

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1.1 Tinjauan Pustaka

Proses *thermal treatment* dengan *microwave* telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti menggunakan berbagai jenis bahan atau material untuk melihat pengaruh *thermal* yang dihasilkan. Mohamed dkk., (2019) melakukan penelitian tentang efek katalitik dari campuran katalis yang berbeda dengan pemanas *microwave*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada pencampuran katalis (10wt% KP + 10wt% Bento) mengalami penurunan massa (*mass loss*) sebesar 85% dan 45% pada suhu 100 dan 25°C per menit dibandingkan *switchgrass* tanpa katalis. Pada pencampuran tersebut ditemukan tingkat pemanasan gelombang *micro* tertinggi untuk *torrefaction* sebesar (100-260° C) dan untuk tahap *thermal treatment* sebesar (260 - 400° C). Maka dari itu dapat disimpulkan, bahwa campuran katalis yang tepat dapat mempengaruhi jenis kokas selama proses *thermal treatment*.

Produksi limbah rumah tangga seperti minyak goreng bekas dan sampah plastik meningkat setiap tahun. Minyak goreng bekas dan sampah plastik merupakan bahan baku potensial untuk dikonversi menjadi energi alternatif pengganti dengan proses *thermal treatment*. Campuran bahan limbah minyak goreng bekas dan sampah plastik menunjukkan efek *sinergis* positif dalam memberikan laju pemanasan yang cepat (hingga 50° C per menit), dan waktu yang lebih rendah (≤ 25 menit) dengan hasil minyak cair sebanyak 81wt% dan gas sebanyak 18wt% mendekati sifat-sifat bahan bakar yang diinginkan. Penelitian ini menunjukkan potensial besar sebagai pengganti bahan bakar dengan proses *thermal treatment* gelombang *micro* (Wan dkk., 2018).

Penelitian dan pengujian yang dilakukan oleh Iswadi dkk (2017), tentang proses *thermal treatment* perbandingan hasil volume yang di peroleh dari sampah plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan sampah plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), untuk mengetahui kualitas bahan bakar minyak yang di hasilkan. Proses *thermal treatment* dilakukukan pada reaktor selama 2 jam

dengan suhu 250 °C dan tekanan 2 bar dengan bahan sebanyak 1kg. Hasil minyak yang diperoleh dari LDPE sebanyak 525 ml sedangkan pada PET diperoleh sebanyak 368,47 ml dengan nilai densitas sebesar 0,7673 kg/l dan 0,7976 kg/l, nilai viskositas sebesar 0,7923 cP dan 1,2217cP, dan nilai kalor sebesar 44,0533 kg/l dan 43 kg/L Penelitian Iswadi dkk (2017) mendapatkan nilai sifat-sifat minyak bumi yang mendekati untuk dijadikan energi alternatif pengganti minyak bumi.

Permatasari dkk., (2015) melakukan penelitian untuk menganalisis distribusi temperature dan radiasi antarpermukaan di dalam ruang pemanas *microwave* dengan menggunakan *Computatuonal Fluida Dinamic* (CFD). Gelombang elektromagnetik pada *microwave* yang digunakan berada pada frekuensi sekitar 2450 MHz, yaitu $\lambda = 12,24$ cm. Mendapatkan hasil diistribusi temperature yang didapat didalam ruang pemanas tidak seragam dikarenakan temperature pada daerah tengah lebih tinggi daripada temperature pada daerah pinggir. Pada data hasil percobaan temperature tinggi dan temperatur rendah adalah 334,9 K (61,9 °C) dan 311,9 K (36,9 °C), sedangkan pada data hasil simulasi adalah 365 K (92 °C) dan 345 K (72 °C). Radiasi yang diperoleh pada bagian tengah ruang pemanas terlihat merata, tetapi pada bagian dinding *microwave* tidak merata. Hal ini disebabkan oleh rambatan energi radiasi yang terjadi pada masing-masing dinding ruang pemanas karena terdapat sejumlah energi yang dipancarkan dan dipantulkan oleh masing-masing dinding.

Barneto dkk., (2009) melakukan penelitian tentang efek thermal treatment pada proses gasifikasi. Bahan yang digunakan adalah *Leucaena* dan *Tangasaste*. Penelitian ini menggunakan berat materian sampel 50 mg dengan 3 variasi *heating rate*, yaitu 5, 10, dan 20°C/menit. Temperatur yang digunakan 25–900°C. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi *heating rate* dapat mengakibatkan penurunan *density* dari 511 menjadi 449 kg/m³ dan peningkatan porositas dari 70–74 %. Pada analisis gravimetri termal (TGA) dari kedua material menunjukkan perubahan penurunan massa (*mass loss*) yang signifikan. Dapat disimpulkan bahwa, nilai *heating rate* dapat mempengaruhi penurunan massa (*mass loss*).

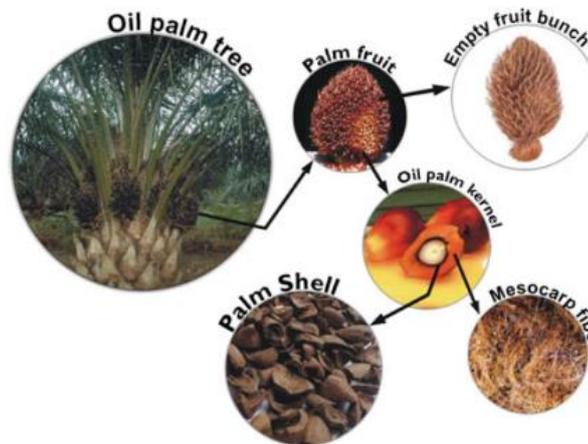
Penelitian yang dilakukan Somerville dan Jahanshahi, (2015), tentang pengaruh suhu dengan kompresi kepadatan bahan selama proses *thermal treatment* Bahan yang digunakan adalah arang yang terbuat dari kayu keras (*eukaliptus*) Australia dengan ukuran partikel 100% minus 8 mm dan 30% minus 1,17 mm. Penelitian ini menunjukkan bahwa arang yang telah di berikan kompresi dengan tekanan 0,5 MPa mendapatkan nilai porositas 0,24 pada suhu 300°C hingga 0,46 pada suhu 700°C lebih rendah dibandingkan arang belum di berikan kompresi dengan nilai porositas sebesar 0,5 pada suhu 300°C hingga 0,7 pada suhu 850°C. Maka, dapat disimpulkan bahwa kepadatan dapat mempengaruhi suhu saat proses pemanasan.

1.2 Dasar Teori

1.2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) berasal dari Negara Afrika Barat dapat mencapai ketinggian 15 – 20 meter. Tanaman kelapa sawit merupakan tumbuhan tropis yang termasuk tanaman tahunan. Tumbuhan ini dapat tumbuh subur di Indonesia, Malaysia, Thailand, dan Papua Nugini. Andrian Hallet orang berkebangsaan Belgia merupakan orang yang pertama kali merintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia (Fauzi dkk., 2019 dalam Masykur dkk., 2013).

Buah kelapa sawit memiliki beberapa bagian diantaranya daging buah, biji buah, cangkang, serat, dan tandan kosong (Sukiran dkk., 2017). Kelapa sawit sebagai minyak nabati memiliki kelebihan yaitu rendah kolesterol, lebih ekonomis, dan memunyai kandungan karoten yang tinggi.



Gambar 2. 1 Bagian-bagian pohon kelapa sawit (Abnisa dkk., 2013)

1.2.1.1 Serat Kelapa Sawit

Serat yang disebut juga sabut/serabut (*fibre*) merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. Serat kelapa sawit biasanya dimanfaatkan sebagai papan partikel dan pembuatan kertas karena bahan baku mudah untuk didapatkan, rendahnya biaya produksi, dan merupakan bahan baku yang dapat diperbaharui (Wirman dkk., 2016).

Serat kelapa sawit merupakan biomassa lignoselulosa dengan komponen utama selulosa 29,6%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, kadar abu 5,6%, dan impurities 8% (Koba dan Ayaaki, 1990 dalam Sabri dkk., 2016).

1.2.1.2 Tandan Kosong

Tandan kosong merupakan limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Tandan kosong dihasilkan setelah proses sterilisasi tandan buah segar yang memberi sekitar 24% berat dari limbah padat pada pabrik kelapa sawit. Secara umum, tandan kosong bersifat *higroskopis* (Supian dkk., 2019).

Tabel 2.1. Komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit (Sukiran dkk., 2017)

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

1.2.1.3 Cangkang sawit

Cangkang sawit adalah limbah padat dari kelapa sawit yang biasa disebut dengan tempurung kelapa sawit. Limbah ini menjadi nilai tambah bagi industri kelapa sawit karena dapat dimanfaatkan untuk diolah menjadi bahan bakar. Selain itu, cangkang sawit memiliki nilai ekonomis karena cangkang sawit bisa dijual dengan harga yang cukup mahal.

1.2.2 Plastik

Plastik merupakan peranan penting dalam kehidupan manusia dalam berbagai sektor seperti konstruksi, perawatan kesehatan, elektronik, otomotif, pengemasan, dan lainnya dikarenakan memiliki sifat tidak mudah pecah, ringan, dan dapat diproduksi secara massal. Tetapi, plastik dapat memakan waktu hingga miliaran tahun untuk dapat terurai secara alami karena mengandung hidrogen, karbon, nitrogen, klorin, dan lainnya (Sharuddin dkk., 2016).

Menurut (Sharuddin dkk., 2016) plastik digolongkan menjadi beberapa jenis yaitu *Polystyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), *Polyvinyl chloride* (PVC),

Polyethylene terephthalate (PET), Low-density polyethylene (LDPE), dan High-density polyethylene (HDPE).

Plastik memiliki kandungan kimia yang berbeda berdasarkan jenisnya yang dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Analisis proksimate plastik (Sharuddin dkk., 2016).

Type of plastics	Plastics type marks	Moisture (wt%)	Fixed carbon (wt%)	Volatile (wt%)	Ash (wt%)
Polyethylene terephthalate (PET)		0.46 0.61	7.77 13.17	91.75 86.83	0.02 0.00
High-density polyethylene		0.00 0.00	0.01 0.03	99.81 98.57	0.18 1.40
Polyvinyl chloride (PVC)		0.80 0.74	6.30 5.19	93.70 94.82	0.00 0.00
Low-density polyethylene		0.30 -	0.00 -	99.70 99.60	0.00 0.40
Polypropylene		0.15 0.18	1.22 0.16	95.08 97.85	3.55 1.99
Polystyrene		0.25 0.30	0.12 0.20	99.63 99.50	0.00 0.00
Polyethylene (PE)		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

1.2.2.1 Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)*

Plastik *Polyethylene Terephthalate (PET)* merupakan salah satu polister termoplastik. PET biasa digunakan dalam pembuatan botol plastik yang transparan/jernih. Namun PET memiliki sifat susah terurai yang susah terurai di lingkungan. Hal tersebut mengakibatkan meningkatnya limbah dan menyebabkan masalah lingkungan yang cukup serius. Oleh karena itu, diperlukan daur ulang. Beberapa peneliti sudah melakukan berbagai metode daur ulang untuk menanggulangi peningkatan limbah yang semakin banyak. Salah satu metode yang digunakan adalah *thermal treatment*.

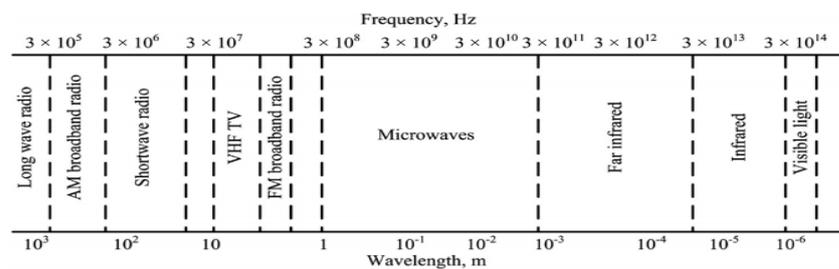
1.2.3 Pemanasan (*Thermal Treatment*)

Thermal treatment merupakan salah satu jenis pemanasan untuk memisahkan kadar air atau zat yang ada di dalam material sehingga mengurangi kandungan atau sisa cairan yang ada pada material tersebut sampai mencapai nilai

yang diinginkan. *Thermal treatment* dapat meningkatkan nilai tambah pada penggunaan bahan bakar maupun bahan untuk aplikasi industri dan komersial. Terdapat beberapa macam proses *thermal treatment* yaitu *drying*, *torrefraction*, *combustion*, *pyrolysis*, dan *gasification* (Chen dkk., 2018).

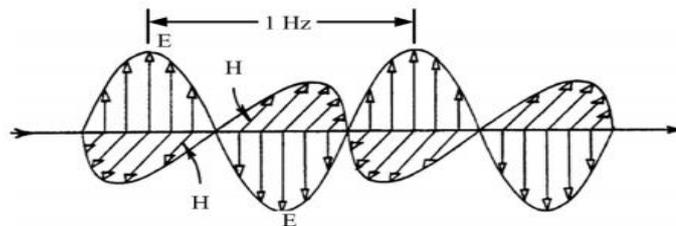
1.2.4 Microwave

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



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 dan Afzal, 2013).



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

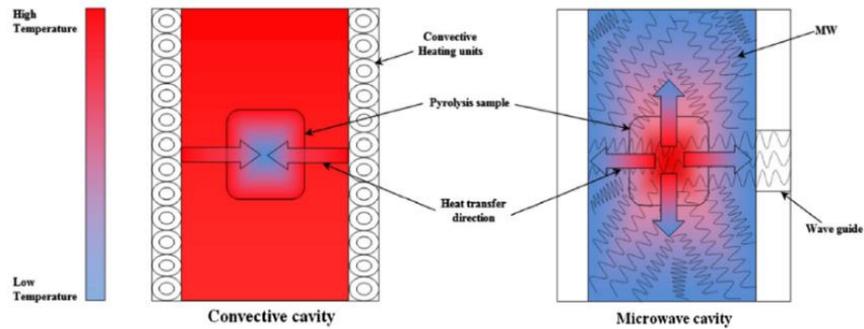
Microwave dapat melakukan penetrasi di dalam material dan memasukkan energi sehingga kalor yang dihasilkan sesuai dengan volume material tersebut. Dampak penggunaan *microwave* sebagai media pemanas akan menyebabkan pusat/inti material menjadi lebih panas daripada lingkungan sekitar. Penggunaan teknologi

ini dinilai efisien karena mampu menekan tingkat konsumsi energi dan waktu pemanasan. Aplikasi penggunaan *microwave* meliputi proses pengeringan, pemanasan, sintesis, dan ekstraksi digestion.

1.2.4.1 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 2.2. 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 volumetric
- 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*

1.2.5 *Mass Loss Rate*

Mass loss rate merupakan besarnya penurunan massa bahan sampel tiap waktu tertentu. Besarnya *mass rate* menunjukkan adanya penguapan kadar air (*moisture content*) dan zat-zat yang mudah menguap (*volatile matter*). *Mass rate* biasanya dinyatakan dalam satuan g/min. Secara matematis, *mass rate* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$MR = \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots(2.1)$$

1.2.6 *Heating Rate*

Heating rate merupakan besarnya kenaikan temperatur bahan sampel tiap waktu tertentu. *Heating Rate* bahan sampel biasanya dinyatakan dalam satuan °C/min. Secara matematis, *heating rate* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$HR = \frac{\text{Temperatur akhir} - \text{temperatur awal}}{\text{waktu}} \dots\dots\dots(2.2)$$