

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu yang menjadikan bahan pertimbangan dilakukannya penelitian ini tersaji dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. 1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Jayanudin <i>et al.</i> (2012)	menentukan % <i>yield</i> maksimum dan karakterisasi asap cair tempurung kelapa seperti viskositas, densitas, dan pH.	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan persen <i>yield</i> maksimum asap cair sebesar 37,35% pada temperatur pirolisis 500°C, selama 4 jam dengan ukuran tempurung kelapa sebesar 1.6 – 4 mm. Analisa karakteristik asap cair pada suhu 500°C memiliki pH 2, densitas sebesar 1,084 gr/ml. viskositas kinematik sebesar 1,62 mm ² /s.	Variasi suhu pirolisis
2.	Nawati (2019)	mengetahui pengaruh variasi jenis biomassa	Hasil penelitian menunjukkan asap cair dari biomassa	Variasi jenis biomassa

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		terhadap karakteristik asap cair yang dihasilkan dengan memanfaatkan limbah perkebunan sebagai bahan baku pembuatan asap cair.	tandan kosong kelapa sawit memiliki karakteristik terbaik dengan densitas sebesar 0,915 g/mL dan pH 4.	
3.	Balikan <i>et al.</i> (2021)	Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari proses pirolisis dan destilasi pembuatan asap cair dari tempurung kelapa dari pengaruh waktu dan jumlah bahan baku untuk meningkatkan efisiensi penggunaan alat pirolisis dan destilasi.	Hasil proses pirolisis menunjukkan bahwa temperatur steam dan waktu pirolisis memiliki hubungan dengan volume, rendemen, densitas dan warna yang dihasilkan. Hasil pengamatan pada suhu rata-rata 109,58°C diperoleh volume 6315 ml, rendemen 21,60%, densitas 1,027 g/ml dan warna yang	Waktu dan jumlah bahan baku

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		biomassa yang digunakan diantaranya tongkol jagung, sekam padi, dan ampas tebu.	berdasarkan nilai pH, densitas, dan rendemen.	padi, dan ampas tebu.
6.	Mafruddin <i>et al.</i> (2017)	Mengetahui pengaruh diameter dan geometri pada pipa kondensor terhadap perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas menyeluruh serta perbandingan minyak plastik yang dihasilkan	Laju perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa kondensor diameter 0,25 in dengan diameter geometri 20 cm yaitu 3067 Watt dan koefisien perpindahan panas menyeluruh yang tertinggi pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm yaitu 661,9 W/m ² °C. Pipa yang menghasilkan minyak plastik paling banyak yaitu 4,5 liter pada pipa diameter 0,25 in dengan geometri 20 cm.	Diameter dan geometri pada pipa kondensor

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
7.	Ahmad & Anis (2018)	Mengetahui pengaruh debit air pendingin dan posisi kondensor terhadap hasil kondensasi pirolisis getah pinus dan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondensor.	Debit air pendingin kondensor sangat mempengaruhi jumlah minyak getah pinus yang dihasilkan. Semakin besar debit air maka nilai laju perpindahan panas semakin besar.	Posisi kondensor
8.	Mahyuddin & Damairi (2020)	Mengetahui kinerja kondensor spiral tipe vertikal dengan kondensasi uap hasil dari proses pirolisis plastik <i>High density Polyethylene</i> (HDPE) dan <i>PolyPropylene</i> (PP).	Kondensasi uap dari plastik jenis HDPE terjadi pada waktu 25 menit setelah pembakaran dengan temperatur uap masuk 150 °C dan uap keluar 33 °C, sedangkan uap dari plastik jenis PP terjadi pada waktu 55 menit dari pembakaran awal dengan temperatur uap masuk 170 °C dan uap keluar 33 °C. Titik tertinggi	Pirolisis plastik <i>High density Polyethylene</i> (HDPE) dan <i>PolyPropylene</i> (PP).

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			terjadinya kondensasi uap dari plastik jenis HDPE dan PP yaitu pada temperatur 200 °C dengan masing-masing jenis plastik yang dibakar adalah 3 kg. Volume keseluruhan minyak yang dihasilkan adalah 320 ml untuk jenis plastik HDPE dan 340 ml untuk jenis plastik PP.	
9.	Rofiq <i>et al.</i> (2020)	Mengetahui pengaruh perbedaan pendinginan menggunakan media air biasa dan air suhu dibawah 10 °C pada tabung kondensasi terhadap <i>flowrate</i> dari proses pirolisis sampah plastik jenis PP	Penggunaan media pendingin mempengaruhi <i>flowrate</i> bahan bakar. Penggunaan air dengan suhu dibawah 10 °C sebagai media pendingin pada tabung kondensor <i>flowrate</i> yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan menggunakan air	Pirolisis sampah plastik jenis PP dengan seberat 500 gram

No	Nama Peneliti (Tahun)	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dengan seberat 500 gram.	biasa sebagai media pendingin, karena semakin rendah suhu mediapendingin, maka semakin cepat proses kondensasi didalam tabung kondensor.	
10.	Batutah <i>et al.</i> (2021)	Mengetahui cara pemanfaatan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dan untuk mengetahui efektifitas bahan pembuatan kondensor alur spiral yang lebih sederhana	Kondensor alur spiral dengan panjang pipa 3 m, berdiameter 30 cm dan tinggi drum 34 cm menggunakan bahan besi galvanis ½ inch dan tebal plat 0.0127 mm, proses sirkulasi pendinginan menggunakan pipa besi spiral, dengan suhu uap yang masuk ke dalam kondensor 180 °C dan suhu air pada kondensor 40 °C, dari 1000 gr sampah plastik dapat dihasilkan sebanyak 100 ml bahan bakar minyak	Jenis bahan baku pirolisis

Berdasarkan tabel perbandingan penelitian terdahulu dengan perbedaan pada analisis data yang akan dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian yang akan dilakukan terdapat pada rangkaian alat pemisah fasa cair dan gas. Kelebihan dari penelitian ini dapat mengetahui volume hasil kondensasi, densitas kondensat dan % rendemen.

2.2 Teori – teori yang relevan

2.2.1 Biomassa

Biomassa yaitu campuran material organik yang kompleks, yang terdiri dari karbohidrat, lemak, protein dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi (Ridhuan & Suranto, 2017). 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. Komponen dari biomassa sendiri sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Persentase dari ketiga unsur tersebut adalah selulosa 40-45% (untuk tumbuhan kasar dan halus), lignin 25-35% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar), hemiselulosa 20% (untuk tumbuhan halus) dan 17-25% (untuk tumbuhan kasar) (Ridhuan *et al.*, 2019).

Biomassa memiliki karakteristik dan komposisi berbeda-beda tergantung dari jenisnya dan bentuknya. Konversi biomassa terbagi menjadi bahan bakar, proses kimia termal lebih banyak digunakan dibandingkan dengan proses biokimia. Hal ini disebabkan waktu proses secara termal lebih singkat dibandingkan dengan proses biokimia dan juga efisiensi konversi yang pada umumnya diperoleh dari proses termal lebih baik, yaitu antara 60% sampai dengan 80%. Biomassa merupakan satusatunya sumber karbon yang dapat diperbaharui dan mampu diproses menjadi bahan bakar gas, cair, dan padat yang baik. Energi biomassa menjadi salah satu sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi), karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (renewable resources), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga

dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Ridhuan *et al.*, 2019).

Pirolisis biomassa secara umum merupakan dekomposisi bahan organik menghasilkan bahan padat berupa arang aktif, gas dan uap serta aerosol (Febriyanti *et al.*, 2019). Dimana pada proses penguraian biomassa dalam memproduksi bio-oil, uap dikondensasi pada tabung kondensor dengan pendinginan fluida air (Mariadi *et al.*, 2022).

2.2.2 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan bagian dari buah kelapa yang berfungsi sebagai pelindung inti buah. Tempurung kelapa terletak di dalam sabut dan memiliki ketebalan sekitar 3 hingga 6 mm. Meskipun dikenal sebagai kayu keras, tempurung kelapa memiliki kadar air sekitar 6-9% jika dihitung berdasarkan berat keringnya (Nawati, 2019).

Dalam komposisinya, tempurung kelapa terutama terdiri dari tiga komponen utama, yaitu lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Lignin memberikan kekuatan dan kekakuan pada tempurung kelapa, sementara selulosa berperan dalam membentuk struktur sel dan memberikan sifat mekanik. Hemiselulosa berfungsi untuk memperkuat struktur serta mempengaruhi sifat fisik dan kimia dari tempurung kelapa (Nawati, 2019).

Tempurung kelapa memiliki beragam manfaat dan digunakan dalam industri dan kehidupan sehari-hari, seperti pembuatan barang kerajinan, bahan bangunan, dan bahkan sebagai bahan bakar alternatif dalam beberapa kasus. Selain itu, keunggulan tempurung kelapa adalah tahan terhadap air dan kelembaban, sehingga sering dimanfaatkan sebagai bahan alami untuk berbagai aplikasi (Nawati, 2019).

2.2.3 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi bahan kimia organik maupun non-organik melalui proses pemanasan suhu tinggi tanpa atau dengan udara terbatas. Dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. pirolisis dilakukan dengan kasus hanya menyisakan senyawa

karbon sebagai residu disebut karbonisasi. Proses pirolisis sendiri dapat diterapkan dalam penggunaan untuk menghasilkan suatu senyawa yang dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar berupa cairan (Ridhuan *et al.*, 2019).

Menurut Ridhuan *et al.*, (2019) Proses pirolisis dikategorikan menjadi 4 tipe yaitu:

1. Pirolisis lambat (*slow pyrolysis*).

Pirolisis yang dilakukan pada pemanasan rata-rata lambat (5-7 K/menit). Pirolisis ini menghasilkan cairan yang sedikit sedangkan gas dan arang lebih banyak dihasilkan.

2. Pirolisis cepat (*fast pyrolysis*).

Pirolisis ini dilakukan pada lama pemanasan 0,5-2 detik, suhu 400 - 600°C dan proses pemadaman yang cepat pada akhir proses. Pemadaman yang cepat sangat penting untuk memperoleh produk dengan berat molekul tinggi sebelum akhirnya terkonversi menjadi senyawa gas yang memiliki berat molekul rendah. Dengan cara ini dapat dihasilkan produk minyak pirolisis yang hingga 75% lebih tinggi dibandingkan dengan pirolisis konvensional.

3. Pirolisis Kilat (*flash pyrolysis*).

Proses pirolisis ini berlangsung hanya beberapa detik saja dengan pemanasan yang sangat tinggi. *Flash pyrolysis* pada biomassa membutuhkan pemanasan yang cepat dan ukuran partikel yang kecil sekitar 105 – 250 µm.

4. Pirolisis katalitik biomassa.

Pirolisis ini untuk membuktikan kualitas minyak yang dihasilkan. Minyak tersebut diperoleh dengan cara pirolisis katalitik biomassa tidak memerlukan teknik pra-pengolahan sampel yang mahal yang melibatkan kondensasi dan penguapan kembali

2.2.4 Produk Dari Proses Pirolisis

Produk dari proses pirolisis yaitu fase padat, cair, dan gas. Fase padat adalah berupa arang (*char*), fase cair berupa minyak (*oil*) dan fase gas berupa senyawa

yang tidak terkondensasi (*pyro-gas*). Proses pirolisis secara konvensional dilakukan pada tekanan atmosferik, namun beberapa perkembangan menghasilkan teknologi pirolisis dalam bentuk *Vacuum Pyrolysis Technology, Atmospheric Inert Gas Pyrolysis, Molten Salt Pyrolysis Technology, Flash Pyrolysis, dan Thermal Plasma Pyrolysis* (Falaah & Cifriadi, 2012).

Menurut Ridhuan *et al.*, (2019) Produk dari proses pirolisis yaitu:

1. Arang adalah hasil pembakaran seperti kayu atau sampah, berbentuk gumpalan karbon hitam dengan kandungan karbon mencapai 85-98%, juga memiliki sifat seperti nilai kalor, kadar abu, dan kadar air. Faktor seperti suhu dan waktu pirolisis memengaruhi jumlah tar dan arang yang dihasilkan, sementara sifat-sifatnya dipengaruhi oleh jenis biomassa yang digunakan.
2. Asap Cair adalah produk hasil destilasi atau kondensasi uap dari bahan yang memiliki kandungan karbon dan senyawa lainnya. Asap cair terbentuk dari penguraian senyawa organik dalam bahan bakar selama pirolisis. Suhu pirolisis memiliki dampak signifikan terhadap jumlah bio-oil yang dihasilkan, dengan pengaturan suhu juga mempengaruhi produksi produk padatan (*char*).
3. Gas-gas yang dikeluarkan pada proses pirolisis ini sebagian besar berupa gas CO₂ dan sebagian lagi berupa gas-gas yang mudah terbakar seperti CO, CH₄, H₂ dan hidrokarbon tingkat rendah lain

2.2.5 Kondensor

Kondensasi ini yakni proses yang terjadi ketika uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang suhunya lebih rendah. Dalam proses kondensasi terjadi proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan terjadinya uap berubah menjadi cair (Setiawan *et al.*, 2021). Kondensor merupakan salah satu alat yang digunakan untuk penukar panas antara fluida dimana fluida panas dan fluida dingin terpisah atau tidak saling bercampur. Kondensor juga diartikan sebagai alat penukar kalor yang berfungsi dalam tahap akhir destilasi dengan cara mengubah uap panas menjadi etanol melalui proses kondensat atau pengembunan. Perancangan

kondensor pada destilator bioetanol adalah berupa proses perencanaan pada *shell* dan *tube* yang akan digunakan untuk proses *heat transfer* (Pratiwi & Dika, 2021).

Kondensor didalamnya memiliki dua jenis proses perpindahan yaitu Perpindahan panas konduksi dan Perpindahan panas konveksi. Klasifikasi kondensor (*Heat exchangers*) demikian berdasarkan arah aliran fluida kerja dibagi beberapa tipe yaitu aliran paralel atau aliran searah (*cocurrent*), aliran melawan arus atau aliran berlawanan arah (*counter current*) dan aliran silang (*cross flow*) (Maulana *et al.*, 2020).

Pada proses pembuatan kondensor terdapat komponen utama yang harus diperhatikan dalam memaksimalkan proses *heat exchanger* pada alat tersebut. Berikut adalah komponen yang terdapat pada alat kondensor :

1. *Shell kondensor*

Tempat terjadinya proses kondensasi, yang dimana mempunyai 2 lubang berfungsi sebagai input (yaitu fase uap) dan output (yaitu fase cair).

2. *Tube and Tube Sheet*

Tube adalah tempat masuk nya uap dari pipa penghubung menuju kondensor, lalu kemudian pipa yang berisi uap ini akan didinginkan oleh air pendingin yang berada didalam kondensor. *Tubesheet* adalah tempat duduk/sanggahan dari *tube bundle* itu sendiri, yang dipasang diantar head kondensor.

3. *Baffle*

Yaitu untuk mengarahkan aliran fluida masuk dan menjaga supaya tube tidak melengkung, serta berfungsi juga mengurangi adanya getaran oleh aliran fluida.

4. *Head kondensor*

Ada dua jenis bagian *head* yaitu *head stationer* sebagai saluran masuk fluida kedalam tube, dan head belakang berfungsi untuk alat penukar kalor itu sendiri.

Kinerja kondensor dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain desain kondensor, nilai konduktivitas bahan, kerapatan lapisan isolasi pada kondensor, suhu lingkungan pengoprasian, *fouling factor* (faktor pengotoran), jenis fluida

pendingin, debit aliran air pendingin dan arah aliran fluida. Desain yang dipilih akan banyak memberikan pengaruh terhadap hasil kondensasi, karena bentuk geometri dari suatu kondensor berpengaruh terhadap proses transfer panas yang terjadi didalamnya (Nuzuliansyah *et al.*, 2021)

2.2.6 Kondensasi

Kondensasi atau pengembunan merupakan proses perubahan wujud suatu material dari uap ke wujud cairan. Kondensasi terjadi ketika uap panas bersentuhan dengan permukaan yang dingin, atau dapat juga terjadi bila uap tersebut mengalami peningkatan tekanan, atau dapat juga terjadi karena kedua hal tersebut. Cairan yang telah terkondensasi menjadi titik-titik air dari uap disebut kondensat. Alat yang biasa digunakan untuk mendinginkan uap agar berubah menjadi cairan disebut kondenser. Pada umumnya kondenser adalah sebuah pendingin atau penukar kalor yang digunakan untuk berbagai tujuan, memiliki konstruksi yang bervariasi, dan banyak ukuran yang tersedia, dari yang *portable* sampai yang sangat besar digunakan oleh industri (Simanjuntak & Wijaya, 2023).

2.2.7 Densitas

Densitas adalah kerapatan suatu cairan atau perbandingan antara massa cairan dan volume cairan. Berat jenis minyak merupakan perbandingan antara rapat minyak pada suhu tertentu (Nofiyanto *et al.*, 2019). Densitas dirumuskan :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots \dots \dots (2.1)$$

ρ : massa jenis (kg/m^3)

m : massa (kg)

v : volume (m^3)

Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah Satuan SI massa jenis yaitu kg/m^3 . Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu

zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama (Landi & Arijanto, 2017).

Tabel 2. 2 Massa Jenis Berbagai Fluida

no	Fluida	Densitas (g/ml)
1	Asap cair	> 1,05
2	Tar	0,991
3	Bio oil	0,98-1,19
4	Air pada suhu 30°C	0,995

(sumber : Cheng et al, 2016; Anggraini et al, 2021; Hasanah et al, 2012)