

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Biomassa**

Biomassa merupakan istilah yang digunakan untuk berbagai jenis bahan organik dalam bentuk padat yang dapat digunakan sebagai bahan bakar, seperti kayu, arang, kotoran hewan, limbah pertanian, dan limbah padat lainnya yang dapat terbiodegradasi (Fisafarani, 2010). Biomassa kayu dapat diolah sebagai sumber bahan bakar untuk produksi energi listrik, bahan baku papan partikel, media tanam dan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Berbagai macam jenis biomassa dapat diperoleh dari residu kayu, limbah pertanian, kehutanan, limbah kota maupun limbah industri. Serbuk gergaji kayu merupakan biomassa dari hasil samping unit pemrosesan kayu atau industri yang berbasis furnitur, dari tahapan produksi melalui penggergajian, pengepasan ukuran, perataan tepi, pemangkasan dan perataan kayu atau finishing (Rizal, dkk. 2020). Secara umum dalam pemrosesan 100 kg kayu dengan menggunakan mesin gergaji, akan menghasilkan sekitar 12–25 kg serbuk gergaji kayu (Varma et al., 2019). Serbuk gergaji biasa diolah sebagai papan partikel untuk memaksimalkan penggunaan sisa bahan baku, namun serbuk gergaji bisa diolah menjadi produk asap cair sehingga menambah nilai ekonomi dan meminimalkan sampah sisa hasil penumpukan serbuk gergaji kayu.

##### **2.1.1 Kayu Jati**

Kayu jati merupakan salah satu jenis kayu yang paling banyak diminati sejak dahulu didunia permebelan. Kayu jati banyak terdapat di Pulau Jawa, Sumatera, Nusa Tenggara Barat, Maluku dan Lampung. Pohon ini tumbuh baik di tanah sarang terutama tanah yang mengandung kapur pada ketinggian 0-700 m diatas permukaan laut dengan musim kering dan curah hujan rata-rata 1.200-2.000 m per tahun. Pohon jati bisa tumbuh mencapai 45 m dengan cabang sedangkan 15-20 m dengan batang bebas cabang., memiliki diameter 50-220 mm, bentuk batang beralur, dan tidak teratur (Rabiatul, 2017).

Limbah kayu jati merupakan biomassa yang belum dimanfaatkan secara optimal dan memiliki nilai kalor yang relatif besar. Dengan cara pirolisis, limbah kayu jati yang belum termanfaatkan secara optimal dapat diolah menjadi suatu

produk yang bernilai ekonomis baik asap cair dan gas (Kusumaningrum, 2015). Kayu jati memiliki komponen kimia yang sama dengan kayu. Unsur-unsur penyusun kayu terdiri dari tiga unsur yaitu unsur karbohidrat yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa, unsur non karbohidrat yang terdiri dari lignin, dan unsur-unsur yang diendapkan dalam kayu selama proses pertumbuhan (Rabiatul, 2017)

**Tabel 2.1** Karakteristik Kayu Jati

Sifat	Satuan	Nilai
Hemiselulosa	%	17
Selulosa	%	47,5
Lignin	%	29,9

Sumber : (Rabiatul 2017; Permana dkk, 2014; Haryanto,2021)

### 2.1.2 Kayu Racuk

Kayu racuk merupakan biomassa campuran serbuk gergaji kayu dengan bermacam-macam jenis kayu. Biomassa kayu merupakan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan ketersediaannya berlimpah dengan beragam manfaat kegunaan. Kayu racuk merupakan campuran dari serbuk beberapa kayu bekas gergaji atau serbuk kayu yang tidak terpakai lagi. Biomassa kayu dapat diolah sebagai sumber bahan bakar untuk produksi energi listrik, bahan baku papan partikel, media tanam dan sebagai bahan baku pembuatan asap cair. (Rizal, 2020)

Selain itu, biomassa kayu memiliki berbagai manfaat dari segi ekonomi, sosial maupun lingkungan. Berbagai macam jenis biomassa dapat diperoleh dari residu kayu, limbah pertanian, kehutanan, limbah kota maupun limbah industri. Serbuk gergaji kayu merupakan biomassa dari hasil samping unit pemrosesan kayu atau industri yang berbasis furnitur, dari tahapan produksi melalui penggergajian, pengepasan ukuran, perataan tepi, pemangkasan dan perataan kayu atau finishing. Secara umum dalam pemrosesan 100 kg kayu dengan menggunakan mesin gergaji, akan menghasilkan sekitar 12–25 kg serbuk gergaji kayu (Varma, 2019).

Bagian penyusun utama biomassa kayu adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin, dekomposisi termal selulosa menghasilkan senyawa *anhydroglucose* yang mengandung karbonil dan furan, dekomposisi hemiselulosa menghasilkan asam asetat dan karbon dioksida, sedangkan dekomposisi lignin menghasilkan senyawa

fenolik yang mencirikan sifat organoleptik, antioksidan dan antibakteri pada asap cair (Montazeri, 2013).

**Tabel 2.2** Komposisi Serbuk Gergaji Kayu

Zat Larut Air	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin	Kadar air
16,9 %	17,54 %	39,97 %	25,59%	10,18 %

*Sumber : (Rizal, 2020)*

### 2.1.3 Kayu Meranti

Kayu meranti merupakan salah satu jenis pohon yang dapat tumbuh dengan baik di segala cuaca karena jenis pohon ini tidak tergantung pada jenis tanah maupun iklim. Pohon meranti termasuk ke dalam salah satu jenis pohon yang paling umum digunakan dalam program pembangunan hutan tanaman di Asia dan Pasifik. Kayu gubal meranti tipis dan berwarna terang. Menurut data statistik, limbah serbuk kayu meranti yang dihasilkan mencapai 44% dan belum banyak dimanfaatkan. Telah diketahui bahwa meranti memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi, yaitu seperti yang dijelaskan pada table 2.5.

**Tabel 2.3** Senyawa Penyusun Kayu Meranti

Senyawa	Kandungan
Hemiselulosa	26,03%
Selulosa	40,33%
Lignin	38,18%

*Sumber : (Tajalla, 2019)*

Kayu meranti memiliki nilai kalori sebesar 5731 kkal/kg, kayunya dapat dimanfaatkan sebagai kayu bakar dan dijadikan produk arang, daunnya dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, cabang, dan daun-daun kering dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Sisa serbuk gergaji yang tidak terpakai bisa dimanfaatkan sebagai substrat berkualitas tinggi untuk produksi jamur yang dapat dimakan.

## 2.2 Pirolisis

Pirolisis adalah pemanasan dalam kondisi bebas oksigen mengurai senyawa organik dari suatu bahan menjadi produk cair dan gas dengan melepaskan ikatan bahan-bahan anorganik yang terikat. Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*. *Cracking* adalah proses pemecahan rantai

polimer menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih rendah. Hasil dari proses *cracking* plastik dapat digunakan sebagai bahan kimia atau bahan bakar. Terdapat tiga jenis proses *cracking* yaitu *hidro cracking*, *thermal cracking* dan *catalytic cracking* (Panda, 2011).

Pembakaran pirolisis dapat menghasilkan produk utama yang berupa arang (*char*), asap cair dan gas. Arang yang dihasilkan merupakan bahan bakar bernilai kalori yang tinggi ataupun digunakan sebagai karbon aktif. Asap cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai *zat additive* atau bahan pengawet makanan atau produk tertentu. Sedangkan gas yang terbentuk dapat dibakar secara langsung. Gas dari pirolisis dapat dibedakan menjadi gas yang tidak dapat dikondensasi ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , dll) dan gas yang dapat dikondensasi (*tar*). Minyak akan terjadi pada proses kondensasi dari gas yang terbentuk, disebut juga asap cair.

Salah satu metode pengolahan sampah yang dapat digunakan untuk mereduksi sampah adalah metode pirolisis. Metode pirolisis dapat digunakan untuk mengolah sampah yang berasal dari rumah tangga, seperti : sampah campuran/makanan, sampah buah dan sayur, sampah kertas, sampah plastik, dan sampah tekstil. Pengolahan sampah dengan pirolisis rata-rata menghasilkan 52,2% *wax/ash*, 25,2% *char/residu*, 22,6% gas. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa metode pirolisis dapat merubah sampah menjadi bahan bakar (Ojolo & Bamgboye 2005). Cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis merupakan campuran kompleks senyawa organik antara lain stirena, etil-benzena, toluena, dan lain-lain. Proses pirolisis menghasilkan padatan yang mengandung *char/residu* dan bahan anorganik yang terkandung dalam bahan baku. Selain itu, pirolisis menghasilkan gas yang terdiri dari hidrokarbon,  $\text{CO}$  dan  $\text{CO}_2$  yang memiliki nilai kalor yang tinggi (López, 2010).

Pirolisis merupakan salah satu pengolahan sampah yang dapat mengurangi berat dan volume sampah, serta menghasilkan produk yang lain, antara lain: gas yang mengandung nilai kalori rendah hingga sedang, sehingga dapat digunakan untuk bahan bakar alternatif; *char/residu* hasil pembakaran sampah yang mengandung nilai kalori tinggi, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif; *wax* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dan merupakan sumber

dari bahan kimia, selain itu juga proses tersebut akan menghasilkan air yang mengandung bahan-bahan organik (Rachmawati, 2015).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pirolisa menurut Fauzi, (2013) :

a. Temperatur Pemanasan

Makin tinggi temperatur, maka arang yang diperoleh makin berkurang, tetapi hasil cairan dan gas semakin meningkat. Hal ini disebabkan makin meningkatnya zat-zat terurai dan teruapkan.

b. Waktu Pemanasan

Bila waktu pemanasan diperpanjang, maka reaksi pirolisis semakin sempurna sehingga hasil arang semakin menurun tetapi cairan dan gas semakin meningkat. Waktu pemanasan berbeda-beda tergantung pada jenis dan bahan yang diolah.

c. Kadar Air

Pengaruh kadar air umpan umumnya yaitu umpan tinggi, pembakaran dalam alat pirolisa kurang baik jalannya dan bara yang terbentuk mudah mati, sehingga makin lama waktu yang diperlukan. Hal ini disebabkan karena uap air yang dilepas makin banyak. Kadar air untuk macam-macam zat tidak sama misalnya sekam padi 13,08%.

### 2.3 Asap Cair

Pengertian umum asap cair merupakan suatu hasil destilasi atau pengembunan dari uap hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan yang banyak mengandung karbon dan senyawa-senyawa lain.

Asap cair diperoleh dari pembakaran bahan yang banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin menghasilkan senyawa fenol, senyawa asam dan turunannya. Bahan baku yang dapat digunakan untuk menghasilkan asap cair antara lain tempurung dan serabut kelapa, sampah organik, cangkang kopi, bambu maupun merang padi. Sifat dari asap cair dipengaruhi oleh komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang proporsinya bervariasi tergantung pada jenis bahan yang akan di pirolisis (Ridhuan, 2019).

Akhir-akhir ini, asap cair banyak digunakan pada industri makanan sebagai *preservative*, industri farmasi bioinsektisida, pestisida, desinfektan, herbisida dan lain sebagainya.

### 2.3.1 Komposisi Asap Cair

Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya pirolisis tiga komponen yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lebih dari 400 senyawa kimia dalam asap telah berhasil diidentifikasi. Komponen-komponen tersebut ditemukan dalam jumlah yang bervariasi tergantung jenis bahannya (Kasim, 2015).

Diketahui pada bahwa temperatur pembuatan asap merupakan faktor yang paling menentukan kualitas asap yang dihasilkan. Suhendi, 2012 menyatakan bahwa kandungan maksimum senyawa-senyawa fenol, karbonil, dan asam dicapai pada temperatur pirolisis 600 °C. Tetapi produk yang diberikan asap cair yang dihasilkan pada temperatur 300 °C dinilai mempunyai kualitas organoleptik yang terbaik dibandingkan dengan asap cair yang dihasilkan pada temperatur pirolisis yang lebih tinggi. Golongan-golongan senyawa penyusunan asap cair dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.4** Standar Sifat Kimia Asap Cair

Senyawa	Kandungan
Asam	2,8 – 9,5 %
Karbonil	2,6 – 4,0 %
Fenol	0,2 – 2,9 %
Air	11 – 92%
Tar	1 – 7 %

*Sumber: (Maulina, 2018)*

**Tabel 2.5** Standar Sifat Fisika Asap Cair

Senyawa	Kandungan
Densitas (kg/dm <sup>3</sup> )	1,1-1,3
pH	2-3
Kadar Air (%)	30
Kadar Abu (%)	0,15

*Sumber: (ASTM D7544)*

### **2.3.2 Manfaat Asap Cair**

Asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain industri pangan, industri perkebunan, dan industri kayu. Manfaat dari industri-industri tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### **1. Industri Pangan**

Menurut (Prananta, 2008) asap cair ini mempunyai kegunaan yang sangat besar sebagai pemberi rasa dan aroma yang spesifik juga sebagai pengawet karena sifat antimikroba dan antioksidannya. Dengan tersedianya asap cair maka proses pengasapan tradisional dengan menggunakan asap secara langsung yang mengandung banyak kelemahan seperti pencemaran lingkungan, proses tidak dapat dikendalikan, kualitas yang tidak konsisten serta timbulnya bahaya kebakaran, yang semuanya tersebut dapat dihindari.

#### **2. Industri Perkebunan**

Asap Cair dapat digunakan sebagai koagulan lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti antijamur, antibakteri, dan antioksidan tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan.

#### **3. Industri Kayu**

Menurut Prananta, 2008 kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap dari pada kayu tanpa diolesi asap cair.

### **2.3.3 Jenis Asap Cair**

Menurut Johansyah, 2011 asap cair yang dihasilkan dari proses pirolisis perlu dilakukan proses pemurnian dimana proses ini menentukan jenis asap cair yang dihasilkan. Berikut ini adalah jenis asap cair yaitu :

#### **a. Asap Cair grade 3**

Jenis asap cair grade 3 ini sudah dilakukan proses pemurnian dengan distilasi pada suhu sekitar 150°C untuk menghilangkan tar. Proses pemurnian asap cair belum sempurna karena masih mengandung sedikit tar. Hal ini dapat terlihat dari cirinya yaitu berwarna coklat pekat, bau tajam. Asap cair ini diorientasikan untuk pengawetan karet.

b. Asap Cair grade 2

Jenis asap cair ini lebih murni dibandingkan dengan grade 3 karena selain di distilasi kemudian dilanjutkan penyaringan dengan zeolit. Asap cair ini memiliki warna kuning kecoklatan dan diorientasikan untuk pengawetan bahan makanan mentah seperti daging, ayam, dan ikan.

c. Asap Cair Grade 1

Asap cair grade 1 merupakan penyempurnaan dari asap cair grade 3 dan 2 karena dilakukan proses fraksinasi dan dilanjutkan penyaringan dengan karbon aktif. Warna asap cair ini kuning pucat dan digunakan untuk bahan makanan siap saji seperti mie basah, bakso, dan tahu.

## 2.4 Konsumsi Energi

Konsumsi energi atau *Specific Energy Consumption* (SEC) merupakan perbandingan antara total energi yang dikonsumsi dengan suatu aspek fisik yang ditinjau. Pada proses pemesinan, SEC didefinisikan sebagai sejumlah energi yang diperlukan untuk memotong satu unit volume material (Zhang, dkk, 2017). Karena manajemen energi merupakan sarana penting untuk meningkatkan efisiensi energi, penggunaan konsumsi energi spesifik (SEC) untuk mengidentifikasi potensi peningkatan efisiensi energi dipandang sebagai instrumen penting manajemen energi. Seringkali, dalam literatur dan standar internasional, SEC digunakan sebagai indikator kinerja energi untuk mengevaluasi atau mengukur kinerja efisiensi energi.

Umumnya SEC dihitung sebagai rasio energi yang digunakan untuk memproduksi suatu produk :

$$SEC = \frac{\text{Energy used}}{\text{Product's amount}} \dots\dots\dots(1)$$

Sumber : (Lawrence, 2019)

Satuan tergantung pada tujuan penggunaan SEC, namun disini digunakan satuan Watt untuk satuan energi yang digunakan dan cm<sup>3</sup>/s untuk produk yang dihasilkan. Menurut Pranolo (2019), Perbandingan jumlah energi yang digunakan untuk menghasilkan satu satuan produk disebut energi spesifik. Industri yang hemat energi adalah industri dengan energi spesifik yang rendah, sebaliknya industri boros adalah industri dengan energi spesifik yang tinggi. Besarnya energi spesifik mempunyai hubungan langsung dengan penentuan indeks dari penggunaan energi,

yang diolah atau dianalisa setiap periode waktu tertentu. Dengan penetapan indeks ini akan dapat diperoleh informasi penggunaan energi dan sebagai upaya untuk perencanaan penggunaan efisiensi penggunaan bahan bakar dan listrik.

## 2.5 Penelitian-penelitian Terdahulu

**Tabel 2.6** Penelitian-penelitian Terdahulu

<b>Sumber Penelitian Terdahulu</b>	<b>Proses Penelitian Terdahulu</b>	<b>Hasil Penelitian Terdahulu</b>	<b>Uraian Penelitian yang akan dilakukan</b>
Maulina, 2018 <i>“Pirolisis Pelepah Kelapa Sawit untuk Menghasilkan Fenol pada Asap Cair”</i>	Pemanfaatan limbah kelapa sawit yang dilakukan pengecilan ukuran partikel bahan baku agar dapat meningkatkan laju pemanasan. Penelitian ini menggunakan rangkaian reaktor pirolisis (1 kondenser)	Kadar total fenol tertinggi diperoleh pada suhu pirolisis 600°C selama 90 menit, yaitu sebesar 17,966 %.	Pada penelitian ini, peneliti membuat reaktor pirolisis dengan <i>double condenser</i> dengan menghitung <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC), jumlah rendemen serta karakteristik asap cair dengan kualitas yang sesuai dengan standar.
Muzdalifah, 2020 <i>“Potensi Pemanfatan Limbah Biomassa Serbuk Gergaji Kayu Besi (Eusideroxylon Zwageri) Menjadi Asap Cair melalui Proses Pirolisis”</i>	Pemanfaatan limbah kayu melalui proses pirolisis menjadi pengawet makanan.	Asap cair yang dihasilkan bagus digunakan sebagai bahan pengawet pangan.	

Tabel 2.7 Lanjutan Penelitian-penelitian Terdahulu

Sumber Penelitian Terdahulu	Proses Penelitian Terdahulu	Hasil Penelitian Terdahulu	Uraian Penelitian yang akan dilakukan
Ridhuan, 2019. <i>“Pengaruh Jenis Biomassa pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik dan Efisiensi bioarang – Asap Cair yang Dihasilkan”</i>	Proses pirolisis menggunakan reaktor pirolisis <i>single</i> kondesor dengan suhu $\pm 500^{\circ}\text{C}$ .	Jumlah asap cair yang dihasilkan tertinggi kayu rengas yaitu 86 ml dan terendah kayu jati putih yaitu sebesar 34 ml.	Pada penelitian ini, peneliti membuat reaktor pirolisis dengan <i>double condenser</i> dengan menghitung <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC), jumlah rendemen serta karakteristik asap cair dengan kualitas yang sesuai dengan standar.
Bardalai, 2018 <i>“Characteristic of Pyrolysis Oil Derived from Teak Saw Dust and Rice Husk”</i>	Pirolisis dengan <i>fixed bed reactor</i> pada suhu $450^{\circ}\text{C}$ dengan ukuran sampel 0,5-1 mm	Asap cair kayu jati memiliki nilai kalor 23,41 MJ/kg, viskositas 6,8 cSt, dan pH 3,4	
Gupta dkk, 2019 <i>“Experimental Process Parameters Optimization and In-depth Product Characterizations fot Teak Saw Dust Pyrolysis”</i>	Pirolisis dengan <i>fixed bed reactor</i> pada rentang suhu $400-700^{\circ}\text{C}$ , aliran $\text{N}_2$ 150-250 mL/min, dan ukuran sampel 0,18-0,6 mm.	<i>Yield</i> maksimum asap cair dihasilkan pada suhu $600^{\circ}\text{C}$ (48,8%). Asap cair bisa digunakan sebagai <i>bio-fuel</i> setelah dilakukan peningkatan senyawa kimia	