

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Acuan penelitian dikombinasikan dari beberapa penelitian terdahulu sebelumnya untuk dapat memaksimalkan hasil dari penelitian yang dilakukan, penelitian terdahulu diambil dari 10 tahun terakhir. Berikut merupakan ringkasan dari penelitian terdahulu :

**Tabel 2. 1** Penelitian Terdahulu

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Raharjo (2013)	Penelitian terdahulu ini dengan tujuan perancangan pemanas induksi untuk mengetahui efektivitas panas yang dihasilkan guna menguji kekerasan material.	Temperatur maksimal yang dihasilkan pada material yang dipanaskan mencapai 743°C.	Tujuan penelitian, dan pemanfaatan pemanas.
2	Nugroho (2019)	Penelitian terdahulu ini bertujuan mengetahui pengaruh	Temperatur berpengaruh pada volume tar yang dihasilkan.	Tujuan penelitian, dan jenis pemanas

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		<p>temperatur terhadap laju reaksi tar hasil pirolisis serbuk kayu dengan pemanas heater dengan daya 3500 Watt.</p>		<p>yang digunakan.</p>
3	Muley (2019)	<p>Penelitian terdahulu ini bertujuan mengetahui peningkatan katalitik serbuk gergaji kayu pinus menggunakan reactor pemanas induksi.</p>	<p>Menghasilkan kualitas yang baik dan menghilangkan banyak kandungan kadar air karena pemanasan yang tinggi mencapai suhu 800°C</p>	<p>Tujuan penelitian, bahan baku yang digunakan, dan letak kumparan pemanas.</p>
4.	Januero (2020)	<p>Penelitian ini merupakan penelitian terdahulu yang bertujuan untuk Mengetahui pengaruh</p>	<p>Semakin tinggi temperatur yang digunakan akan menghasilkan jumlah produk dan nilai densitas semakin besar.</p>	<p>Tujuan penelitian, bahan baku, dan letak kumparan pemanas.</p>

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		temperatur untuk mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis pemanas induksi kumparan tembaga mengelilingi reaktor		
5.	Kurniawan (2020)	Penelitian terdahulu ini dengan tujuan perancangan pemanas induksi untuk mengetahui efektivitas panas yang dihasilkan guna menguji kekerasan material.	Hasil uji kekerasan <i>raw material</i> mengalami penurunan setelah distempering menggunakan pemanas induksi.	Tujuan penelitian dan pemanfaatan pemanas.
6.	Yudono (2021)	Penelitian terdahulu ini bertujuan pembuatan bahan	Proses pirolisis dilakukan dengan waktu yang cepat dan efisien. 1kg	Tujuan penelitian, bahan baku, dan letak

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		bakar minyak dari limbah plastik dengan pirolisis pemanas induksi.	sampah plastik menghasilkan BBM sebanyak 1 liter dengan pemakaian listrik sebesar 1 kwh.	kumparan pemanas
7.	Sabogal (2021)	mengetahui perbandingan karakterisasi termal antara reaktor pemanas induksi dengan reaktor unggun terfluidisasi (fase banyak).	Produk yang diperoleh dalam reaktor pemanas induksi menunjukkan reproduktibilitas yang baik suhu yang dihasilkan mencapai 825°C	Tujuan penelitian, dan letak kumparan pemanas.
8.	Damanik (2020)	Penelitian terdahulu bertujuan Perancangan dan Pembuatan Alat Pirolisis Skala Rumah Tangga	Hasil percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil asap cair sebesar	Tujuan penelitian, bahan baku, jenis pemanas yang digunakan.

No	Nama Belakang Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		Menggunakan Limbah Tempurung Kelapa dengan pemanasan dari Kompor elpiji	195 ml selama 4 jam. 2.	

Dari penelitian diatas, penulis memiliki keterbaruan yaitu alat karbonisasi limbah biomassa dengan sistem pemanas induksi dari coil spiral tembaga, dengan dirancang letak kumparan pemanas induksi yang berada dibawah reaktor dengan penambahan isolator dari kain goni pada dinding reaktor untuk mengisolasi panas.

## 2.2 Teori-teori yang Relevan

### 2.2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah suatu proses dekomposisi bahan organik secara termokimia dengan proses pembakaran dengan sedikit ataupun tanpa kehadiran oksigen. Bahan organik dalam proses pemanasan akan mengalami pemecahan struktur kimia berubah fase gas. Proses pirolisis bertujuan untuk mengetahui nilai kandungan energi dan bahan baku yang digunakan, pemilihan bahan baku ditinjau pada material penyusun berupa hidrogen dan karbon (Mufrodi *et al.*, 2021). Terdapat 3 tahapan perubahan karakteristik pirolisis yaitu massa, laju penurunan massa dan temperatur. Tahap pertama merupakan pengeringan dengan ditandai penurunan massa dengan proses berjalan lambat, selanjutnya tahap devolatisasi (proses pemecahan struktur) dengan ditandai penurunan massa yang sangat cepat,

dan tahap ketiganya adalah karbonasi dengan ditandai penurunan massa yang kembali melambat (Ridhuan & Inthifawzi, 2019).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisis adalah bahan baku yang digunakan, temperatur, dan waktu. Karakteristik bahan organik sangat mempengaruhi apabila bahan organik memiliki tekstur yang keras maka diperlukan waktu dan suhu yang tinggi untuk dapat memecah struktur dari bahan organik tersebut. Kemudian penggunaan temperatur yang semakin tinggi akan mendapatkan asap cair yang lebih banyak daripada biomassa dan juga sebaliknya, selanjutnya waktu pembakaran yang lebih lama akan menghasilkan asap cair daripada biomassa dan juga sebaliknya (Ridhuan, Mafruddin, *et al.*, 2020). Dengan ini maka harus diusahakan dengan suatu cara agar hasil dapat efisien dan efektif dengan waktu yang singkat dan temperatur yang tinggi.

Pembakaran pirolisis menghasilkan berbagai jenis produk diantaranya arang (*char*), asap cair (*bio-oil*) dan gas. Berdasarkan tingkat pemanasannya, pirolisis dibedakan menjadi 3 jenis yaitu pirolisis lambat (*slow pyrolysis*) dengan suhu rendah  $\leq 400^{\circ}\text{C}$  umumnya digunakan untuk produksi arang, pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) dengan suhu yang digunakan  $400-600^{\circ}\text{C}$ , dan *flash pyrolysis* dengan suhu pemanasan  $900-1200^{\circ}\text{C}$  laju tinggi pemanasan sebesar  $1000^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  umumnya digunakan untuk menghasilkan gas (Novita *et al.*, 2021).

### **2.2.2 Biomassa**

Bahan biologis yang berasal dari organisme atau makhluk hidup yang mengandung lignin, selulosa, dan holoselulosa merupakan definisi dari biomassa. Biomassa diklasifikasikan ke dalam bahan bakar padat yang memiliki unsur kimia antara lain: zat arang atau karbon (C), hidrogen (H), zat asam atau oksigen (O), nitrogen (N), belerang (S), abu dan air, yang semuanya itu terikat dalam satu persenyawaan kimia (Ridhuan *et al.*, 2019).

Biomassa mudah diperoleh dari tanaman perkebunan maupun pertanian bahkan yang sudah tak terpakai dari suatu jenis kegiatan usaha. Biomassa merupakan sumber karbon yang dapat diperbaharui serta mampu diproses menjadi bahan bakar gas, cair, dan padat. Keunggulan sifat dari biomassa yaitu dapat diperbaharui (*renewable resources*) serta relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya pertanian (Inthifawzi *et al.*, 2019).

### **2.2.3 Tempurung Kelapa**

Tempurung kelapa merupakan jenis biomassa dengan tekstur kayu keras memiliki kandungan kadar lignin yang lebih tinggi serta kandungan kadar selulosa lebih rendah dengan kadar air sekitar 6-9% (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa dan hemiselulosa (Lestari *et al.*, 2017). Tempurung kelapa adalah bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah, terletak pada sebelah dalam serabut dengan ketebalan antara 3–6 mm. tempurung kelapa memiliki nilai kapasitas kalor 1.77 Kj/kgK jika tempurung kelapa dibakar dengan temperatur tinggi dalam ruangan tanpa udara akan terjadi rangkaian proses penguraian penyusun tempurung kelapa tersebut dan akan menghasilkan arang, destilat, tar dan gas. Komponen kimia tempurung kelapa yaitu selulosa 26,60%, pentosa 27 %, lignin 29,40% abu 0,60%, nitrogen 0,11% air 8,00% (Nurhilal & Suryaningsih, 2017)

### **2.2.4 Karbonisasi**

Karbonisasi/pengarangan merupakan suatu proses guna meningkatkan nilai kalor biomassa dengan sedikit asap. Produk yang dihasilkan dari proses karbonisasi adalah berupa arang yang tersusun atas karbon dan berwarna hitam. Cara kerja karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian kadar zat

menguap, sehingga karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Suhu karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (*Putro et al.*, 2015). Jika nilai kadar abu briket yang dihasilkan semakin rendah, Hal tersebut disebabkan kandungan yang ada dalam bahan banyak yang terbang pada proses karbonisasi (Ridhuan & Suranto, 2017).

### **2.2.5 Karbon aktif**

Karbon aktif adalah suatu bahan berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri atas atom karbon bebas dan memiliki permukaan dalam sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik (Kristianto, 2017). Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Struktur pori ini erat kaitannya dengan daya serap karbon, dimana semakin banyak pori-pori pada permukaan karbon aktif maka daya adsorpsinya juga semakin meningkat. Maka dari itu kecepatan adsorpsinya akan bertambah (Maulinda et al., 2017). Untuk menghasilkan kualitas karbon aktif yang dibuat harus memenuhi syarat sesuai dengan SNI-06-3730-1995.

**Tabel 2. 2** Syarat kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995

No	Parameter	Persyaratan
1	Kadar zat menguap/ <i>volatile matter</i> (%)	Maks.25
2	Kadar air (%)	Maks.15
3	Kadar abu (%)	Maks.10
4	Bagian yang tidak terarang	Tidak ternyata
5	Daya serap terhadap iodium (mg/g)	Min. 750
6	Kadar karbon aktif murni/ <i>fixed carbon</i> (%)	Min.65
7	Daya serap terhadap benzene (%)	Min. 25
8	Daya serap terhadap biru metilena (ml/g)	Min.120
9	Kerapatan jenis curah (g/ml)	0,30-0,35
10	Lolos ukuran mesh 325	90
11	Jarak mesh (%)	90
12	Kekerasan (%)	80

### 2.2.6 Kalor

Kalor adalah energi yang dipindahkan melintasi batas suatu sistem yang disebabkan oleh perbedaan temperatur antara suatu sistem dan lingkungannya. Nilai kalor merupakan suatu kuantitas atau jumlah panas baik yang diserap maupun dilepaskan oleh suatu benda. Nilai kalor berpengaruh terhadap laju pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor yang dikandung suatu bahan bakar semakin baik bahan bakar tersebut digunakan untuk pembakaran (Putro *et al.*, 2015).

Kalor atau panas merupakan suatu bentuk energi yang berpotensi menyebabkan perubahan nilai suhu. Kalor dapat diartikan sebagai energi yang berpindah dari zat yang bersuhu tinggi ke zat yang bersuhu lebih rendah. Kalor dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m.c. \Delta T \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

m = massa benda (kg),

c = kalor jenis benda (J/kg°C)

$\Delta T$  = perubahan suhu benda (°C).

Terdapat tiga jenis perpindahan perpindahan kalor yaitu ; perpindahan kalor secara konduksi, perpindahan kalor secara konveksi dan perpindahan kalor secara radiasi. Perpindahan panas secara konduksi adalah proses perpindahan panas dengan melalui zat perantara dan tanpa disertai dengan perpindahan molekul zat, perpindahan panas konveksi adalah proses perpindahan panas dengan melalui suatu zat disertai dengan perpindahan molekul-molekul zatnya. Proses perpindahan panas radiasi adalah proses transfer kalor dalam bentuk gelombang elektromagnetik (Alamsah, 2016).

### 2.2.7 Gas Elpiji (LPG)

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) yang berarti gas minyak bumi yang dicairkan, merupakan campuran dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Penambahan tekanan dan penurunan suhu dapat merubah gas menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>) dan butana (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) (Aditama & Rohmawanto, 2014).

Berdasarkan Keputusan Dirjen Minyak dan Gas nomor 26525K/10/DJMT/2009 tentang standar mutu (spesifikasi) bahan bakar gas jenis Liquefied Petroleum Gas (LPG) yang dipasarkan di dalam negeri, elpiji berisi campuran propan dan butane minimum 97% dari total berat. Nilai kalor dari elpiji adalah 47.089 kJ/kg. Cara kerja gas elpiji memiliki perbedaan dengan kompor induksi. Kompor gas elpiji sumber panas yang dihasilkan berasal dari pembakaran gas kemudian dikonduksikan melalui udara dan memanaskan alat masak. Proses ini terdapat energi yang hilang menjadi panas. Sedangkan kompor induksi dengan cara kerja dimana panas

berasal dari peralatan masakunya secara langsung, sehingga efisiensi kompor induksi lebih tinggi dibandingkan dengan kompor gas elpiji (Amiruddin, 2017).

### **2.2.8 Pemanas Induksi**

Pemanas induksi merupakan sistem pemanas non-kontak karena adanya medan magnet arus bolak-balik yang terjadi pada kumparan sehingga menimbulkan panas disebabkan adanya arus *eddy* atau arus pusar yang arahnya melingkar mengalir kumparan medan magnet yang menembus objek.

Pemanas induksi dengan tipe elektronika daya memiliki hubungan erat dengan frekuensi kerja, nilai tegangan, arus masukan, dan objek yang akan dipanaskan. Dari hal tersebut memiliki pengaruh terhadap karakteristik panas yang dihasilkan. Prinsip pemanas induksi menyerupai transformator. Transformator bekerja disebabkan adanya terjadinya induksi elektromagnetik (Zhulkarnaen, 2013). Frekuensi tinggi yang dibangkitkan dari power modul, frekuensi ini akan menghasilkan sebuah komponen elektronika untuk menimbulkan daya AC yang memiliki frekuensi tinggi kemudian dikirimkan ke kumparan koil untuk menimbulkan *fluks*. Arus *eddy* sangat berperan penting dalam proses *induction heating*, sebab panas yang dihasilkan tergantung dari besarnya arus *eddy* yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Panas yang dihasilkan pada material bergantung kepada besarnya arus *eddy* yang diinduksikan oleh lilitan penginduksi. Saat lilitan dialiri oleh arus bolak-balik, maka akan muncul medan magnet di sekitar kumparan penghantar. Medan magnet tersebut besarnya berubah ubah sesuai dengan arus yang mengalir pada lilitan tersebut (Kurniawan *et al.*, 2020).

Apabila sebuah logam yang akan dipanaskan ditempatkan di dalam suatu kumparan elektromagnetik dan dialiri arus AC, maka akan timbul

GGL (gaya gerak listrik) induksi di dalam logam tersebut. Di dalam logam tersebut terdapat banyak jalur konduksi yang terdiri dari aliran gaya gerak listrik induksi dalam jalur tertutup. Arus induksi dalam jalur tertutup ini dinamakan arus pusar (*eddy current*) (Zhulkarnaen, 2013).

Menurut Kurniawan (2014) Pemanasan secara induksi memiliki karakteristik sebagai berikut :

Secara teknis:

- Dengan kerapatan energi yang tinggi, pemanas induksi dapat berukuran kecil serta mampu melepaskan panas dalam waktu yang cukup singkat.
- Dengan induksi dimungkinkan untuk memperoleh suhu yang sangat tinggi.
- Pemanasan dapat dilakukan pada lokasi tertentu.
- Sistem dapat dibuat bekerja secara otomatis.

Konsumsi energi:

- Pada umumnya pemanas induksi memiliki efisiensi energi yang tinggi, tetapi hal ini juga bergantung pada karakteristik material yang dipanaskan.
- Rugi-rugi pemanasan dapat diefisienkan seminimal mungkin.

Perbandingan keuntungan penggunaan pemanas kompor berbahan bakar gas elpiji dengan pemanas induksi.

**Tabel 2. 3** Perbandingan pemanas

No	Pemanas Kompor Berbahan Bakar Gas Elpiji	Pemanas Induksi
1.	Memiliki efisiensi 30-70%	Memiliki efisiensi 95% Rugi-rugi koil $\approx 2\%$ , rugi-rugi power modul $\approx 2\%$
2.	Panas tidak dapat diterapkan secara seragam ke seluruh reaktor	Panas dapat diterapkan seragam di seluruh reaktor
3.	Operasi elemen pemanas memiliki batas waktu	Operasi elemen dingin sehingga tidak memiliki batas waktu
4.	Waktu <i>start up</i> lama	Waktu <i>start up</i> cepat
5.	Massa panas dijumlahkan dengan inersia termal pada sistem	Inersia termal pemanas dapat dihilangkan
6.	Tidak hemat energi	Hemat energi dan mampu meningkatkan kualitas produksi

Sumber : (Kurniawan, 2014)

### 2.2.9 Isolator Termal

Isolator adalah suatu zat atau bahan yang tidak bisa menghantarkan panas maupun listrik. Isolasi termal berkembang tidak hanya untuk menghindari kebocoran panas, tetapi digunakan untuk mengontrol temperature (Muharom & Rifky, 2022). Fungsi isolasi termal sangat penting dalam penggunaan energi panas yang harus seefisiensi mungkin, oleh karena itu diperlukan bahan isolasi termal yang memiliki konduktivitas termal material yang rendah (Ali & Kurniawan, 2013).

Konduktivitas termal material merupakan besaran yang menyatakan kemampuan suatu material dalam menghantarkan panas. Hubungan nilai

konduktivitas termal material dengan kemampuan menghantarkan panas adalah sebanding. Artinya jika semakin besar konduktivitasnya, maka semakin besar juga kemampuan dalam menghantarkan panasnya (Alim *et al.*, 2017).

#### **2.2.10 Jute (Goni)**

Kain goni merupakan bahan pembungkus yang terbuat dari bahan alami (Fadilla *et al.*, 2021). *Jute* (goni) terbuat dari bahan serat alami, beberapa serat yang dapat digunakan untuk membuat karung goni antara lain serat rosella (*Hybiscus sabdariffa*), serat knaf (*Hybiscus cannbicus*), serat *jute* (*Chorcorus capsularis*) dan serat rami (*Boehmeria nivea*) (Widjaja *et al.*, 2018). Bahan serat alami tersebut merupakan bahan organik yang tidak mengganggu lingkungan, mudah menyerap air dan mempertahankan kelembaban sehingga kekuatan serat akan bertambah jika berada dalam keadaan basah (Widjaja *et al.*, 2018). Kain goni memiliki nilai konduktivitas termal dari serat goni sebesar 0,036 W/mK (Nur, 2017). Sehingga cocok digunakan sebagai bahan isolator panas karena memiliki nilai konduktivitas yang rendah. *Jute* (goni) juga digunakan sebagai bahan tekstil untuk industri seperti pelapis permadani, isolasi panas/listrik, tali temali, terpal, bahan, untuk atap dan sebagainya (Ningsih, 2015).