

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penggunaan oven *microwave* pada penelitian *thermal treatment* telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti. Huang dkk., (2016) melakukan percobaan menggunakan pemanasan *microwave* dengan sejumlah keunggulan dibandingkan pemanasan konvensional. Pemanasan *microwave* hampir setengah dari biomassa lignoselulosa dapat dikonversikan menjadi produk gas yang terdiri dari H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, dan CO<sub>2</sub>. Besarnya produksi gas H<sub>2</sub> dan CO dari pemanasan *microwave* memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dibanding dengan pemanasan konvensional. Penambahan katalis yang tepat dapat menambah hasil produksi pemanasan oven *microwave*.

Wan dkk., (2018) melakukan penelitian dengan memanfaatkan gelombang mikro sebagai sumber panas dengan beberapa keunggulan seperti meningkatnya distribusi panas, laju pemanasan cepat, dan meningkatnya hasil produksi dibandingkan dengan penggunaan pemanas konvensional. Peningkatan suhu yang lebih tinggi dan suhu akhir yang lebih tinggi dapat menghasilkan produk dengan komponen hidrokarbon yang lebih ringan sedangkan dengan peningkatan suhu yang lebih rendah dan suhu akhir yang lebih rendah menghasilkan produk dengan komponen hidrokarbon yang lebih berat.

Aishwarya dkk., (2016) melakukan pengujian *thermal treatment* sampah plastik menggunakan bantuan gelombang mikro. Pengujian dilakukan dengan menggunakan oven *microwave* yang beroperasi pada frekuensi 2,45 Ghz dengan output energi hingga 5 kW. Penambahan absorber karbon digunakan sebagai penyerapan gelombang mikro. Dari hasil penelitian, hasil produk sampah plastik setelah dilakukan nya *thermal treatment* berupa campuran gas hidrokarbon yang kemudian di kondensasi menghasilkan 50 ml produk cair plastik dan 5,5 ml produk cair karbon.

Alias dkk., (2014) melakukan penelitian tentang biomassa dengan menggunakan thermal treatment dengan temperature mencapai 700°C. Biomassa yang digunakan berupa tandan kosong kelapa sawit. Sampel penelitian digiling dan diayak menjadi partikel berukuran < 0,33 mm. Sebelum melakukan proses thermal treatment, sampel ditahan pada suhu 110°C selama 30 menit untuk menghilangkan kadar air. Sampel selanjutnya dilakukan thermal treatment secara bertahap dari suhu 50°C/menit dan 80°C/menit hingga 700°C/menit.

Caroko dkk., (2015) meneliti tentang karakteristik pembakaran briket arang limbah industri minyak kelapa sawit berupa cangkang, serat, dan tandan kosong kelapa sawit dengan variasi bahan perekat kanji dan tar menggunakan TGA. Dari penelitiannya, dihasilkan bahwa meningkatnya kadar air pada briket menyebabkan menurunnya kandungan *fixed carbon*. Hal tersebut berakibat pada penurunan nilai IVTM (*Initiation Temperature of Volatile Matter*), ITFC (*Initiation Temperature of Fixed Carbon*), PT (*Peak of weight loss Temperature*), BT (*Burning out Temperature*) dan meningkatnya nilai energi aktivasi ( $E_a$ ) yang mengakibatkan semakin lama waktu proses pembakaran.

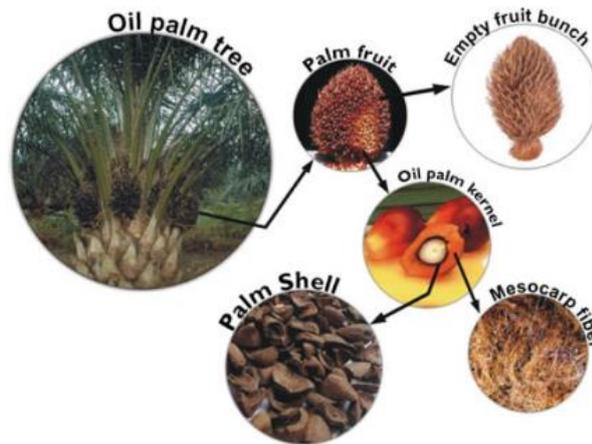
Fan dkk., (2018) meneliti tentang thermal treatment dengan pencampuran biomassa dan sampah plastik, penelitian ini melakukan 2 metode yaitu *co-pyrolysis* dan *co-gasification*. Pada proses *pyrolysis* ditandai dengan 2 tahap yaitu pada tahap pertama yaitu dekomposisi biomassa dan tahap kedua ditandai dengan degradasi plastik, sedangkan pada proses gasifikasi ditandai dengan reaksi produk dengan CO<sub>2</sub> pada temperatur diatas 700 °C. Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa penambahan material plastik bermanfaat untuk dekomposisi biomassa dan dapat meningkatkan kandungan karbon serta mengurangi kadar oksigen. Penambahan plastik dapat menghasilkan lebih banyak residu dalam unsur logam

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman hasil perkebunan yang sangat berperan penting di dunia pertanian. Kelapa sawit sering dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan minyak nabati. Dengan tinggi bisa mencapai 24 meter kelapa sawit ini dapat menghasilkan buah sawit dengan terdiri dari beberapa sub bagian di antaranya daging buah, inti/biji, cangkang, serat, dan tandan kosong. Bagian yang sering dimanfaatkan penggunaannya yaitu buahnya karena dapat menghasilkan minyak (Sukiran dkk., 2017). Minyak kelapa sawit merupakan minyak nabati yang sangat ekonomi, rendah kolesterol dan memiliki kandungan karoten yang tinggi.

Limbah yang dihasilkan oleh produksi kelapa sawit memiliki beberapa karakteristik seperti nilai kalor yang tinggi, kadar air tinggi, sifat higroskopis dan kadar oksigen yang tinggi (Sukiran dkk., 2017). Melihat dari sifat limbah sawit tersebut maka diperlukanya proses untuk mengubah limbah tersebut menjadi produk yang lebih berkualitas tinggi sebagai bahan bakar alternatif atau produk lainnya.



Gambar 2.1 Bagian pohon kelapa sawit (Abnisa dkk., 2013)

### 2.2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu bagian dari limbah industri kelapa sawit yang kurang dimanfaatkan. Tandan kosong memiliki kandungan seperti selulosa, hemiselulose dan lignin. Tandan kosong kelapa sawit

biasa dimanfaatkan sebagai pupuk dengan cara dibakar menjadi abu, pembakaran ini tidak dianjurkan untuk dilakukan karena dapat menyebabkan polusi udara (Sohni dkk., 2018 dalam Tan dkk., 2018).

Tabel 2.1 Komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit (Sukiran dkk. 2018)

<i>Component</i>	<i>Content %</i>
<i>Cellulose</i>	38,3
<i>Hemicellulose</i>	35,3
<i>Lignin</i>	22,1

Tabel 2.2 Proximate analysis tandan kosong (Sembiring dkk., 2018)

<i>Analysis</i>	<i>Component</i>	<i>Content wt. %</i>
<i>Proximate</i>	<i>Volatile Matter</i>	70,64
	<i>Fixed Carbon</i>	18,42
	<i>Ash</i>	4,55
<i>Ultimate</i>	<i>Carbon</i>	43,6
	<i>Hydrogen</i>	6,32
	<i>Nitrogen</i>	0,13
	<i>Oxygen</i>	49,23

### 2.2.3 Plastik

Plastik mempunyai peran penting dalam keperluan kehidupan manusia, mulai dari keperluan rumah tangga sampai mencapai penggunaan di industri. Plastik memiliki keunggulan seperti mudah di bentuk, ringan, tidak mudah pecah, harga ekonomis, dapat diproduksi secara masal dan banyak macam jenis pilihan bahan yang akan digunakan. Dengan keunggulan plastik dan berbagai jenis bahan dasar tersebut dapat memudahkan kelangsungan hidup manusia.

Berbagai jenis plastik dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, menurut (Anuar dkk., 2016) plastik digolongkan berbagai jenis yaitu *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl chloride* (PVC), *Polyethylene terephthalate* (PET), *Low-density polyethylene* (LDPE), *High-density polyethylene* (HDPE).

Berbagai macam plastik ini digolongkan menurut kode yang sudah ditetapkan secara internasional untuk memudahkan proses daur ulang plastik itu sendiri. Kode yang ditetapkan terdapat pada kemasan plastik sekali pakai (*disposable*).

Tabel 2.3 Jenis-jenis plastik

Jenis Plastik	Keterangan	Kode
<i>Polyethylene terephthalate</i> (PET/PETE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transparan, kuat, tahan pelarut, tahan non permeable (gas dan uap air)</li> <li>• Digunakan pada botol minuman</li> <li>• Tidak untuk air panas</li> </ul>	
<i>High-density polyethylene</i> (HDPE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaku, kuat, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, mudah diwarnai</li> <li>• Digunakan untuk botol susu cair, jus minumsn, kantong belanja</li> </ul>	
<i>Polyvinyl chloride</i> (PVC/V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lebih tahan terhadap senyawa kimia</li> <li>• Digunakan untuk botol kecap, baki, plastik pembungkus</li> </ul>	
<i>Low-density polyethylene</i> (LDPE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah diproses, kuat fleksibel, mudah disegel, tahan kelembaban</li> <li>• Digunakan untuk botol wadah yogurt, botol madu, kantong kresek.</li> </ul>	

Jenis Plastik	Keterangan	Kode
<i>Polypropylene</i> (PP)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuat, tahan terhadap panas, kelembaban, dan minyak.</li> <li>• Digunakan untuk peralatan dapur, peralatan microwave, piring dan mangkuk sekali pakai</li> </ul>	
<i>Polystyrene</i> (PS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mudah dibentuk dan diproses</li> <li>• Digunakan untuk <i>Styrofoam</i>, kartun wadah telur, mangkok sekali pakai.</li> </ul>	

Plastik memiliki kandungan proksimat yang berbeda tergantung dengan jenisnya. Kandungan proksimat pada plastik berupa *moisture*, *fixed carbon*, *volatile*, dan ash dengan nilai yang dapata pada Tabel 2.4 .

Tabel 2.4 Analisis proksimat berdasarkan jenis plastik (Sharuddin dkk., 2016)

Type of plastics	Plastics type marks	Moisture (wt%)	Fixed carbon (wt%)	Volatile (wt%)	Ash (wt%)
Polyethylene terephthalate (PET)	 PET	0.46 0.61	7.77 13.17	91.75 86.83	0.02 0.00
High-density polyethylene	 HDPE	0.00 0.00	0.01 0.03	99.81 98.57	0.18 1.40
Polyvinyl chloride (PVC)	 V	0.80 0.74	6.30 5.19	93.70 94.82	0.00 0.00
Low-density polyethylene	 LDPE	0.30 -	0.00 -	99.70 99.60	0.00 0.40
Polypropylene	 PP	0.15 0.18	1.22 0.16	95.08 97.85	3.55 1.99
Polystyrene	 PS	0.25 0.30	0.12 0.20	99.63 99.50	0.00 0.00
Polyethylene (PE)	 OTHER	0.10	0.04	98.87	0.99
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)		0.00	1.12	97.88	1.01
Polyamide (PA) or Nylons		0.00	0.69	99.78	0.00
Polybutylene terephthalate (PBT)		0.16	2.88	97.12	0.00

#### 2.2.4 Kemasan Plastik Polyethylen Terephthalate (PET)

*Polyethylen Terephthalate* (PET) merupakan jenis poliester yang diproduksi melalui esterifikasi asam tereflalat dengan etilen glikosa. Penggunaan plastik berjenis PET sangat cocok untuk produksi masal pasalnya dengan sifatnya yang ringan, mudah dibentuk dan tidak mudah pecah. Biasanya produksi yang dihasilkan

berupa kemasan plastik, botol mineral dan kemasan jus buah, selain itu aplikasi penggunaan PET yaitu pada isolasi listrik, pita magnetik, *Xray* dan film fotografi. Pada penggunaannya plastik jenis PET ini memiliki sifat yang tidak mudah terdegradasi secara alami di lingkungan. Aplikasi penggunaan PET yang cukup besar mengakibatkan akumulasi sampah plastik jenis PET mengingat sifatnya yang tidak mudah terdegradasi secara alami. Penggunaan metode daur ulang yang tepat dapat mengurangi akumulasi sampah plastik jenis PET, salah satu alternatif daur ulang dengan menggunakan *thermal treatment* (Anuar dkk., 2016).

### **2.2.5 Pemanasan (Thermal Treatment)**

*Thermal Treatment* merupakan proses pemisahan kadar air atau zat yang ada di material sehingga mengurangi kandungan atau sisa cairan yang ada pada material sampai dengan nilai yang di kehendaki. Menurut Ding dkk., (2019), secara umum teknologi *thermal treatment* yang banyak digunakan yaitu, *in situ thermal treatment* (ISTT), *ex situ thermal treatment* (ESTT), teknologi *microwave heating*, teknologi hemat energi (*smoldering*), dan teknologi kuat tapi insentif energi (*vitrifikasi*).

Teknologi *thermal treatment* pada pengolahan limbah menjadi hal menarik dan *hot topic* karena secara *thermal* dapat didekomposisi menjadi suatu produk yang dapat meningkatkan nilai tambah dan ekonomi pada penggunaan bahan bakar. *Thermal treatment* terdapat beberapa macam seperti *drying*, *torrefraction*, *pyrolysis*, dan *gasification* (Chen dkk., 2014)

### **2.2.6 Microwave**

Penggunaan *microwave* sebagai *thermal treatment* sudah mulai dikenal sejak abad 19. *Microwave* merupakan gelombang elektromagnet yang terdiri atas gelombang elektrik dan magnetik.

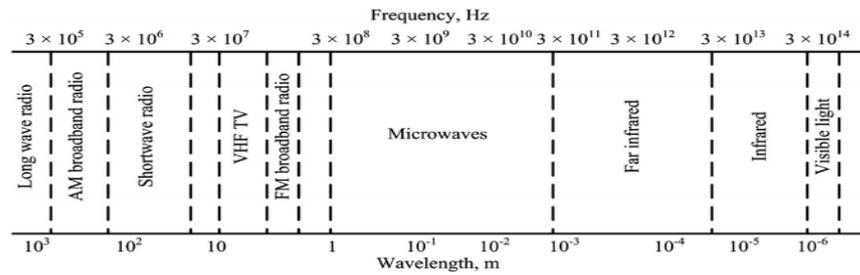


Fig. 2. The electromagnetic spectrum.

Gambar 2.2 Spektrum elektromagnetik (Motasemi dan Afzal, 2013).

*Microwave irradiation* bekerja pada panjang gelombang antara 0,01-1m dan frekuensi 0,3-300 GHz. Pada umumnya reaktor *microwave* bekerja pada frekuensi 2,45 GHz dan panjang gelombang 12,25 cm. Khusus untuk kebutuhan industri, penelitian, dan rumah sakit digunakan *microwave* dengan frekuensi 915 dan 2450 MHz (Motasemi & Afzal, 2013).

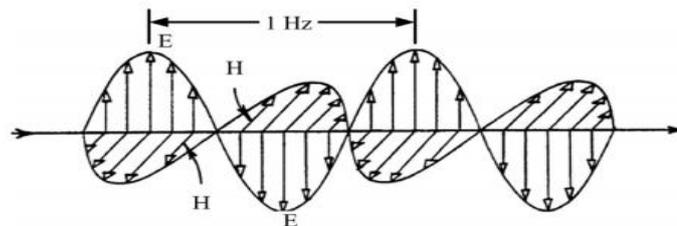


Fig. 3. Electric (*E*) and magnetic (*H*) field components in microwaves.

Gambar 2.3 Medan gelombang magnetik dan elektrik pada microwave (Motasemi dan Afrizal, 2013)

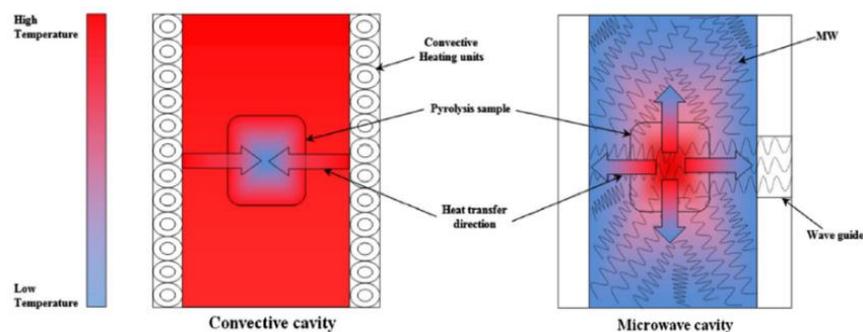
*Microwave* dapat melakukan penetrasi di dalam material dan memasukkan energi sehingga kalor yang dihasilkan sesuai dengan volume material tersebut. Dampak penggunaan *microwave* sebagai media pemanas akan menyebabkan pusat/inti material menjadi lebih panas daripada lingkungan sekitar. Penggunaan teknologi ini dinilai efisien karena mampu menekan tingkat konsumsi energi dan waktu pemanasan. Aplikasi penggunaan *microwave* meliputi proses pengeringan, pemanasan, sintesis, dan ekstraksi digestion.

### 2.2.7 Oven Microwave

Oven *microwave* adalah suatu alat perkakas yang sering digunakan untuk keperluan memasak dengan menggunakan tenaga listrik dan bantuan dari gelombang mikro (*microwave*). Oven *microwave* berprinsip kerja dengan mengubah energi listrik menjadi energi gelombang mikro untuk memproduksi

panas pada material yang akan dipanaskan. Digunakannya *microwave* pada oven microwave dapat mempercepat pemanasan karena gelombang *microwave* mampu menembus material dan dapat mengeksitasi molekul pada material secara merata. Selain itu, pemanasan dengan menggunakan *microwave heating* tidak memerlukan pemanasan konveksi, konduksi dan radiasi panas seperti oven konvensional sehingga pemanasan dengan menggunakan *microwave heating* lebih cepat. Perbedaan pemanasan oven *microwave* dan oven konvensional dapat dilihat pada Gambar 2.4. Menurut Huang dkk., (2016) oven microwave memiliki beberapa keunggulan di bandingkan dengan oven konvensional, yaitu:

- a. Pemanasan non kontak
- b. Transfer energi lebih baik daripada *heat transfer*
- c. *Heating rate* yang lebih tinggi
- d. Pemanasan material lebih selektif
- e. Pemanasan volumetrik
- f. Tingkat keamanan lebih baik
- g. Pemanasan dari pusat material



Gambar 2.4 Perbedaan pemanasan oven microwave dan oven konvensional (Mushtaq dkk., 2014)

Pada sifat penyerapan *microwave* tiap bahan memiliki perbedaan yang bervariasi. Beberapa material memiliki sifat penyerapan *microwave* dengan peningkatan tajam pada suhu yang tinggi. Sedangkan pada material dengan penyerapan *microwave* yang rendah diperlukannya material *absorber* untuk meningkatkan daya serap *microwave* untuk membantu mengatasi *heat transfer* yang kurang memadai (Namazi dkk., 2015). Dengan daya *microwave* yang tinggi

dapat menambah nilai *heating rate* dan temperatur yang maksimum (Huang dkk., 2016)

Oven *microwave* memiliki keunggulan yang cukup baik akan tetapi memiliki kekurangan berupa *hot spot* yang muncul pada ketidak homogenan pada gelombang *microwave* menyebabkan temperatur pada inti material lebih tinggi dibandingkan pada temperatur keseluruhan material. Menurut Huang dkk., (2016) untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan beberapa cara yaitu :

- a. Memperbesar ukuran rongga *microwave*
- b. Beroperasi dengan frekuensi yang lebih tinggi
- c. Memsang mode *stirrer*