

# Pengaruh Temperatur Terhadap Produksi Bio-oil Bungkil Kemiri Sunan Menggunakan Reaktor Pirolisis Rotary Bed

I Nyoman Jaya Prakarsa Wiraharja, I N. Suprpta Winaya, I G.N.P. Tenaya  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

---

## Abstrak

Cadangan energi dari bahan bakar fosil diperkirakan akan semakin menipis seiring berjalannya waktu dan teknologi, akibatnya perlu adanya pengolahan sumber energi baru terbarukan yang berasal dari biomassa. Namun pengolahan biodiesel kemiri sunan dengan cara press/tekan menghasilkan limbah berupa bungkil kemiri sunan yang mana dalam bungkil kemiri sunan ini masih memiliki kandungan minyak yang tidak dapat dikeluarkan melalui proses tekan/press. Salah satu cara untuk mengeluarkan minyak ini adalah dengan melalui proses pirolisis. Dalam proses pirolisis dengan temperatur yang lebih tinggi menyebabkan bahan bakar kemiri sunan terdekomposisi sempurna sehingga menghasilkan gas dan kondensat yang lebih banyak dengan jumlah arang yang relatif rendah. Maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap produksi massa minyak bio-oil (kondensat) melalui pirolisis *rotary bed*. Melalui variasi temperatur ini diharapkan agar massa kondensat yang dihasilkan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperatur. Pada variasi temperatur dilakukan pengoperasian reaktor yaitu 250°C, 350°C, 450°C, dan 550°C. Kesimpulan dari data hasil pengujian adalah pada variasi temperatur 550°C memiliki data nilai terbaik dibandingkan dengan variasi temperatur lainnya. Semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi nilai pH kondensat, semakin menurun suhu *flash point* dan *fire point*.

**Kata Kunci:** Temperatur, Rotary pirolisis, minyak bio-oil (kondensat)

## Abstract

*Energy reserves produced by fossil fuels are estimated to be depleting as time passes by and the technology advances, resulting to the need for new renewable energy sources derived from biomass. However, processing sunan candlenut biodiesel by pressing method produces waste in the form of sunan candlenut cake which still contains oil that cannot be taken out through the press process. One way to take out this oil is through the pyrolysis process. In the pyrolysis process, the higher temperature causes the sunan candlenut fuel to be completely decomposed so as to produce more gas and condensate with a relatively low amount of charcoal. This study therefore sets out to assess the effect of temperature on the mass production of bio-oil (condensate) through rotary bed pyrolysis. In this study, it is expected that the produced mass of condensate will increase along with the increase in temperature. The reactor was operated at temperatures of 250°C, 350°C, 450°C, and 550°C. The research test result showed that the temperature of 550°C has better results compared to other temperature variations. The higher the temperature, the higher the pH value of the condensate and the lower the flash point and fire point temperatures.*

**Keywords :** Temperature, rotary pyrolysis, bio-oil (condensate), sunan candlenut

---

## 1. Pendahuluan

Pemakaian sumber energi baru dan terbarukan saat ini mulai mengarah pada energi yang berasal dari biomassa dan sangat diminati karena ketersediaannya cukup banyak dan melimpah di seluruh dunia. Perhatian khusus telah diberikan pada konversi biomassa menjadi *bio-fuel* salah satunya melalui proses konversi termokimia, seperti pirolisis, gasifikasi dan pembakaran [1], Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia menggunakan pemanasan dengan atau tanpa menggunakan oksigen dalam pembakarannya. Produk yang di hasilkan dari pirolisis berupa arang (*char*), minyak dan gas, untuk mendapatkan hasil produk yang baik perlu adanya konsistensi suhu, waktu dan biomassa. Pirolisis biasanya dilakukan dalam kisaran temperatur dari 300-650°C [2].

Adapun cara yang di lakukan saat ini yaitu *pyrolysis fixed bed* yang dimana dalam prosesnya ditambahkan *bed material* bertujuan untuk mempercepat reaksi dekomposisi dan memperpendek rantai hidrokarbon panjang sehingga mudah untuk di kondensasi menjadi *bio-oil* [3]. Penelitian tentang pirolisis *rotary* melaporkan bahwa dimana *rotary* reaktor adalah dapur horisontal dengan biomassa yang digerakan pada putaran tertentu dimana gesekan antara *bed material* akan terjadi transfer momentum yang disebabkan oleh putaran tungku yang selanjutnya dapat menyebabkan *bed material* bergesekan dengan biomassa yang selanjutnya akan mentransfer panas secara merata [4].

Adapun permasalahan yang di dapat yaitu bungkil kemiri sunan yang di hasilkan skala besar sampai saat ini baru di dimanfaatkan menjadi briket sebagai bahan bakar dan akan lebih baik jika limbah

dari bungkil kemiri sunan diproses dengan cara pirolisis untuk menjadi *bio-oil* (kondensat) yang tentunya dapat mengurangi jumlah limbah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana efek variasi temperatur pada pirolisis biomassa kemiri sunan dengan menggunakan pirolisis *rotary bed*. Adapun variasi dalam penelitian ini adalah temperatur saat pengoperasian reaktor yaitu 250°C, 350°C, 450°C, dan 550°C.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi termal bahan tanpa kehadiran oksigen atau oksigen secara signifikan jumlahnya kurang dari yang diperlukan untuk pembakaran sempurna. Ini penting untuk membedakan antara pirolisis dengan gasifikasi. Gasifikasi mengurai biomassa menjadi *syngas* dengan mengendalikan secara hati-hati jumlah oksigen yang hadir. Sedangkan pirolisis sulit didefinisikan secara tepat, terutama saat diaplikasikan pada biomassa.

### 2.2. Fluidized Bed

Bed *material* adalah suatu bahan yang di gunakan untuk membantu reaksi yang terjadi dan bahan tersebut tidak berubah karena reaksi yang dialaminya. Prinsip kerja dari *bed material* yaitu membantu reaksi yang terjadi tetapi ketika reaksi telah selesai, *bed material* tidak mengalami perubahan komposisi kimia sama sekali. *bed material* dapat mempercepat reaksi dan menurunkan temperatur kerja dari suatu reaksi. Hal inilah yang menyebabkan penambahan *bed material* merupakan langkah yang cukup efisien untuk proses pirolisis.

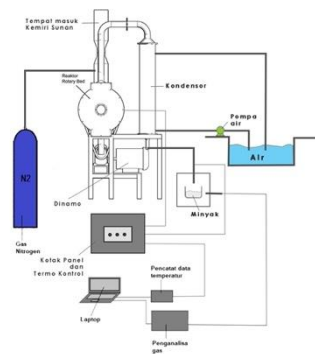
### 2.3. Pasir Besi

Pasir besi adalah partikel yang mengandung besi yang banyak terdapat di sepanjang pantai dan pegunungan di Sumatera, Jawa dan Bali. Pemanfaatan pasir besi sebagai katalis (*bed material*) dalam pirolisis maupun dekomposisi kimia telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Diantaranya menyatakan bahwa sebagai katalis Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> lebih menarik dalam menghasilkan *bio-oil* dengan komposisi yang cocok [5].

## 3. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, biomassa yang di gunakan adalah bungkil kemiri suna dan untuk bed material yang digunakan adalah pasir besi yang di mana sudah melewati proses penyaringan sebesar 2 mm guna menyesuaikan dengan reaktor dan temperatur yang di gunakan pada saat operasi reaktor adalah 250°C, 350°C, 450°C, 550°C

Gambar 1. menunjukkan skematik alat yang digunakan dalam penelitian pirolisis *rotary bed*.



Gambar 1. Skematik Reaktor Rotary Pirolisis

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Hasil Penelitian Pirolisis Rotary Bed

Tabel 1. Tabel Hasil Penelitian Pirolisis Rotary Bed

Variasi Temperatur (°C)	Massa Input Bahan Bakar (g)	Durasi Operasional (s)	Massa Kondensat (g)	Massa Arang (g)
250°C	300	630	10,25	173,25
350°C	300	510	55,35	138,67
450°C	300	450	78,24	98,47
550°C	300	330	93,19	73,57

#### • Analisis Massa Output

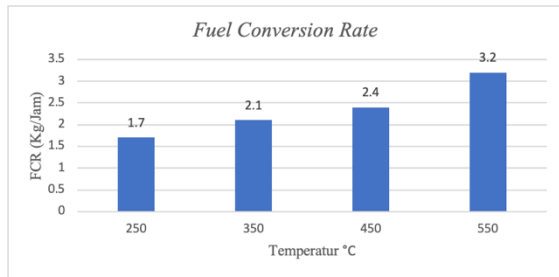
Dari tabel di atas dapat di lihat bahwa dalam penelitian sudah mendapatkan data berupa massa input, durasi operasional, massa kondensat dan massa arang. Dan pada penelitian ini dibutuhkan data untuk massa gas, dan untuk mencari massa gas disini menggunakan rumus kesetimbangan massa yang dimana jumlah massa masuk sama dengan massa yang keluar

Tabel 2. Tabel Nilai Massa Output Penelitian Rotary Pirolisis

Temperatur (°C)	Massa Output (%)		
	Arang	Kondensat	Gas
250°C	57,75	3,4	38,8
350°C	46,22	18,45	35,33
450°C	32,88	26,08	41
550°C	24,5	31,06	44,4

### 4.2. Uji Fuel Conversion Rate (FCR)

Fuel conversion rate adalah kemampuan bahan bakar terkonversi menjadi kondensat, gas, dan arang. Dapat diketahui massa bahan bakar yang dimasukan dan waktu operasional alat pirolisis Rotary Bed. Maka *fuel conversion rate* (FCR) masing-masing variasi temperatur dapat dihitung.

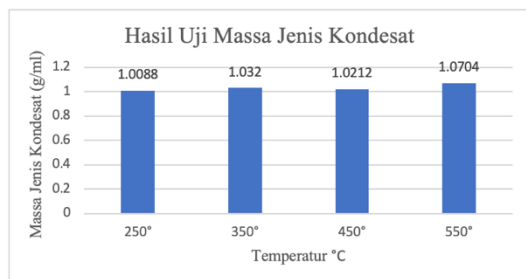


**Gambar 2. Grafik fuel conversion rate**

Berdasarkan drafik di atas dapat dilihat bahwa hasil FCR pada temperatur 550°C memiliki hasil yang tinggi. Hal ini dikarenakan proses pemanasan temperatur yang lebih tinggi mengakibatkan biomassa melebur dengan cepat dan terjadi konversi energi dengan cepat sehingga membuat waktu proses pirolisis lebih cepat.

#### 4.3. Uji Massa Jenis ( Density)

Perhitungan massa jenis pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya massa dalam setiap volumenya. Adapun data hasil data pengujian massa jenis dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 3. Grafik Uji Massa Jenis Kondesat**

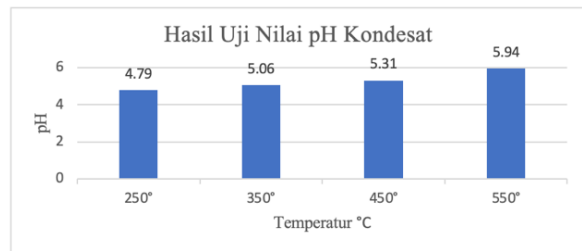
Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa massa jenis minyak kondesat pada temperatur 550°C lebih tinggi, dan dapat disimpulkan semakin tinggi temperatur dalam proses rotari pirolisis maka massa jenis minyak kondesat menjadi lebih tinggi dan massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada kondesat yang bermassa sama dengan perbedaan variasi temperatur.

#### 4.4. Uji Tingkat Keasaman / Nilai pH

Pengujian tingkat keasaman pada minyak kondesat bertujuan untuk mengetahui nilai pH dari minyak kondesat hasil proses pirolisis pada bungkil kemiri sunan. Pengujian tingkat keasaman dilakukan dengan menggunakan pH Meter. Adapun data tingkat keasaman hasil pengujian berdasarkan variasi temperatur dan posisi bahan bakar dapat dilihat pada grafik di bawah ini

Dari grafik dapat dilihat bahwa tingkat keasaman minyak kondesat dapat dilihat dari nilai pH, dan dari hasil nilai pH di atas dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur pada proses pirolisis maka nilai pH minyak kondesat semakin tinggi atau lebih ke arah pH yang basa yang dimana jumlah konsentrasi ion hydrogen [H<sup>+</sup>]

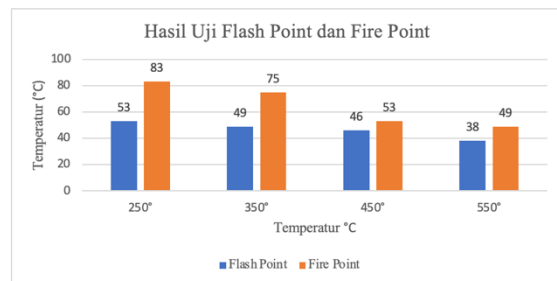
menjadi lebih sedikit dibandingkan jumlah konsentrasi ion hidroksil [H<sup>-</sup>].



**Gambar 4. Grafik Tingkat Keasaman / Nilai pH**

#### 4.5. Uji Flash Point dan Fire Point

Pengujian *Flash Point* dan *Fire Point* pada minyak kondesat bertujuan untuk mengetahui titik nyala dan suhu terendah dimana uap minyak akan menyala dan terbakar secara terus-menerus kalau terkena nyala api dari minyak kondesat hasil proses pirolisis pada bungkil kemiri sunan. Adapun data uji *flash point* dan *fire point* hasil pengujian berdasarkan variasi temperatur dan posisi bahan bakar dapat dilihat pada grafik di bawah ini



**Gambar 5. Grafik Flash Point dan Fire Point**

Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa suhu *flash point* dan *fire point* akan semakin menurun seiring peningkatan variasi temperatur, hal ini di karenakan semakin tinggi variasi suhu yang di pakai maka semakin baik dari kualitas kondesat yang di hasilkan dan di tunjukan dengan semakin rendah hasil suhu *flash point* dan *fire point*.

#### 5. Kesimpulan


Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: dari hasil uji kesetimbangan massa dapat disimpulkan bahwa hasil pirolisis pada pada temperatur 550°C memiliki data terbaik dimana jumlah kondesat dan jumlah gas memiliki hasil tertinggi dan memiliki jumlah arang terendah. Dari hasil uji *fuel conversion rate* pada temperatur 550°C memiliki hasil terbaik. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang tinggi menyebabkan bahan bakar kemiri sunan terdekomposisi sempurna sehingga menghasilkan gas dan kondesat yang banyak dengan jumlah arang yang relatif rendah dari variasi temperatur lainnya. Dan dikarenakan hasil FCR yang tinggi sehingga membuat waktu proses pirolisi menjadi lebih cepat

Dari hasil uji karakteristik minyak kondensat dapat di lihat bahwa massa jenis minyak kondensat pada temperatur 550°C lebih tinggi. Dari uji karakteristik minyak kondensat dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi pula nilai pH kondensat atau lebih ke arah pH yang basa. Dan untuk uji *flash point* dan *fire point* dapat di simpulkan bahwa suhu *flash point* dan *fire point* akan semakin menurun seiring peningkatan variasi temperatur, hal ini di karenakan semakin tinggi variasi temperatur yang di pakai maka semakin baik dari kualitas kondensat yang di hasilkan dan di tunjukan dengan semakin rendah hasil suhu *flash point* dan *fire point*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Patel, M., Zhang, X. and Kumar, A., 2016, *Techno-Economic And Life Cycle Assessment On Lignocellulosic Biomassa Thermochemical Conversion Technologies*, A review Renewable and Sustainable Energy Reviews 53, pp.1486-1499.
- [2] Basu, P., 201, *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction, Practical Design and Theory*, 32 Jamestown Road, London NW1 7BY, UK, 525 B Street, Suite 1800, San Diego, CA 9210-4495, USA, Published by Elsevier Inc.

- [3] Winaya, I.N.S., 2012, *Fluidized Bed Combustion of High Volatile Matter Fuels – Porous Bed Material*, Heinrich-Bocking-Str. 6-8, 66121 Saarbucken, Germany. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG.
- [4] Nugroho, Wijayanti W. and Sasongko M.N., 2019, *Pengaruh Temperatur terhadap Laju Reaksi Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni pada Rotary Kiln*, *Rekayasa Mesin*, 10(2), pp. 113-120
- [5] Honma, S., Hata, T. & Watanabe, T., 2014, *Effect of Catalytic Pyrolysis Conditions Using Pulse Current Heating Method on Pyrolysis Products of Wood Biomass*, Hindawi Publishing Corporation eScientific World Journal

	<p><b>I Nyoman Jaya Prakarsa Wiraharja</b> menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, Tahun 2021.</p>
<p>Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi.</p>	