

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roadmap Penelitian

Tabel 2.1 Roadmap Penelitian

Sumber Penelitian Terdahulu	Proses Penelitian Terdahulu	Hasil Penelitian Terdahulu	Uraian Penelitian yang akan dilakukan
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 pirollisator dengan <i>double condenser</i> dengan menghitung <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC),
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.	stabilitas api, kondensat serta karakteristik asap cair dengan kualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida organik.

Tabel 2.2 Lanjutan *Roadmap* Penelitian

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 yang dihasilkan tertinggi kayu rengas yaitu 86 ml dan terendah kayu jati putih yaitu sebesar 34 ml.	Pada penelitian ini, peneliti membuat pirolisator dengan <i>double condenser</i> dengan menghitung <i>Specific Energy Consumption</i> (SEC), stabilitas api, kondensat serta karakteristik asap cair dengan kualitas yang dapat dimanfaatkan sebagai pestisida organik.
Sulhatun, 2019. <i>“Pyrotechnology 4 in 1: Prinsip Dasar Teknologi Pirolisa Biomassa”</i>	Pemanfaatan tempurung kemiri melalui proses pirolisis menggunakan dua kondenser yang disusun paralel.	Asap cair grade 3 yang dihasilkan lebih banyak.	

2.2 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).

2.2.1 Tempurung Kelapa

Tanaman kelapa termasuk dalam famili palmae yang banyak tumbuh di daerah tropis seperti Indonesia. Faktor lingkungan seperti sinar matahari, suhu, curah hujan, kelembaban dan tanah akan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitasnya (Palungkun, 2003). Bagian terpenting dari tanaman kelapa salah satunya adalah buah kelapa yang terdiri dari kulit luar (epicarp), sabut (mesocarp), tempurung kelapa (endocarp), daging buah (endosperm), dan airt kelapa (Palungkun, 2003). Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang fungsinya secara biologis adalah pelindung inti buah dan terletak di bagian sebelah dalam sabut dengan ketebalan berkisar antara 3–6 mm. Pada Tabel 1 berikut ini adalah komposisi kimia yang terdapat dalam tempurung kelapa.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen Kimia	Presentase (%)
Selulosa	27,31
Hemiselulosa	27,7
Lignin	33,30
Abu	0,23
Komponen Ekstraktif	4,2
Uronat Anhidrat	3,5
Nitrogen	0,1

Sumber; Suhardiyono (1988) dan Djatmiko et al. (1985)

Grimwood (1975) menggolongkan tempurung kelapa sebagai kayu keras, tetapi mempunyai kadar lignin yang lebih tinggi dan kadar selulosa rendah. Pemanfaatan terbesar dari tempurung kelapa adalah sebagai arang atau briket tempurung kelapa, padahal produk asap cair dan arang dapat dihasilkan dalam satu proses yaitu dengan pirolisis.

2.2.2 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 kering 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).

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 μ dengan diameter 24,8 μ dan tebal dinding 3,3 μ . Struktur pori Sebagian besar soliter dalam susunan tata lingkaran, memiliki diameter 20-40 μ dengan frekuensi 3-7 per mm². Karena sifat-sifatnya yang baik, kayu jati merupakan jenis kayu yang paling banyak dipakai untuk berbagai keperluan.

Limbah kayu jati merupakan biomassa yang belum dimanfaatkan secara optimal dan memiliki nilai kalor yang relative 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 dkk, 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)

Table 2.4 Karakteristik Fisik Kayu Jati

Sifat	Satuan	Nilai
Berat jenis	kg/m ³	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
<i>Specific gravity</i>		0,66

Sumber :Rabiatul 2017; Permanadkk, 2014; Haryanto,2021

Tabel 2.5 Karakteristik Kimia Kayu Jati

Sifat	Satuan	Nilai
Hemiselulosa	%	17
Selulosa	%	47,5
Lignin	%	29,9
Pentosa	%	14,4
Abu	%	1,4
Silika	%	0,4
Nilai kalor	kal/g	5081
Karbon tetap	%	12,69
Zat terbang	%	80,29
C	%	51,6
H	%	6
O	%	42,2
N	%	0,26
S	%	0,01

Sumber :Rabiatul 2017; Permanadkk, 2014; Haryanto,2021

2.2.3 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. Serbuk gergajian yang dihasilkan sebanyak 20-30% dari aktifitas penggergajian dan belum banyak dimanfaatkan (Nugroho, 1996, dalam Lastri Bakkara). Bila produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m³ pertahun, maka dihasilkan limbah penggergajian sebanak 0.78 juta m³ pertahunnya. Sebagai contoh, industry kecil kotak buah di sekitar sungai Keramasan di Palembang menyumbang hampir 1 ton limbah per tahunnya (Lastri Bakkara, 2007). Presentase komposisi kimia pada Kayu Meranti disajikan pada Tabel 2.6.

Komposisi Kimia Kayu Meranti

Tabel 2.6 Komposisi Kimia Kayu Meranti

Komponen Kimia	Kadar (%)
Lignin	51.45
Selulosa	31.62
Pentosan	24.12
Abu	0.86
Silika	0.86

Sumber; Indonesian forest (2008)

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.

2.3 Pirolisis

Pirolisis adalah pemanasan dalam kondisi bebas oksigen atau udara terbatas mengurai senyawa organik dari suatu bahan menjadi produk cair dan gas dengan melepaskan ikatan bahan-bahan anorganik yang terikat. Produk utama dari pirolisis adalah 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 (CO , CO_2 , 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, CO dan CO₂ 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%.

2.4 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).

Asap cair merupakan campuran cairan hidrokarbon yang terdiri dari campuran kompleks senyawa beroksigen yang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan. Asap cair memiliki karakteristik berwarna coklat tua dengan tingkat kekentalan tergantung dengan komposisi bahan baku yang digunakan. Penyaringan uap panas member kesan merah-cokelat yang tembus pandang karena tidak adanya arang sedangkan adanya kandungan nitrogen yang tinggi bisa memberikan warna hijau gelap pada cairan (Rusydi, 2019). Berikut merupakan beberapa karakteristik asap cair asal Jepang:

Tabel 2.7 Karakteristik Asap Cair Asal Jepang

Parameter	Asap Cair
pH	1,5 – 3,7
Berat Jenis	> 1,005
Warna	Kuning-coklat kemerahan sampai pucat-coklat kemerahan
Transparansi	Tidak keruh
Kadar Asam Organik	1-18%

Sumber; Yatagai (2000)

Selama proses pirolisis, terbentuk senyawa-senyawa yaitu fenol, karbonil (terutama keton dan aldehid), asam furan, alkohol dan ester, lakton, hidrokarbon alifatik dan polisiklis aromatik. Asap memiliki kemampuan untuk menjadi pestisida organik karena adanya senyawa asam, dan fenol. Adanya kandungan senyawa-senyawa kimia didalam asap cair kayu jati yang terkandung dapat mematikan organisme pengganggu. Komponen dalam kayu seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin memiliki jumlah yang bervariasi tergantung umur tanaman dan kondisi pertumbuhan kayu seperti iklim dan tanah. Adapun komposisi kimia asap cair pada umumnya dapat dilihat pada tabel 2.8 dibawah ini:

Tabel 2.8 Komposisi Kimia Asap Cair

Kandungan (%)	Nilai
Air	11 – 92
Fenol	0,66 – 4,19
Asam	4,19 – 9,48
Karbonil	2,6 – 4
Tar	1 - 7

Sumber; Santiyo Wibowo (2000)

Kualitas asap cair ditentukan oleh kondisi proses pembakaran, yaitu tekanan, suhu pembakaran dan lamanya waktu pembakaran, serta banyaknya kandungan asam, tar, dan fenol di dalamnya. Kualitas asap cair juga ditentukan oleh kemurnian dari senyawa-senyawa yang terkandung di dalamnya dan pemanfaatannya sebagai antimikroba, antioksidan, bioinsektisida perlu dilakukan proses pemurnian lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan penggunaannya.

2.4.1 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 industry-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.

2.4.2 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.

2.5 *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 :

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

Sumber : (Lawrence, 2019)

Satuan tergantung pada tujuan penggunaan SEC, namun disini digunakan satuan Watt untuk satuan energi yang digunakan dan cm³/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.