

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Roadmap Penelitian

**Tabel 2.1** Roadmap Penelitian

Sumber	Proses	Hasil	Penelitian yang akan dilakukan
Rusydi, 2019. <i>“Pyrotechnology 4 in 1: Prinsip Dasar Teknologi Pirolisa Biomassa”</i>	Pemanfaatan tempurung kemiri melalui proses pirolisis menggunakan dua kondenser yang disusun parallel.	Asap cair grade 3 yang dihasilkan lebih banyak.	Pembaharuan yang akan dilakukan adalah pada kondensor, variasi bahan baku, dan ukuran bahan baku. Proses pirolisis akan dilakukan dengan <i>fixed bed reactor</i> dengan <i>double condenser</i> dan menghitung <i>specific energy consumption</i> , serta karakteristik fisik dan kimia asap cair.
Isa, 2019 <i>“Pemanfaatan Asap Cair Tempurung Kelapa Sebagai Pestisida Organik Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (Spodoptera Litura F.)”</i>	Pengarangan limbah tempurung kelapa menggunakan alat yang dihubungkan dengan kondensor dan satu tempat penampung asap cair sebagai pestisida organik.	Didapatkan asap cair grade 3 yang mengandung komponen-komponen yang cocok untuk dijadikan pestisida organik.	

Tabel 2.2 Roadmap Penelitian 2020-2021

Sumber	Proses	Hasil	Penelitian yang akan dilakukan
Suryani, 2020 "Karakteristik dan Aktivitas Antibakteri Cair dari Biomassa Kayu Putih dan Kayu Jati"	Pirolisis dengan <i>fixed bed reactor</i> pada suhu 250°C selama 8 jam.	Pirolisis kayu jati mengandung 25,53% asetat dan 11,19% fenol yang menghambat pertumbuhan bakteri	Pembaharuan yang akan dilakukan adalah pada kondensor, variasi bahan baku, dan ukuran bahan baku. Proses pirolisis akan dilakukan dengan <i>fixed bed reactor</i>
Majid, 2021 "Pengaruh Ukuran Serbuk Kayu Jati dan Suhu Pemanasan terhadap Volume dan Nilai Kalor Tar pada Proses Pirolisis"	Pirolisis menggunakan <i>fixed bed reactor</i> selama 3 jam dengan ukuran sampel 1,18 mm dan 2,36 mm dengan variasi suhu pemanasan.	Prose pirolisis yang dilakukan menghasilkan tar terbanyak pada suhu 550°C sebanyak 64 ml untuk ukuran 1,18 mm dan 50 ml pada ukuran serbuk 2,36 mm.	dengan <i>double condenser</i> dan menghitung <i>specific energy consumption</i> , serta karakteristik fisik dan kimia asap cair.

## 2.2 Kayu Akasia (*Acacia*)

Kayu akasia (*acacia*) merupakan salah satu jenis kayu yang banyak ditanam dan dimanfaatkan untuk dijadikan sebagai bahan baku produksi pengolahan kayu hulu dan kemudian menjadi berbagai jenis kayu olahan di Indonesia. Produksi kayu akasia (*acacia*) di Indonesia sebesar 32.114.477,35 m<sup>3</sup> pertahun 2020 (Statistik Produksi Kehutanan, 2020). Dalam proses pemanenan kayu selalu terdapat limbah berupa kayu, tunggul dan ranting (Hawari, 2015) yang termasuk biomassa. Biomassa kayu akasia yang berupa serbuk kayu dari hasil pengolahan mabel dapat dilihat pada gambar 2.1. Mengambil data rendemen dari proses pengolahan kayu gergajian dari perusahaan PT. Katingan Timber Celebes (KTC) yang mana sebesar 58,18% rendemen dan rata-rata limbah industri kayu gergajiaan sebesar 44,86% (Uar, 2016). Sehingga besar potensi limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan.

### 2.2.1 Karakteristik kayu akasia (*Acacia*)

Akasia merupakan jenis legume yang tumbuh cepat, dapat tumbuh pada lahan tidak subur serta tidak begitu terpengaruh oleh jenis tanahnya (Elfarisna, 2015). Karakteristik kayu akasia menurut (Erlinawati dkk, 2021) dari uji proximate dapat dilihat pada tabel 2.3.

**Tabel 2.3** Karakteristik Kayu Akasia

Parameter	Satuan	Nilai
Kadar Air ( <i>Moisture</i> )	%	11,44-13,11
Kadar Abu	%	0,31-0,97
Selulosa	%	45 ± 2
Hemiselulosa	%	30 ± 5
Lignin	%	20 ± 4
Zat Ekstraktif	%	5 ± 3

*Sumber: Erlinawati, 2021; Magno, 2013*

Kayu akasia (*Acacia*) memiliki beberapa karakteristik (Sutapa, 2013) diantaranya:

- Warna kayu akasia berwarna coklat pucat sampai coklat tua.
- Corak kayu akasia polos atau berjalur-jalur berwarna gelap dan terang.

- c. Tekstur kayu akasia halus sampai agak kasar.
- d. Bentuk kayunya agak keras sampai keras.
- e. Berat jenis rata-rata 0,61
- f. pH sebesar 4,2 (Rahman, 2016)

### **2.3 Kayu Jati (*Tectona Grandis*)**

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 (Mutmainnah, 2017).

Kayu jati memiliki serat halus dengan warna kayu mula-mula sawo kelabu, kemudian berwarna sawo matang apabila terkena cahaya matahari dan udara. Serat kayu memiliki arah rata-rata 1316  $\mu$  dengan diameter 24,8  $\mu$  dan tebal dinding 3,3  $\mu$ . Struktur pori Sebagian besar soliter dalam susunan tata lingkaran, memiliki diameter 20-40  $\mu$  dengan frekuensi 3-7 per  $\text{mm}^2$ . Karena sifat-sifatnya yang baik, kayu jati merupakan jenis kayu yang paling bannyak dipakai untuk berbagai keperluan.

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 (Yudanto, 2005). 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 (Mutmainnah, 2017). Karakteristik kayu jati dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4** Karakteristik Kayu Jati

Sifat	Satuan	Nilai
<b>Karakteristik Fisik</b>		
Berat jenis	kg/m <sup>3</sup>	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
<i>Specific gravity</i>		0,66
<b>Karakteristik Kimia</b>		
Hemiselulosa	%	17
Selulosa	%	47,5
Lignin	%	29,9
Abu	%	1,4

*Sumber: Mutmainnah 2017; Permana, 2014; Haryanto, 2021*

#### **2.4 Kayu Racuk**

Biomassa kayu merupakan potensi sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan ketersediaannya berlimpah dengan beragam manfaat kegunaan. Tercatat ketersediaan produksi tahunan dari biomassa kayu mencapai 1011-1012 ton di seluruh dunia. 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 2.5** Karakteristik Serbuk Gergaji Kayu Racuk

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

Sumber: (Rizal, 2020)

## 2.5 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termokimia yang terjadi pada bahan organik (biomassa) melalui proses pemanasan dengan menggunakan sedikit atau tanpa oksigen dimana material mentah akan mengalami struk kimia menjadi fase gas. Proses pembakaran menggunakan metode pirolisis menghasilkan produk keluaran asap cair. (Ridhuan, 2019).

### 2.5.1 Proses Pembakaran Pirolisis

Proses pembakaran pada pirolisis terjadi 3 tahap (Ridhuan, 2019).

#### a. Pengerinan

Tahap pertama ialah pengerinan ini ditandai dengan penurunan massa bahan baku yang berjadalan secara lambat pada komposisi umpan. Fase ini terjadi pada suhu 200°C.

#### b. Devolatilisasi

Tahap kedua ialah devolatilisasi yang ditandai dengan penurunan massa bahan baku yang sangat cepat. Fase kedua ini terjadi pada suhu 200-500°C.

#### c. Karbonasi

Tahap ketiga ialah karbonasi yang ditandai dengan penurunan massa bahan baku yang kembali melambat. Fase ketiga ini terjadi pada suhu 500-200°C.

### 2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Pirolisis

Faktor yang mempengaruhi proses pirolisis tidak hanya sedikit atau tidak sama sekali menggunakan oksigen (O<sub>2</sub>) karena ada beberapa faktor lain yang mempengaruhi proses pirolisis diantaranya (Maulina, 2017).

#### a. Kadar Air

Kadar air pada bahan baku mempengaruhi rendemen dan kualitas asap cair yang dihasilkan. Dikarenakan jika kandungan kadar air tinggi maka akan

menurunkan kadar asam dan fenol pada asap cair sehingga menyebabkan kualitas asap cair yang dihasilkan menurun.

#### b. Temperatur

Temperatur yang semakin tinggi pada proses pirolisis menyebabkan rendemen asap cair yang dihasilkan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan suhu yang tinggi akan menyebabkan dekomposisi bahan baku akan lebih sempurna sehingga asap cair yang dihasilkan tinggi. Namun bila Temperatur yang digunakan terlalu tinggi akan menyebabkan terpecahnya ikatan polimer sehingga menghasilkan ikatan-ikatan yang lebih kecil yang sulit terkondensasi seperti,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ , dan  $\text{CH}_4$ . Hal ini lah yang menyebabkan menurunnya produk asap cair.

Semakin lama waktu maka semakin tinggi rendemen asap cair yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu pirolisis maka semakin banyak bahan baku yang terdekomposisi akibat lamanya waktu kontak panas dengan bahan baku, Namun jika terlalu lama sehingga suhu semakin tinggi menyebabkan kehilangan bobot (*loss*) yang semakin besar.

#### c. Ukuran Partikel

Menurut (Anshari, 2018) Ukuran partikel bahan baku yang semakin besar maka *bio-char* yang dihasilkan lebih banyak dan asap cair yang dihasilkan lebih sedikit. Hal ini dikarenakan semakin besar partikel, maka semakin besar resistensi transfer panas ke bahan baku yang menyebabkan suhu didalam bahan baku pada partikel yang lebih besar akan tetapi lebih kecil jika dibandingkan partikel yang lebih kecil sehingga menyebabkan hasil *bio-char* lebih banyak.

## 2.6 Asap Cair

Asap Cair adalah suatu hasil proses distilasi atau pengembunan dari gas hasil pembakaran tidak langsung maupun langsung dari bahan yang banyak mengandung karbon serta senyawa-senyawa lain (Sugiarti, 2012).

Komponen asap cair yang dihasilkan terdiri dari banyak senyawa yang terbentuk oleh dekomposisi kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada limbah biomassa (serbuk kayu akasia, jati dan racuk) melalui proses pirolisis (Karo, 2020).

Asap cair mengandung banyak senyawa kimia sehingga dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan diantaranya asam karboksilat, fenol, karbonil, keton, aldehid, polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) dan *benzo(a)pyrene*. Senyawa-senyawa penyusun ini memengaruhi karakteristik asap cair yang dihasilkan seperti fenol yang merupakan faktor utama yang mempengaruhi flavor, antibakteri dan antioksidan (Karo, 2020).

### 2.6.1 Karakteristik Asap Cair

Asap cair mengandung banyak senyawa yang diakibatkan karena terjadinya proses pirolisis tiga komponen penyusun bahan baku (serbuk kayu) yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Sehingga senyawa penyusun asap cair bergantung dari jenis bahan bakunya (Kasim, 2015). Standar kualitas asap cair dapat dilihat pada tabel 2.6 dan 2.7

**Tabel 2.6** 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 2.7** Standar Sifat Fisika Asap Cair

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

*Sumber: (ASTM D7544)*

### 2.6.2 Manfaat Asap Cair

Komponen penyusun asap cair memiliki banyak manfaat dan telah banyak digunakan diberbagai bidang industri, antara lain:

#### a. Industri Perkebunan

Asap cair dapat berfungsi sebagai koagulan lateks organik dikarenakan sifatnya seperti antibakteri, antioksidan dan antijamur tersebut dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan dan dapat juga digunakan sebagai pestisida organik.

#### b. Industri Kayu

Kayu yang diolesi asap cair dengan konsentrasi tinggi dapat membunuh rayap pada kayu dengan signifikan sehingga kayu memiliki efektivitas anti rayap (Habib, 2017).

#### c. Industri Pangan

Asap cair dapat berfungsi sebagai pengawet makanan dan penambah cita rasa dikarenakan sifatnya yang antimikroba, antibakteri dan terdapat senyawa fenol yang menambah flavor pada produk makanan. Akan tetapi asap cair memerlukan perlakuan khusus lebih lanjut karena tidak bisa digunakan secara langsung.

### 2.6.3 Jenis-jenis Asap Cair

Asap cair memerlukan perlakuan lanjutan seperti pemurnian untuk diolah menjadi produk yang siap pakai. Jenis asap cair, diantaranya:

#### a. Asap Cair *Grade 1*

Asap cair *grade 1* adalah produk asap cair yang diproses kembali dengan proses distilasi dan penyaringan dengan zeolit kemudian asap cair di proses lagi dengan distilasi fraksinasi dan penyaringan menggunakan arang aktif. Produk asap cair yang dihasilkan berwarna kuning pucat dan berfungsi sebagai pengawet makanan siap saji seperti bakso, tahu, dan bakso.

#### b. Asap Cair *Grade 2*

Asap cair *grade 2* adalah produk asap cair yang diproses kembali dengan proses distilasi dan penyaringan menggunakan zeolit. Asap cair ini memiliki karakteristik warna yaitu warna kuning kecoklatan dan berfungsi sebagai pengawet makanan mentah seperti ikan, daging dan ayam.

### c. Asap Cair *Grade 3*

Asap cair *grade 3* adalah produk asap cair yang diproses kembali untuk menghilangkan kandungan tar pada asap cair dengan proses distilasi. Asap cair ini memiliki karakteristik warna ialah berwarna coklat pekat dan berbau yang menyengat. Asap cair ini digunakan untuk pengawet karet dan pestisida organik (Habib, 2017).

## 2.7 Pirolisator *Single Unit Condensor*

Adanya kemajuan teknologi mempermudah banyak pekerjaan industri maupun rumah tangga, serta pengolahan limbah. Salah satu contohnya adalah teknologi pembuatan asap cair. Inovasi teknologi proses produksi asap cair dengan metode pirolisis dilakukan dengan pirolisator yang dimodifikasi dengan memaksimalkan asap yang akan dikondensasi menjadi kondensat yang dihasilkan pada proses pirolisis.

Konsep *single unit condenser* adalah melakukan kondensasi terhadap distribusi laju produk kondensat pada kondensor yang dipasang dari alat pirolisis (Rusydi, 2019). Suatu metode kondensasi dengan laju kondensasi pada bagian kondenser adalah melakukan kondensasi terhadap kecepatan aliran gas yang melintas pipa, yakni dengan menambahkan satu unit alat kondensor yang didalamnya terdapat pipa yang berbentuk spiral yang bertujuan untuk melakukan perubahan dari fase gas menjadi fase cair. Alat pirolisis dengan sistem *single unit condenser* dipasang untuk melakukan kondensasi sehingga produk asap cair yang dihasilkan lebih meningkat, khususnya kondensator dibuat menyatu dengan pipa alir gas dengan kemiringan pipa pada sudut tertentu dan terdiri dari satu aliran yang terhubung dengan kondensator.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Kemas Ridhuan dan kawan-kawan (2019), dengan judul Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. Penelitian ini menggunakan 3 jenis biomassa dan massa yang berbeda-beda yaitu kulit kelapa muda dengan massa 3 kg, bambu dengan massa 3 kg, dan kulit durian dengan massa 1,2 kg. Alat pirolisis yang digunakan adalah pirolisator dengan sistem *single unit condenser*.

Jumlah asap cair yang dihasilkan adalah 100 ml untuk kulit kelapa muda, 120 ml untuk bambu, dan 74 ml untuk kulit durian. Apabila dihitung %yield asap cair maka persentase asap cair dari kulit kelapa muda 3,34%, bambu 4% dan kulit durian 6,16%. Maka dari itu, hasil %asap cair dari biomassa yang dihasilkan dari sistem pirolsator dengan sistem *single unit condensor* memiliki rentang persentase 3-6%.

### **2.8 Specific Energy Consumption (SEC)**

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 dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$SEC = \frac{\text{Energy used}}{\text{Product's amount}} \dots\dots\dots 2.1$$

Sumber: (Lawrence, 2019)

Satuan tergantung pada tujuan penggunaan SEC, namun disini digunakan satuan Watt untuk satuan energy yang digunakan dan cm<sup>3</sup>/s untuk produk yang dihasilkan.