

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Bahan baku produksi minyak bumi (fosil) dalam negeri yang terbatas dan meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak bumi (fosil) akan menyebabkan ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi (fosil). Pada periode tahun 2011 – 2030 diperkirakan kebutuhan minyak bumi (fosil) dalam negeri akan meningkat hampir dua kali lipat dari 327 juta barel pada tahun 2011 menjadi 578 juta barel pada tahun 2030, tetapi tidak demikian dengan produksi minyak bumi (fosil). Produksi minyak bumi (fosil) selama periode tersebut menurun sebesar 62,31%, yaitu dari 329 juta barel menjadi 124 juta barel (Adiarso *et al.*, 2011). Oleh karena itu, diperlukan adanya usaha untuk mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap energi tidak terbarukan tersebut. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui adalah pemanfaatan biomassa menjadi *bio-oil*.

Potensi biomassa di Indonesia diperkirakan sebesar 146,7 juta ton per tahun. Potensi biomassa berbahan dasar sampah mencapai 53,7 juta ton pada tahun 2020 (Parinduri *et al.*, 2020). Salah satu sumber energi biomassa di Indonesia yang potensial adalah limbah pertanian, perkebunan, serta perhutanan yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Limbah biomassa dengan kandungan lignoselulosa dapat dikonversi menjadi sumber energi alternatif salah satunya dengan cara pirolisis. Lignoselulosa merupakan komponen utama dalam proses pembuatan *bio-oil* yang dihasilkan melalui proses pirolisis. Pirolisis adalah dekomposisi termokimia tanpa adanya oksigen dalam sistem untuk menghasilkan produk dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas. Produk cair disebut *bio-oil*, produk padat disebut *char* dan produk gas berupa zat yang tidak terkondensasi. *Bio-oil* adalah produk cair hasil kondensasi dari pirolisis biomassa yang dapat menjadi sumber energi alternatif yang menjanjikan untuk bahan bakar minyak atau diesel (Wulandari *et al.*, 2023).

Beberapa limbah biomassa yang berpotensi untuk dijadikan produk *bio-oil* adalah cangkang kemiri dan cangkang kopi. Cangkang kemiri memiliki kandungan

hemiselulosa 48,47%, selulosa 27,14%, lignin 13,79% sehingga cangkang kemiri berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi *bio-oil* (Salindeho *et al.*, 2017). Hal ini didukung dengan produksi kemiri di Indonesia yang cukup tinggi yaitu mencapai 1.722 ton/tahun (BPS, 2018). Pengolahan setiap kilogram kemiri akan menghasilkan 30% biji dan 70% cangkang (Gianyar *et al.*, 2012). Biji kemiri banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masak dan juga beberapa produk industri, sedangkan cangkang kemiri pada umumnya belum banyak dimanfaatkan atau dikelola secara optimal untuk menambah nilai jualnya di pasaran (Maemuna. *et al.*, 2018). Cangkang kemiri tersebut hanya menjadi limbah dan jika tidak ada solusi yang tepat maka jumlah limbah tersebut akan semakin bertambah. Sehingga limbah cangkang kemiri tersebut dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku produksi *bio-oil* yang bernilai ekonomis.

Cangkang kopi merupakan limbah biomassa yang memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi dengan hemiselulosa 24,5%, selulosa 34,2%, dan lignin 23,4% sehingga cangkang kopi berpotensi untuk dimanfaatkan menjadi *bio-oil* (Fardhyanti *et al.*, 2017). Ketersediaan limbah cangkang kopi sangat melimpah karena produktivitas tanaman kopi di Indonesia cukup tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik Kopi Indonesia (2022), produksi kopi mengalami peningkatan hingga mencapai 794,8 ribu ton atau meningkat 1,1% dibandingkan pada tahun 2021 sebesar 786,057 ribu ton. Pengolahan kopi akan menghasilkan limbah cangkang kopi sebanyak 35% dan biji kopi sebanyak 65% (Azzahra *et al.*, 2021). Pemanfaatan limbah cangkang kopi tersebut belum optimal saat ini sehingga tidak bernilai ekonomis, karena pada umumnya petani membuang atau menjual limbah tersebut dengan harga murah untuk pakan ternak dan kompos. Oleh karena itu, untuk mengurangi limbah dari cangkang kopi adalah dengan cara mengubahnya menjadi sesuatu yang bernilai tinggi seperti menjadikannya sebagai bahan baku pembuatan *bio-oil*.

Berdasarkan latar belakang diatas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik produk *bio-oil* dari limbah cangkang kemiri dan cangkang kopi melalui proses pirolisis dengan dan tanpa penambahan katalis  $\text{NiCl}_2$  serta suhu yang divariasikan.

## 1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan jenis bahan baku (cangkang kemiri, cangkang kopi), variasi suhu, dan katalis terhadap *yield bio-oil*.
2. Mengidentifikasi karakteristik fisika (densitas dan viskositas) *bio-oil* yang dihasilkan.
3. Mengidentifikasi gugus fungsi bahan baku (cangkang kemiri, cangkang kopi) dan *bio-oil* yang dihasilkan melalui analisis FTIR.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Indonesia mempunyai sumber biomassa yang melimpah seperti cangkang kemiri dan cangkang kopi. Biji kemiri banyak dimanfaatkan sebagai bumbu masak dan beberapa produk industri, sedangkan cangkangnya belum banyak dimanfaatkan. Setiap kilogram kemiri akan menghasilkan 30% biji dan 70% cangkang (Gianyar *et al.*, 2012). Disamping itu, ketersediaan limbah cangkang kopi juga cukup besar di Indonesia dikarenakan pada pengolahan kopi akan menghasilkan limbah cangkang kopi sebanyak 35% (Azzahra *et al.*, 2021). Kedua biomassa ini tentunya hanya akan menjadi limbah dan jumlahnya terus meningkat sehingga diperlukan solusi yang tepat dalam memanfaatkan limbah tersebut. Salah satu cara pemanfaatan limbah biomassa tersebut dengan mengubahnya menjadi sesuatu yang bernilai tinggi seperti menjadikannya sebagai bahan baku pembuatan *bio-oil* melalui proses pirolisis. Pirolisis ini akan menghasilkan berbagai macam produk dalam tiga bentuk yaitu padatan, cairan dan gas. Produk cair dari proses pirolisis disebut *bio-oil*.

Pada penelitian terdahulu menunjukkan bahwa limbah biomassa dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif menggunakan metode pirolisis. Maka dari itu, penelitian ini memanfaatkan limbah biomassa yang berupa cangkang kemiri dan cangkang kopi menjadi *bio-oil* menggunakan metode pirolisis dengan penambahan katalis  $\text{NiCl}_2$ . Tahap awal proses pirolisis, umpan berupa cangkang kemiri dan cangkang kopi sebanyak 300 g dan ditambahkan dengan katalis  $\text{NiCl}_2$  3:1 yaitu sebanyak 100 g dimasukkan kedalam reaktor untuk proses pirolisis. Suhu pirolisis diatur 250, 350, dan 450 °C. Dalam reaktor terjadi proses penguraian komponen utama kayu berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin yang terkandung

dalam bahan yang digunakan. Setelah itu akan terbentuk tiga produk yaitu cair berupa *bio-oil* padat berupa *char* dan gas. Kemudian dilakukan pengamatan parameter berupa densitas, viskositas, *yield* dan FTIR pada produk *bio-oil*.

#### **1.4 Hipotesis**

Hipotesis dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan pada jenis bahan baku (cangkang kemiri dan cangkang kopi), variasi suhu, dan katalis terhadap perolehan *yield bio-oil*.
2. Didapatkan karakteristik fisika *bio-oil* yang dihasilkan.
3. Didapatkan gugus fungsi bahan baku (cangkang kemiri, cangkang kopi) dan *bio-oil* yang dihasilkan.

#### **1.5 Kontribusi**

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi sebagai pengganti energi alternatif dalam kehidupan sehari-hari. Manfaat lain dari penelitian ini antara lain:

1. Bagi penulis, memberikan tambahan ilmu pengetahuan dan pengalaman yang berhubungan dengan bidang energi terbarukan.
2. Bagi lingkungan, dapat menjadi solusi dalam masalah pencemaran lingkungan akibat cangkang kemiri dan cangkang kopi serta inovasi dalam pengolahan cangkang kemiri dan cangkang kopi.
3. Bagi masyarakat bangsa dan negara diharapkan dapat menjadi informasi untuk inovasi dalam bidang lingkungan dan rumah tangga.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pirolisis

Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat tanpa adanya oksigen untuk memecah komponen penyusun biomassa. Istilah lain dari pirolisis adalah penguraian bahan organik secara acak melalui pemanasan tanpa kontak dengan udara luar. Artinya jika biomassa dipanaskan tanpa kontak dengan udara dan diberi suhu yang cukup tinggi, maka senyawa kompleks penyusun biomassa akan mengalami reaksi dekomposisi dan menghasilkan tiga bentuk materi yaitu padat, cair, dan gas. Dalam pembuatan arang dari kayu melalui proses pirolisis, terjadi proses yang mengubah komposisi kimia kayu menjadi arang, yang terjadi pada suhu 200 °C – 500 °C. Tiga komponen utama kayu adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proporsi ketiga polimer struktural ini bervariasi tergantung pada jenis kayunya. Senyawa lain seperti resin juga terdapat dalam jumlah kecil. Secara umum, kayu mengandung dua bagian selulosa dan satu bagian hemiselulosa, dan satu bagian lignin. Berdasarkan suhunya, proses pirolisis kayu dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

a. Tahap suhu rendah (0 °C – 200 °C)

Reaksi yang terjadi pada bagian ini merupakan reaksi endotermis yaitu reaksi yang menyerap kalor, artinya kalor yang dihasilkan dari reaksi tersebut lebih kecil dibandingkan kalor yang diterima. Reaksi ini pada dasarnya adalah proses penguapan air, walaupun titik didih air adalah 100 °C, namun untuk menguapkan air pada dinding sel diperlukan suhu hingga 200 °C. Pada tahap ini, meskipun lambat terjadi pula proses dekomposisi kayu. Meskipun kekuatan kayu meningkat seiring dengan menurunnya kadar air kayu, namun perlahan-lahan akan menurun jika suhunya di atas 100 °C. Proses pirolisis berjalan lambat namun kayunya tidak terbakar.

b. Tahap suhu tinggi (di atas 200 °C)

Tahapan ini merupakan reaksi eksotermis, yaitu reaksi yang menghasilkan panas, artinya reaksi tersebut menghasilkan panas lebih besar daripada yang

diterima. Pada tahap ini proses dekomposisi meningkat pesat, diawali dengan dekomposisi komponen kayu seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Hemiselulosa terurai pada suhu 200 – 250 °C, selulosa dimulai pada 280 °C dan berakhir pada 300 – 350 °C, dan lignin dimulai pada 300 – 350 °C, berakhir pada 300 – 350 °C. suhu 400 – 450 °C.

Pada awal proses pirolisis dihasilkan gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, metana, metanol, formaldehida dan asam asetat. Pirolisis selanjutnya menghasilkan *bio-oil*, terutama turunan furfural dan furan, melalui penguraian pentosan, kemudian glukosa, melalui penguraian selulosa dan berbagai senyawa aromatik (fenol, xylenol) akibat penguraian lignin. Semua produk dekomposisi menguap seiring dengan meningkatnya suhu pirolisis dan residu yang tersisa adalah arang. Pada proses pirolisis terjadi penguraian senyawa-senyawa penyusunnya. Berdasarkan komponen utamanya, pirolisis dibedakan sebagai berikut:

a. Pirolisis selulosa

Selulosa adalah makromolekul yang dihasilkan dari kondensasi linear struktur heterosiklis molekul glukosa. Selulosa terdiri dari 100 – 1000 unit glukosa. Selulosa terdekomposisi pada suhu 280 °C dan berakhir pada 300 °C – 350 °C. Ridhuan *et al.*, (2020) , menyatakan bahwa pirolisis selulosa berlangsung dalam dua tahap, yaitu :

1. Tahap pertama adalah reaksi hidrolisis menghasilkan glukosa.
2. Tahap kedua merupakan reaksi yang menghasilkan asam asetat dan homolognya, serta air dan sejumlah kecil furan dan fenol.

b. Pirolisis hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan polimer dari beberapa monosakarida seperti pentosan ( $C_5H_8O_4$ ) dan heksosan ( $C_6H_{10}O_5$ ). Pirolisis pentosan menghasilkan furfural, furan dan turunannya beserta satu seri panjang asam-asam karboksilat. Pirolisis heksosan menghasilkan asam asetat dan homolognya. Hemiselulosa akan terdekomposisi pada suhu 200 – 250 °C.

c. Pirolisis lignin

Lignin adalah polimer kompleks dengan berat molekul tinggi dan tersusun dari unit fenilpropana. Senyawa yang diperoleh dari pirolisis struktur dasar lignin berperan penting dalam menciptakan rasa berasap pada produk asap.

Senyawa tersebut adalah fenol, fenol eter seperti guaiacol, syringol serta analog dan turunannya. Lignin mulai terurai pada suhu 300 – 350°C dan selesai pada suhu 400°C hingga 450°C.

## 2.2 Pirolisis Katalitik

Pirolisis katalitik adalah proses pirolisis yang menggunakan katalis. Katalis tersebut berfungsi untuk memecah hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek ( $C_1 - C_5$ ). Penambahan katalis dapat meningkatkan kandungan *bio-oil* dengan cara menghilangkan senyawa yang mengandung oksigen melalui  $H_2O$  dan  $CO_2$ , mereduksi berat molekul serta menggabungkan struktur kimia pada bahan sehingga membentuk senyawa petrokimia. Hal yang menarik dari biomassa yaitu struktur kimia ion alaminya memiliki efek katalitik dalam kondisi proses pirolisis, misalnya menurunkan hasil *bio-oil* sehingga menggeser reaksi ke pembentukan *char* dan gas. Pengaruh ini telah diamati dengan sebagian besar komponen organik yang terkandung pada biomassa seperti Si, Na, K, Mg dan Ca. Baik pada kation maupun anion yang terkandung, menunjukkan adanya pengaruh pada produk hasil pirolisis (Syahrullah, 2018).

## 2.3 Katalis $NiCl_2$

Katalis merupakan suatu material yang dapat meningkatkan suatu laju reaksi tetapi bukan sebagai produk ataupun pereaksi. Katalis memiliki peran untuk menurunkan energi aktivasi. Jika energi aktivasi turun atau lebih rendah maka dengan suhu yang sama reaksi akan berlangsung lebih cepat sehingga energi yang dibutuhkan akan lebih kecil. Katalis juga memiliki selektivitas pada suatu reaktan agar produk yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Katalis memiliki sifat-sifat seperti aktivitas yang tinggi, selektivitas yang baik, dan stabil. Aktivitas yang tinggi memiliki arti yaitu dalam jumlah sedikit dapat mengubah bahan baku menjadi produk yang diinginkan. Katalis memiliki selektivitas yang baik berarti produk yang dihasilkan merupakan produk yang diinginkan (jumlah besar) dari berbagai kemungkinan produk yang dapat dihasilkan. Katalis yang stabil adalah katalis yang aktivitasnya tidak menurun dengan cepat dikarenakan pengaruh fisik ataupun mekanis (Santi, 2020).

Berbagai material telah diuji sebagai katalis yang digunakan untuk memecah rantai hidrokarbon, termasuk katalis berbasis nikel, zeolit, besi, dan lain-lain. Telah diketahui bahwa nikel adalah logam transisi. Logam transisi adalah logam yang dapat menunjukkan aktivitas katalitik karena aplikasi katalitik yang berhasil hanya ditemukan pada logam transisi elektron-d. Adanya orbital d yang masih kekurangan elektron tersebut dapat menangkap elektron dari reaktan dan membentuk ikatan yang kuat, sehingga dapat mengaktifkan spesies yang bereaksi. Katalis nikel memberikan konversi tinggi di atas 60% dan selektivitas tinggi 75 hingga 95% terhadap *bio-oil*. Lebih penting lagi, suhu reaksi diturunkan menjadi 200 °C dari sekitar 380 °C. Nikel merupakan logam yang baik untuk digunakan sebagai komponen katalis karena nikel dapat berinteraksi dengan situs asam lewis (Santi, 2020).

#### 2.4 Kemiri

Kemiri (*Aleurites moluccana*), salah satu komoditas Hasil Hutan Non Kayu (HHNK) penting, biasa digunakan sebagai bahan dasar cat, pernis, tinta, sabun, pengawet kayu, minyak rambut, bahan pembatik, dan bumbu masak (Krisnawati *et al.*, 2011). Tanaman ini masih sekerabat dengan singkong dan termasuk dalam suku Euphorbiaceae. Kemiri merupakan salah satu jenis pohon yang berasal dari Malaysia tetapi sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropik, baik ditanam maupun tumbuh secara alami. Di dalam perdagangan antar negara dikenal sebagai candleberry, Indian walnut, serta candlenut, sekarang sudah tersebar luas di daerah-daerah tropis. Menurut Halimah, (2016) Secara sistematis, tanaman kemiri diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Subdivisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Ordo	: <i>Archichlamydae</i>
Familia	: <i>Euphorbiaceae</i>
Genus	: <i>Aleurites</i>
Spesies	: <i>Aleurites moluccana</i>



Gambar 1. Cangkang Kemiri

Kemiri mempunyai dua lapis kulit yaitu kulit buah dan cangkang, dari setiap kilogram akan menghasilkan 30% biji dan 70% cangkang. Potensi terbesar dari kemiri terdapat pada buah yang terdiri dari 1-2 biji, pada biji kemiri mempunyai isi biji dan kulit biji yang dikenal sebagai tempurung atau cangkang yang sangat keras. Isi biji itulah yang dapat diproses menjadi bumbu masak dan juga beberapa produk industri. Namun, pada pengolahan kemiri menimbulkan dampak yaitu adanya limbah berupa cangkang kemiri yang dibuang begitu saja sehingga pemanfaatan limbah cangkang kemiri sangat diperlukan baik sebagai solusi untuk rehabilitasi lahan kritis dan juga digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Limbah inilah yang potensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan *bio-oil*. Cangkang kemiri memiliki berat mencapai 65 – 75% dari berat biji seluruhnya, dan tebal cangkang 3 – 5 mm. Permukaan luarnya kasar dan berlekuk serta berwarna coklat kehitaman (Halimah, 2016).

Tabel 1. Kandungan Kimia Cangkang Kemiri

No.	Komponen	Kadar (%)
1.	Hemiselulosa	48,47
2.	Selulosa	27,14
3.	Lignin	13,79

Sumber : Salindeho *et al.*, (2017)

## 2.5 Kopi

Kopi merupakan salah satu hasil komoditas tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi sehingga kopi menjadi salah satu sumber yang dapat memajukan devisa di Indonesia serta memiliki peranan penting dalam memajukan industri perkebunan di Indonesia (Apriliyanto *et al.*, 2018). Salah satu jenis kopi Indonesia yaitu kopi robusta. Pohon kopi robusta lebih tinggi dengan ketinggian sekitar 1,98 hingga 4,88 meter saat tumbuh liar di kawasan hutan. Pada saat dibudidayakan melalui pemangkasan, tingginya sekitar 1,98 hingga 2,44 meter (Rahardjo, 2012). Kopi jenis robusta merupakan kopi yang paling akhir dikembangkan oleh pemerintahan Belanda di Indonesia. Klasifikasi tanaman kopi robusta menurut Rahardjo, (2012) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Rubiales</i>
Famili	: <i>Rubiaceae</i>
Genus	: <i>Coffea</i>
Spesies	: <i>Coffea canephora</i>



Gambar 2. Cangkang Kopi

Buah kopi yang segar akan menghasilkan pulp (mesokarp), skin (eksokarp), mucilage dan parchment (endokarp), dimana semua bagian tersebut merupakan limbah biji kopi, yang dihasilkan skitar 40 – 45% dari berat kopi yang diolah. Kulit

kopi merupakan bagian terluar dari buah kopi disebut juga eksokarp, sedangkan bagian kulit dengan daging kulit yang berasa manis dan mempunyai kandungan air yang cukup tinggi disebut dengan mesokarp. Endokarp atau cangkang kopi merupakan kulit kopi paling keras tersusun oleh selulosa dan hemiselulosa (Prihantoro, 2018). Komposisi penyusun endokarp adalah karbohidrat sebesar 35%, fiber 30,8% dan mineral 10,7%. Sedangkan bagian mucilage mengandung air 84,2%, protein 8,9%, gula 4,1% dan abu sebesar 0,7%. Cangkang biji kopi juga mengandung senyawa metabolit sekunder seperti kafein dan golongan polifenol. Senyawa polifenol yang ada pada cangkang biji kopi adalah flavan-3-ol, asam hidroksimat, flavonol, antosianidin, katekin, epikatekin, rutin, tanin, dan asam ferulat (Harahap, 2017). Berikut tabel komposisi cangkang kopi :

Tabel 2. Kandungan kimia cangkang kopi

No	Komponen	Kadar (%)
1.	Hemiselulosa	24,5
2.	Selulosa	34,2
3.	Lignin	23,4

Sumber : Fardhyanti *et al.*, (2017)

## 2.6 *Bio-oil*

*Bio-oil* merupakan bahan bakar terbarukan dan lebih ramah lingkungan daripada bahan bakar fosil (minyak bumi). *Bio-oil* dapat disebut sebagai "*green energy*" dalam banyak aplikasi untuk menggantikan minyak bumi. *Bio-oil* juga dapat digunakan sebagai "*green chemical*" seperti asam asetat, hidroksi asetaldehida, resin, perasa makanan, agokimia, pupuk, perekat, pengawet, dan bakteri. Komponen organik *bio-oil* yang dominan adalah turunan lignin, fenol, alkohol, asam organik dan senyawa karbonil seperti keton, aldehida dan ester (Putri *et al.*, 2019). *Bio-oil* bersifat larut sempurna dalam alkohol, dimana pelarutannya akan meningkatkan stabilitas bahan dan menurunkan viskositas sehingga cocok digunakan sebagai bahan bakar. *Bio-oil* tidak dapat larut dalam diesel oil, tetapi bisa diemulsifikasi dengan diesel oil. Emulsifikasi 10 – 30 % *bio-oil* dalam *diesel oil* dapat memperbaiki stabilitas bahan bakar, memperbaiki viskositas, mengurangi tingkat korosifitas, dan meningkatkan nilai bilangan setana. *Bio-oil* sebagai salah

satu alternatif bahan bakar mempunyai spesifikasi yang khas, seperti disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Parameter *bio-oil* hasil pirolisis cangkang kemiri

No	Parameter	Spesifikasi
1	Densitas	0,956 – 1,260 g/mL
2	Viskositas	0,570 – 1,030 cP

Sumber : Rezki *et al.*, (2024)

Tabel 4. Parameter *bio-oil* hasil pirolisis cangkang kopi

No	Parameter	Spesifikasi
1	Densitas	0,994 g/mL
2	Viskositas	1,1330 cP

Sumber : Fardhyanti *et al.*, (2017)

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Tabel 5. Penelitian terdahulu

No.	Nama Penulis	Judul dan Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Yeni Ria Wulandari, Fadian Farisan Silmi, Dewi Ermaya, Nita Pita sari, Dedi Teguh	Pengaruh suhu pirolisis jerami padi terhadap variabel komposisi produk pirolisis menggunakan reaktor batch (2023)	Pirolisis Jerami padi pada suhu 250 °C menghasilkan produk <i>char</i> yang terbanyak dan produk gas yang sedikit. Pirolisis pada suhu 400 °C menghasilkan produk gas yang terbanyak dan produk <i>char</i> yang sedikit. Semakin tinggi suhu pirolisis maka produk gasnya semakin tinggi dan produk <i>char</i> semakin menurun. Suhu optimum untuk memproduksi <i>bio-oil</i> dari pirolisis Jerami padi pada suhu 300 °C, untuk memproduksi

---

			<p><i>char</i> suhu optimum pada 250 °C, dan untuk produksi gas pada suhu 400 °C. Berdasarkan Analisa GC-MS produk asam asetat memiliki persen area tertinggi yaitu sekitar 49,45%, sehingga dapat disimpulkan untuk mendapatkan <i>bio-oil</i> lebih banyak dapat dilakukan dengan menggunakan metode pirolisis cepat atau penambahan katalis.</p>
2.	Joko Pitoyo, Totok Eka Suharto, Siti Jamilatun	Pengaruh suhu terhadap <i>yield</i> valuable chemicals pada fase organik hasil pirolisis cangkang kelapa sawit (2022)	<p>Pirolisis cangkang sawit menghasilkan fase organik, fase air, gas, dan <i>char</i>. Fase organik hasil pirolisis mempunyai kandungan <i>valuable chemicals</i> seperti phenol, guaiacol, syringol, creosol, p-ethylguaiacol, eugenol, o-cresol, dan xylenol. Meningkatnya suhu pirolisis menyebabkan turunnya kandungan G-phenol dan S-phenol seperti guaiacol, creosol, p-ethylguaiacol, dan syringol, dan meningkatkan kandungan H-phenol seperti phenol. Kandungan guaiacol, creosol, p-ethylguaiacol, o-cresol dan syringol tertinggi didapatkan pada suhu 400 °C dengan <i>yield</i> berturut-turut</p>

---

---

			sebesar 2.88, 3.62, 3.86, 0.41, dan 5.03 wt.%. Kandungan phenol dan eugenol tertinggi didapatkan pada suhu 500 °C dengan <i>yield</i> sebesar 35.89 dan 1.83 wt.%. Kandungan xylenol tertinggi didapatkan pada suhu 600 °C dengan <i>yield</i> sebesar 0.21 wt.%.
3.	Fitri Febriyanti Naela, Fadila Ari Susandy, Sanjaya Yazid Bindar, Anton Irawan	Pemanfaatan limbah tandan kosong kelapa sawit menjadi <i>char</i> , <i>bio-oil</i> dan gas dengan metode pirolisis (2019)	Pengaruh suhu terhadap produk hasil pirolisis yaitu <i>yield bio-oil</i> semakin meningkat seiring naiknya suhu, <i>yield char</i> fluktuatif terhadap suhu dan <i>yield gas</i> semakin tinggi seiring turunnya suhu. Pengaruh suhu terhadap densitas dan viskositas yaitu semakin tinggi suhu, densitas dan viskositas semakin rendah. Komposisi dari <i>bio-oil</i> didominasi oleh senyawa oksigenat yaitu fenol dan karboksil serta karbonil.
4.	Agus Nofiyanto, Gatot Soebiyakto, Purbo Suwando	Studi proses pirolisis berbahan jerami padi terhadap hasil produksi <i>char</i> dan <i>bio-oil</i> sebagai bahan bakar alternatif (2019)	Semakin tinggi suhu pemanasan proses pirolisis maka massa <i>char</i> atau padatan arang yang didapatkan semakin sedikit berbanding terbalik dengan massa serta volume <i>bio-oil</i> yang justru semakin meningkat saat suhu dinaikkan. Diperoleh hasil densitas yakni semakin tinggi

---

---

			<p>suhu pemanasan proses pirolisis maka densitas <i>bio-oil</i> yang dihasilkan semakin besar. Semakin tinggi suhu pemanasan maka nilai viskositas <i>bio-oil</i> hasil penelitian semakin kecil. Viskositas rata-rata <i>bio-oil</i> hasil percobaan adaah 1,0230 cP. Nilai viskositas tersebut lebih besar dibandingkan dengan viskositas aquades sehingga <i>bio-oil</i> yang dihasilkan lebih kental jika dibandingkan dengan aquades dan mendekati nilai sebenarnya dari viskositas bahan bakar solar yang telah ada yaitu 0,930 cP.</p>
5.	Alifa Adinda Pangestu, Yusuf Robbani, Ir. Budi Setiawan, MT.	Pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan bakar dengan menggunakan metode pirolisis dan penambahan katalis zeolit (2018)	<p>Hasil uji analisa densitas, viskositas dan titik nyala, dan nilai kalor bahan bakar cair yang dihasilkan yaitu nilai densitas 0,873 g/mL, nilai viskositas 5,8 cP, dan titik nyala pada 60 °C. Hal ini berarti bahan bakar cair yang dihasilkan sudah memenuhi standar solar. Sedangkan nilai viskositas sedikit melebihi nilai viskositas bahan bakar yang sesuai dengan SNI 7390:2008.</p>
6.	Dewi Selvia Fardhyanti,	Karakterisasi <i>bio-oil</i> dari pirolisis	<p><i>Bio-oil</i> hasil pirolisis biomassa pada suhu 400 °C memiliki</p>

---

---

Astrilia Damayanti, Amalia Larasati	terhadap biomassa (2017)	<p>beberapa karakteristik sifat fisika antara lain viskositas, densitas, kadar air, dan nilai kalor yang berbeda. Viskositas 1.185 cP (tempurung kelapa), 1.133 cP (cangkang kopi), 1,094 cP (serbuk kayu). Densitas 1.008 g/cm<sup>3</sup> (tempurung kelapa), 0.994 g/cm<sup>3</sup> (cangkang kopi), 0.98 g/cm<sup>3</sup> (serbuk kayu). Kadar air 16% (tempurung kelapa), 31% (cangkang kopi), 13% (serbuk kayu). Nilai kalor 3500 kkal/kg (tempurung kelapa), 4200 kkal/kg (cangkang kopi), 1500 kkal/kg (serbuk kayu). Kadar air 16% (tempurung kelapa), 31% (cangkang kopi), dan 13% (serbuk kayu). Selain karakteristik sifat fisika, adapun sifat kimia <i>bio-oil</i> yang diperoleh dari uji GC-MS. <i>Bio-oil</i> hasil pirolisis tempurung kelapa mengandung ethyl ester (37.60%), fenol (40.01%), <i>bio-oil</i> hasil pirolisis cangkang kopi mengandung asam asetat (26%), fenol (34%), dan <i>bio-oil</i> hasil pirolisis serbuk kayu mengandung asetaldehid (26.15%), asam asetat (20.90%), fenol (5,58%).</p>
-------------------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

---