting yang didapat adalah waktu retensi untuk tiap-tiap senyawa dalam sampel sedangkan untuk spektra MS, bisa diperoleh informasi mengenai massa molekul relatif dari senyawa sampel tersebut.