

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Wardana (2016) melakukan penelitian pirolisis dengan menggunakan biomassa dari cangkang sawit dan kantong plastik yang dicampur dan dipotong dengan ukuran 3 cm sampai 7 cm dalam persentase campurannya yaitu 0%, 10%, 20% dan 30%. Biomassa kemudian dimasukkan kedalam *pyrolizer* bertipe *fixedbed* dan dicampur dengan katalis zeolit alam. *Pyrolizer* dinyalakan dan diatur pada suhu 400 °C, 450 °C dan 500 °C, uap yang dihasilkan dari penelitian ini kemudian didinginkan dengan pendinginan air yang terpisah. Hasil dari proses pirolisis kemudian dianalisis dengan menguji kandungan senyawa – senyawa yang ada di *bio oil* dengan menggunakan alat GC-MS. Katalis zeolit alam pun dapat mempengaruhi hasil *bio oil* yaitu meningkatnya senyawa fenol, alkana dan alkena dengan pengurangan senyawa asam.

Saputra dkk (2007) meneliti tentang pirolisis limbah padat kelapa sawit menjadi *bio oil*. Sebelum proses dilakukan, limbah padat kelapa sawit yang terdiri dari batang, tandan kosong dan pelepah dipotong kecil – kecil dan diayak hingga menghasilkan biomassa berukuran 6-10 *mesh* dan 2-6 *mesh* kemudian dipanaskan dengan oven untuk mengurangi kadar airnya. Lalu biomassa dimasukkan ke dalam reaktor, reaktor dipanaskan pada suhu 450 °C, 500 °C, 550 °C, dan 600 °C. Uap yang dihasilkan kemudian dikondensasikan sehingga menghasilkan *bio oil*. *Bio oil* maksimum yang dihasilkan dari proses ini diperoleh pada suhu 500 °C dan ukuran partikel 2-6 *mesh*. Dari analisa gas *chromatography bio oil* limbah padat kelapa sawit mengandung senyawa etanol, benzena, toluene dan xylon atau xylene.

Gapurman dkk (2012) melakukan penelitian tentang proses pirolisis cangkang sawit dengan katalis Co/Lempung, cangkang sawit yang telah dibersihkan dan dikeringkan guna menghilangkan kadar airnya kemudian dihaluskan dan diayak hingga mencapai ukuran -40+60 *mesh*, biomassa sebanyak 50 gram dicampur dengan 500 *thermal air* dan 1,5 gram katalis Co/lempung

kemudian dimasukkan ke dalam reaktor dan dipanaskan sampai temperatur 320 °C. *Bio oil* yang dihasilkan dari proses pirolisis ini memiliki karakteristik densitas sebesar 1,036 gr/ml, viskositas 11,42 cSt dan *flash point* 53 °C.

Akbar (2013) telah meneliti karakteristik sintesis katalis Ni/ZSM-5 untuk pirolisis cangkang sawit pada suhu 400 °C dan 500 °C. Pada proses pengujian aktivitas katalis Ni/ZSM-5 menunjukkan bahwa luas permukaan katalis berbanding lurus terhadap *yield bio oil* yang dihasilkan dan menghasilkan *bio oil* dengan densitas sebesar 0,954 gr/ml, viskositas 13,196 cSt dan titik nyala 62 °C.

Endang dkk (2013) telah melakukan penelitian tentang pengolahan plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan PP (*Polypropylene*) menjadi bahan bakar minyak, sebelum proses pirolisis dimulai, bahan – bahan plastik LDPE dan PP dibersihkan dan dicacah menjadi kecil, kemudian biomassa plastik dimasukkan ke dalam reaktor beserta katalis zeolit dan reaktor dipanaskan hingga suhu 400 °C, kemudian dilakukan kembali pada temperatur 350 °C, 300 °C, serta 250 °C. Dari proses ini menghasilkan *bio oil* paling banyak dari plastik PP pada suhu 400 °C (50,08 %) sedangkan dari plastik LDPE pada suhu 300 °C (46,02 %), sedangkan nilai densitas dari *bio oil* plastik PP dan LDPE mendekati dari nilai densitas minyak tanah dan solar, untuk nilai viskositas dari keduanya mendekati nilai viskositas bensin, dan nilai kalor *bio oil* dari plastik PP dan LDPE mendekati nilai kalor solar.

Mustafa (2014) melakukan penelitian tentang metode pirolisis menggunakan sampah plastik pada temperatur 900 °C. Uap hasil dari proses pirolisis kemudian dikondensasi melalui *crassflow condensor*. Dari proses ini menghasilkan *bio oil* dengan nilai kalor sebesar 46,848 MJ/kg yang memiliki arti lebih besar dari pada pengolahan sampah plastik suhu 425 °C yaitu sebesar 41.870 MJ/kg, selain itu, *bio oil* yang dihasilkan memiliki sifat lebih aman terhadap sifat karsinogenik.

Norsujianto (2014) telah meneliti pirolisis sampah plastik sebagai bahan bakar alternatif dengan menggunakan reaktor bertipe *batch*. Plastik LDPE sebagai bahan utama dan katalis natural zeolit dimasukkan ke dalam reaktor lalu dipanaskan sampai suhu 400 °C. Uap air yang keluar dikondensasi secara paksa,

menghasilkan produk cair sebesar 24,64% dan produk gas 51,65%. Minyak pirolisis yang dari bahan baku plastik tunggal mempunyai properti minyak yang paling baik dilihat dari massa jenis yang rendah yaitu 0,7993 kg/m<sup>3</sup>, viskositas kinematis yang rendah 1,836 mm<sup>2</sup>/s dan nilai kalor tinggi 45,79 MJ/kg.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata *Pyro* (*Fire/Api*) dan *Lyo* (*Loosening/Pelepasan*) untuk dekomposisi termal dari suatu bahan organik. Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor dengan pengurangan atmosfer (hampa udara) pada temperatur hingga 500 °C. Limbah plastik dan cangkang kelapa sawit melalui proses pirolisis mampu diubah menjadi *feedstock* petrokimia seperti nafta, *liquid* dan *wax* seperti hidrokarbon dan gas serta minyak dasar untuk pelumas. Proses pengolahan sampah plastik dengan menggunakan metode pirolisis masih memiliki kelemahan yaitu tidak efisien pada pembuatan reaktor dalam skala besar hal ini diakibatkan oleh terjadinya *bubling*, *chanelling*, dan kurang ekonomis sehingga masih menyisakan residu. Untuk mengatasi kelemahan tersebut proses pirolisis diperlukan proses tambahan untuk mendegradasi secara sempurna sampah plastik dan cangkang kelapa sawit hasil sisa dari proses pirolisis. Proses pirolisis dikategorikan menjadi 4 tipe yaitu :

1. Pirolisis Lambat (*Slow Pyrolysis*)

Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan rata-rata 400 °C. Pirolisis ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.

2. Pirolisis Cepat (*Fast Pyrolysis*)

Pirolisis ini dilakukan pada pemanasan 0,5-2 detik, suhu 600-1000 °C dan proses pemadaman dengan cepat pada akhir proses. Pemadaman yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat

molekul rendah. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk minyak pirolisis yang hingga 75% lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis konvensional.

### 3. Pirolisis Kilat (*Flash Pyrolysis*)

Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik saja dengan pemanasan yang sangat tinggi. *Flash pyrolysis* pada biomassa membutuhkan pemanasan yang cepat dan ukuran partikel yang kecil sekitar 105-250  $\mu\text{m}$ .

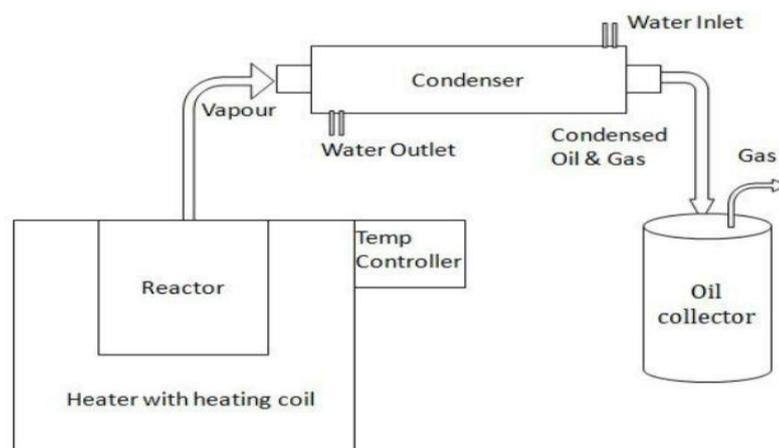
### 4. Pirolisis Katalik Biomassa

Pirolisis katalitik biomassa untuk membuktikan kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak tersebut diperoleh dengan cara pirolisis katalitik biomassa tidak memerlukan teknik pra-pengolahan sampel yang mahal yang melibatkan kondensasi dan penguapan kembali.

Ada beberapa macam jenis reaktor yang dapat digunakan yaitu sebagai berikut :

#### 1. *Fixed Bed Reactor*

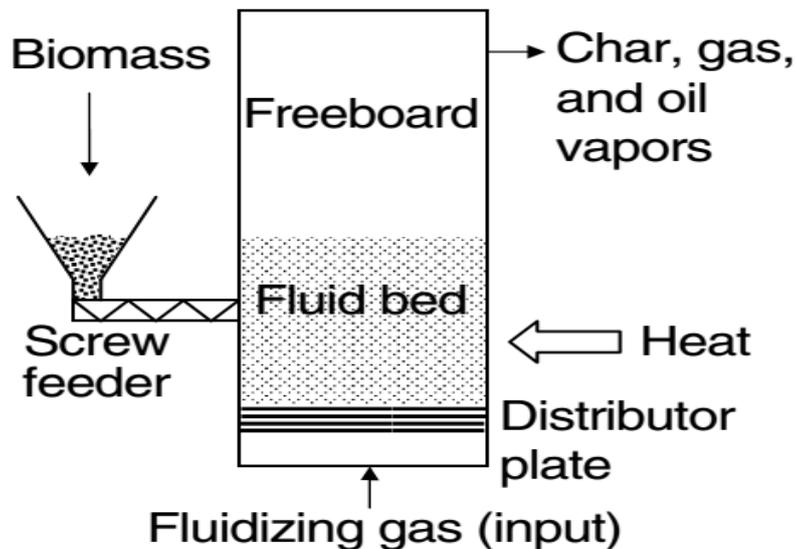
*Fixed bed reactor* adalah reaktor yang dalam prosesnya mempunyai prinsip kerja pengontakan langsung antara pereaktan dengan partikel-partikel katalis. Keuntungan penggunaan reaktor tipe ini adalah sederhana, lebih murah dan teknologinya sudah terbukti dan dapat mengatasi biomassa yang memiliki *moisture* dan mineral anorganik tinggi. Sedangkan kelemahannya adalah kandungan tar yang dapat mencapai 10-20 % berat dari massa uji, sehingga perlu dilakukan pembersihan di dalam *shell tube*.



Gambar 2.1 Reaktor *Fixed Bed* (Sentilkumar, 2015).

## 2. *Bubbling Fluidized Bed Reactor*

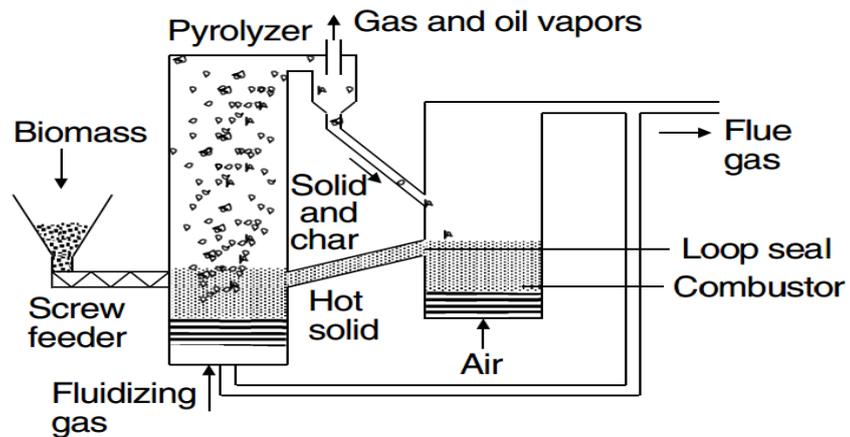
Reaktor *bubbling fluidized bed* merupakan reaktor paling baik. Reaktor ini bisa dinyalakan pada tekanan udara normal 1 atm dengan temperatur sedang 450 °C, dan dapat menghasilkan *bio oil* hingga 75 % dari massa awal, tergantung dari biomassa yang digunakan sebagai bahan.



Gambar 2.2 Reaktor *Bubbling Fluidized Bed* (Basu, 2010).

## 3. *Circulating Fluidized Bed*

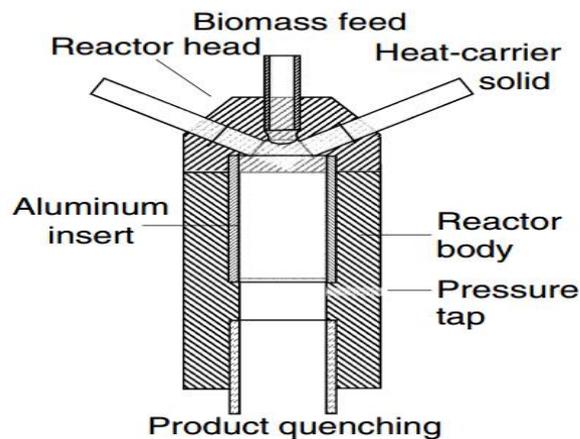
Reaktor jenis ini merupakan reaktor yang cara kerjanya menggunakan seluruh padatan material yang terbawa oleh aliran, kemudian material dapat dipisahkan dari gas dengan menggunakan *dusting equipment*. Keuntungan penggunaan jenis reaktor ini antara lain reaksi dapat berjalan dengan cepat, dapat memperoleh konversi yang lebih tinggi, dan produksi tar yang rendah. Sedangkan kelemahannya adalah dapat membentuk *gradient* temperatur di arah aliran padatan, dan perpindahan panas yang tidak efisien.



Gambar 2.3 Reaktor *Circulating Fluidized Bed* (Basu, 2010).

4. *Ultra-Rapid Reactor*

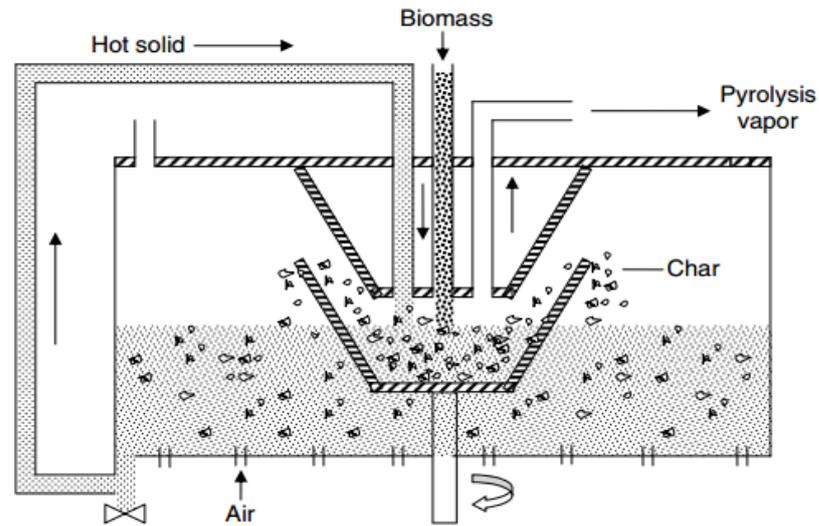
*Ultra – rapid* merupakan jenis reaktor yang menggunakan pemanasan yang tinggi hingga mencapai 650 °C.



Gambar 2.4 Reaktor *Ultra-Rapid* (Basu, 2010).

5. *Rotating Cone Reactor*

*Rotating cone* adalah reaktor yang menggunakan pasir silika sebagai pemanas, dan akan bercampur langsung dengan biomassa di dalam wadah seperti yang terlihat pada gambar 2.5 Oleh karena itu biomassa akan mengalami pemanasan yang cepat, sehingga abu yang dihasilkan dari biomassa akan jatuh yang diakibatkan oleh putaran dari wadah.



Gambar 2.5 Reaktor *Rotating Cone* (Basu, 2010).

### 2.2.2 Cangkang kelapa sawit

Saat ini Indonesia menjadi produsen kelapa sawit terbesar di dunia setelah Malaysia. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas terbesar Indonesia yang dapat menghasilkan penerimaan negara sampai Rp 30,73 triliun dan devisa negara mencapai 21,3 % pada tahun 2012 (Wardana, 2016). Di Indonesia kelapa sawit mengalami peningkatan produksi pada rata – rata 11,09 % pertahun (Wardana, 2016). Semakin meningkatnya produksi kelapa sawit semakin banyak pula limbah – limbah yang dihasilkan dari produksi kelapa sawit, baik berupa limbah padat maupun limbah cair. Limbah kelapa sawit merupakan sisa dari produk utama dari kelapa sawit yang telah diproduksi atau merupakan hasil ikutan dari pengolahan kelapa sawit (Haji, 2013).

Limbah yang dihasilkan dari pengolahan produk kelapa sawit dapat berupa tandan kosong, cangkang, jangjang, dan *fiber* (sabut) (Haji, 2013). Umumnya limbah padat kelapa sawit mengandung senyawa organik yang tinggi sehingga akan berdampak buruk pada lingkungan, Limbah padat kelapa sawit terdiri dari *hemiselulosa* (*pentosan*) 24%, *selulosa* (*heksosan*) 40%, *lignin* 21% serta komponen lain sebanyak 15% (Haji, 2013). Selama ini limbah padat kelapa sawit hanya dibakar dan ditumpuk, hal ini bukanlah metode yang tepat guna menangani permasalahan limbah padat kelapa sawit (Haji, 2013). Karakteristik dari biomassa biasanya mengandung seperti kadar air, densitas, ukuran partikel, bahan yang

terkandung (C, H, O, N, dan S), bahan mudah menguap dan dalam kandungan kadar abu dapat mempengaruhi kesesuaian biomassa sebagai bahan bakar (Omar, 2011). Karakteristik ini dapat disebut juga sebagai analisis *proximate* dan analisis *ultimate*.

Tabel 2.1. Analisa *Proximate* dan *Ultimate* cangkang sawit (Wardana dkk, 2016).

Analisa <i>Ultimate</i>	
C (%)	50,73
H (%)	5,97
O (%)	40,83
N (%)	0,36
S (%)	0,06
Analisa <i>Proximate</i>	
<i>Moisture</i> (%)	7,8
<i>Ash</i> (%)	2,05
<i>Fixed Carbon</i> (%)	22,74
<i>Volatile Meter</i> (%)	75,21

Limbah cangkang sawit ini berpotensi jika dikembangkan menjadi produk – produk yang bermanfaat serta dalam pengolahannya itu ramah lingkungan (Prananta, 2009). Untuk itu diperlukan suatu pengembangan yang dapat mengolah limbah kelapa sawit agar berguna dimasa depan, karena limbah kelapa sawit memiliki potensi sebagai sumber energi yang menghasilkan *bio-oil* yang berkualitas.

### 2.2.3 Plastik

Plastik merupakan salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Polimerisasi sendiri adalah proses penggabungan dari beberapa molekul sederhana (monomer) dengan melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer) (Surono, 2013). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah *carbon* dan *hidrogen*.

Dari produk plastik, dihasilkan beberapa macam diantaranya *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), dan *Polystyrene* (PS), yang menghasilkan limbah plastik rata – rata sekitar 50-60% jenis PE, 20-30% jenis PP, 10-20% jenis PS, dan 10% jenis PVC (Sarker, 2013). Analisis *Proximate* dan *Ultimate* dari beberapa jenis plastik dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Analisa *Proximate* dan *Ultimate* plastik LDPE (Haryono, 2016).

Analisa <i>Ultimate</i>	
C (%)	85,83
H (%)	14,38
O (%)	0
N (%)	0,16
S (%)	0,0
Analisa <i>Proximate</i>	
<i>Moisture</i> (%)	0,02
<i>Ash</i> (%)	0,15
<i>Fixed Carbon</i> (%)	0
<i>Volatile Meter</i> (%)	99,83

Berdasarkan komponen kimia tersebut, penumpukan dan pembakaran merupakan metode yang kurang tepat dan efektif untuk menangani permasalahan limbah plastik. Penanganan limbah plastik tersebut secara tidak tepat dapat mencemari lingkungan diantaranya dilakukan metode pirolisis. Berdasarkan dari analisa *ultimate* dan *proximate* plastik LDPE, akan menghasilkan produk cair pirolisis yang memiliki nilai kalor tinggi dimana banyak mengandung unsur karbon dan memiliki densitas yang kecil.

#### 2.2.4 Jenis – jenis plastik

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik bila dipanaskan sampai

temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik bila telah dibuat dalam bentuk solid, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (Surono, 2013).

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang mungkin dapat didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor yang memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya (lihat Gambar 2.6 dan Tabel 2.3).



Gambar 2.6. Kode dari jenis – jenis plastik (Surono, 2013).

Tabel 2.3 Jenis plastik, kode dan penggunaannya (Surono, 2013).

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET ( <i>Polyethylene terephthalate</i> )	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik.
2	HDPE ( <i>High Density Polyethylene</i> )	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik.
3	PVC ( <i>Polyvinyl Chloride</i> )	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal
4	LDPE ( <i>Low Density Polyethylene</i> )	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP ( <i>Polypropylene</i> )	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine.
6	PS ( <i>Polystyrene</i> )	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan.
7	Other, Jenis plastik selain dari nomor 1 sampai 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.

### 2.2.5 Katalis

Keberadaan katalis mempunyai peranan penting di dalam proses pirolisis karena dapat menurunkan kebutuhannya dibandingkan dengan yang tanpa katalis serta menghasilkan formasi hidrokarbon cabang yang lebih banyak. Katalis juga dapat menurunkan waktu reaksi inisiasi dan memperbaiki kuantitas dan kualitas produk keluarannya. Katalis juga dapat mendorong selektivitas produk akhir sesuai dengan yang diinginkan .

Ada beberapa jenis katalis yang bisa digunakan dalam proses pirolisis seperti katalis sintetis (Zeolite ZSM, Y Zeolite, X Zeolite dan FCC) dan katalis alam (zeolite alam dan dolomite alam). Katalis sintesis cenderung mahal harganya sehingga tidak ekonomis. Katalis alam seperti zeolite alam dan dolomite lebih mudah didapat dan harganya relatif lebih murah. Di Indonesia sendiri banyak tersedia katalis alam, terutama di daerah Klaten, Malang, Wonosari dan Sukabumi (Alfian, 2017).

Menurut Nazar (2013) Kalsium oksida memiliki produktivitas yang hampir sama dengan KOH/NaOH, tetapi memiliki keunggulan dibanding KOH/NaOH diantaranya yaitu penanganan yang mudah, pengumpulan kembali produk yang mudah, dan proses yang ramah lingkungan. CaO memiliki sumber alami yang berasal dari bahan limbah seperti cangkang telur, cangkang kerang, dan tulang. Penggunaan limbah sebagai bahan mentah untuk sintesis katalis dapat mengurangi sampah dan memproduksi katalis heterogen yang bermanfaat untuk reaksi kimia. Katalis CaO dapat diperoleh dari cangkang telur, cangkang siput *golden apple*, dan cangkang kerang yang tidak hanya dapat dipergunakan dalam reaksi transesterifikasi untuk produksi biodiesel akan tetapi juga untuk berbagai keperluan lainnya. Oleh karena itu, cangkang telur yang ketersediaannya melimpah sangat potensial untuk dipergunakan sebagai bahan baku pembuatan CaO.

Kalsium Oksida (CaO) merupakan katalis heterogen berbentuk padat, ramah lingkungan dan tidak menimbulkan korosif. Penggunaan CaO dalam proses pirolisis dapat berfungsi untuk mengurangi senyawa asam, dapat meningkatkan ikatan rangkap C (karbon) semakin panjang. Selain itu, dapat juga meningkatkan

kandungan relatif senyawa molekul kecil dalam *bio oil* hasil dari pirolisis tersebut (Lu dkk, 2010), selain itu, menurut Zhang dkk (2017) penambahan CaO dapat memisahkan senyawa molekul besar oksigenat dari *bio oil* menjadi senyawa molekul yang kecil, hal ini karena CaO mempunyai fungsi pecah yang kuat. Zhang dkk (2017) mengatakan penggunaan CaO dapat mengoptimalkan hasil aromatik dan olefin.

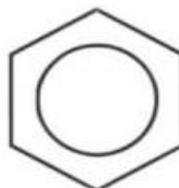
### 2.2.6. Golongan Senyawa

#### 1. Golongan Hidrokarbon

Hidrokarbon adalah senyawa kimia yang terdiri dari unsur atom karbon (C) dan atom hidrogen (H), Pada golongan ini seluruh rantai atom C dan H saling berikatan, Dibawah ini adalah golongan – golongan yang termasuk golongan hidrokarbon :

##### a. Aromatik

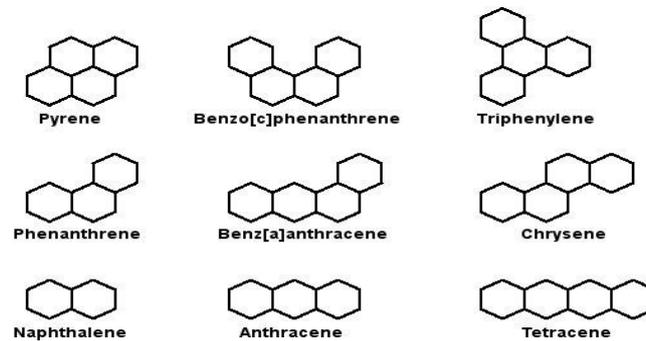
Senyawa aromatik yaitu senyawa yang mengandung cincin benzena. Dari semua senyawa aromatik berdasarkan benzena  $C_6H_6$ . Gambar 2.7 adalah salah satu contoh senyawa aromatik.



Gambar 2.7. Benzena (Juliansyah, 2017).

##### b. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH)

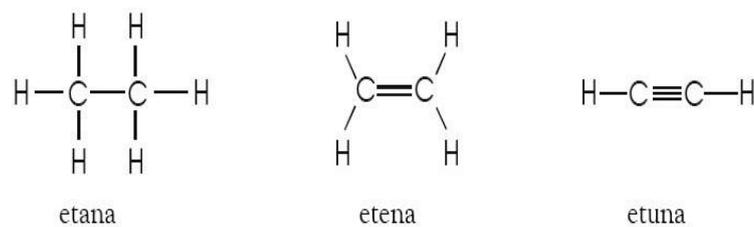
*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) adalah senyawa yang mempunyai berat molekul besar, berbentuk datar dan memiliki struktur dengan banyak cincin aromatik. PAH dapat ditemukan di alam sebagai polutan hasil pembakaran bahan – bahan organik, baik berupa partikel padat atau gas, (Putri, 2012). Gambar 2.8 adalah bentuk struktur *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*.



Gambar 2.8. *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (Natalya, 2013).

### c. Alifatik

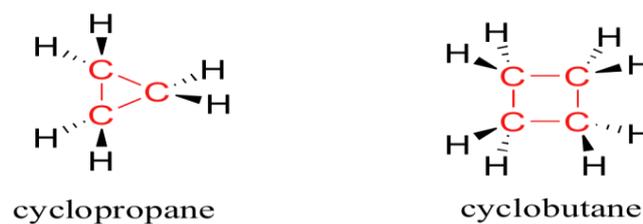
Senyawa alifatik adalah senyawa yang mengandung karbon dan hidrogen yang bergabung bersama dalam rantai lurus, bercabang atau cincin non-aromatik, (Mulyadi, 2015). Etana, Etena dan Etuna adalah contoh dari senyawa alifatik sesuai pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Senyawa Alifatik (Mulyadi, 2015).

### d. Cyclo

*Cyclo* atau dikenal juga sebagai siklik, dalam kimia siklik menunjukkan senyawa yang memiliki rantai karbon yang tertutup, baik berupa lingkaran ataupun cincin.



Gambar 2.10. Contoh Senyawa Siklik (Simbolon, 2016).

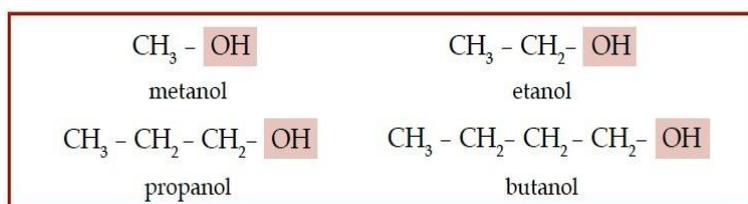
## 2. Golongan Oksigenat

Golongan Oksigenat merupakan golongan yang mengandung oksigen sebagai bagian struktur dari kimianya. Komponen dari golongan oksigenat ini

tersusun dari unsur karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O). Dibawah ini adalah golongan – golongan yang termasuk ke golongan oksigenat :

a. Alkohol

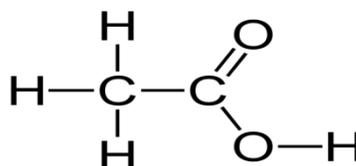
Merupakan senyawa yang mempunyai gugus fungsional –OH yang terikat pada rantai karbon alifatik. Gugus fungsi dari senyawa alkohol dapat berikatan secara kovalen dengan atom karbon.



Gambar 2.11. Struktur Alkohol (Anonim I, 2013).

b. Asam

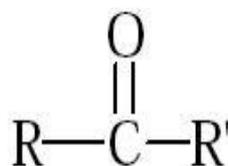
Secara khusus, asam pada golongan oksigenat merupakan senyawa yang mengandung hidrogen, oksigen dan satu unsur lainnya. Pengertian asam sendiri yaitu senyawa yang molekulnya memiliki gugus fungsional  $\text{OH}$  yang hidrogennya (H) dapat menjadi ion  $\text{H}^+$ .



Gambar. 2.12. Struktur Asam (Juliansyah, 2017).

c. Keton

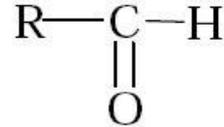
Keton adalah suatu senyawa turunan alkana dengan gugus fungsi  $-\text{C}=\text{O}-$ , Penamaan keton secara IUPAC umumnya dilakukan dengan mengganti akhiran –a alkana menjadi –on, (Akbar, 2016).



Gambar 2.13. Struktur Keton (Akbar, 2016).

## d. Aldehid

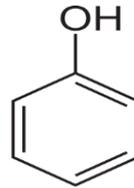
Merupakan salah satu senyawa karbon yang memiliki gugus karbonil.



Gambar 2.14. Struktur Aldehid (Akbar, 2016).

## e. Phenol

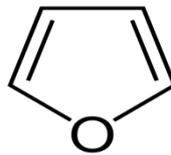
Phenol adalah zat kristal yang tak berwarna yang mempunyai bau khas dan strukturnya memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan cincin fenil.



Gambar 2.15. Struktur Phenol (Marison, 2013).

## f. Furan

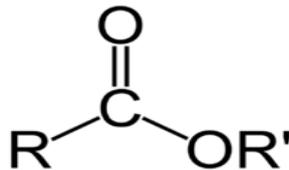
Merupakan sejenis senyawa kimia heterosiklik, yang umumnya diturunkan dari dekomposisi termal bahan – bahan yang mengandung pentosa.



Gambar 2.16. Struktur Furan (Anonim II, 2017).

## g. Ester

Merupakan senyawa kimia turunan dari asam (organik atau anorganik) dimana minimal satu gugus hidroksi (OH) digantikan oleh gugus alkoksi.



Gambar 2.17. Struktur Ester (Anonim III, 2017).