

# Pengaruh Temperatur Reaktor Terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair Hasil Proses Pirolisis Sampah Plastik *Polypropylene*

Muchammad Aufa Muqsith, I Nengah Suarnadwipa, dan I Wayan Bandem  
Adnyana

*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

## Abstrak

Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan kebutuhan akan bahan bakar minyak sebagai sumber energi meningkat. Di sisi lain, bertambahnya jumlah penduduk juga mengakibatkan volume sampah yang dihasilkan semakin tinggi, dan salah satu penyumbang sampah terbanyak adalah jenis sampah plastik polypropylene (PP). Dalam upaya untuk memenuhi kebutuhan energi dan mereduksi volume sampah plastik tersebut dapat dilakukan melalui metode pirolisis. Pirolisis menggunakan material plastik dapat menghasilkan produk utama berupa bahan bakar cair dan untuk mengetahui apakah produk bahan bakar cair tersebut layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif adalah dengan mengetahui nilai viskositasnya, sehingga tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi temperatur pada reaktor pirolisis terhadap viskositas bahan bakar cair sampah plastik polypropylene yang dihasilkan. Variasi temperatur pada reaktor dalam penelitian ini yaitu sebesar 300 °C, 325 °C, 350 °C, 375 °C dan 400 °C dengan bahan yang digunakan yaitu sampah plastik polypropylene sebanyak 1 kg. Hasil viskositas tertinggi berada pada variasi temperatur reaktor 400 °C dengan nilai sebesar 0,819 cP sedangkan pada variasi temperatur reaktor 300 °C viskositasnya hanya sebesar 0,671 cP. Berdasarkan hasil penelitian ini, temperatur pada reaktor berpengaruh terhadap viskositas bahan bakar cair yang dihasilkan.

*Kata kunci: Pirolisis, Polypropylene (PP), Temperatur, Bahan Bakar Cair, Viskositas*

## Abstract

The increasing population in Indonesia has resulted in energy needs continuing to rise, and one of the largest contributors to energy consumption is fuel oil. On the other hand, an increasing population also results in higher volumes of waste being produced, and one of the largest contributors to waste is polypropylene (PP) plastic waste. In an effort to meet energy needs and reduce the volume of plastic waste, this can be done through the pyrolysis method. The main product of plastic pyrolysis is liquid fuel, and to find out whether the liquid fuel product is suitable for use as an alternative fuel, one must know the viscosity value. So, the aim of this research is to find out how temperature variations in the pyrolysis reactor affect the viscosity of liquid fuel produced from polypropylene plastic pyrolysis. The temperature variations in the reactor in this study were 300 °C, 325 °C, 350 °C, 375 °C and 400 °C. The material used was 1 kg of polypropylene plastic waste at each temperature variation. The highest viscosity results were at a reactor temperature variation of 400 °C with a value of 0.819 cP, while at a reactor temperature variation of 300 °C, the viscosity was only 0.671 cP. Based on the results of this research, the temperature in the reactor influences the viscosity of the liquid fuel produced.

*Keywords: Pyrolysis, Polypropylene (PP), Temperature, Liquid Fuel, Viscosity*

## 1. Pendahuluan

Energi dan sampah merupakan dua hal yang selalu ada dalam kehidupan manusia. Seiring bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan kebutuhan energi sebagai penunjang kehidupan meningkat. Antara tahun 2000 dan 2011, konsumsi energi final melonjak dari 764 juta setara barel minyak (SBM) pada tahun 2000 hingga mencapai 1.044 juta SBM pada tahun 2011 atau mengalami peningkatan rata-rata 2,87% per tahun dan diprediksi akan terus mengalami peningkatan sebesar 4,7% per tahun dari tahun 2011 hingga 2030 [1]. Oleh karena itu, konsumsi energi yang terus meningkat setiap tahunnya jika tidak dibarengi dengan ketersediaan pasokan energi yang mencukupi di masyarakat akan menimbulkan masalah baru, seperti terjadinya krisis energi.

Di sisi lain, bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia mengakibatkan volume sampah yang dihasilkan juga mengalami kenaikan yang signifikan.

Jumlah timbulan sampah yang dihasilkan oleh Indonesia selama tahun 2021 tercatat mencapai 31.113.237 ton dan sebanyak 18,13% atau sekitar 5.640.827 ton di dominasi oleh sampah plastik, dan hal tersebut menjadikan plastik sebagai penyumbang sampah terbesar kedua setelah limbah makanan [2]. Sampah plastik yang tidak diurus dan dibiarkan begitu saja tanpa pengelolaan lebih lanjut dapat memiliki konsekuensi negatif bagi manusia maupun makhluk hidup lain karena zat-zat beracun yang terkandung di dalamnya. Proses pengelolaan sampah plastik sangat penting dilakukan karena dalam plastik mengandung ftalat, pestisida organoklorin, bifenil polikrolinasi (PCB), hidrokarbon aromatik dan zat beracun lainnya yang berbahaya dan bersifat karsinogenik [3].

Terdapat beberapa metode dalam mengelola sampah plastik diantaranya yaitu sistem *landfilling* dan pirolisis, namun pada sistem *landfilling*, sampah plastik hanya dikumpulkan di satu tempat tanpa ada proses pengolahan yang lebih lanjut sehingga metode

ini memerlukan area yang luas dan dianggap tidak bisa mengurangi volume sampah plastik karena plastik memiliki sifat yang tidak mudah terdekomposisi dengan sendirinya.

Selanjutnya ada metode pirolisis untuk mengelola sampah plastik dimana dalam metode ini sampah plastik dipanaskan dalam reaktor dengan tanpa adanya udara atau oksigen dalam prosesnya. Metode pirolisis mengubah sampah plastik menjadi padatan, cairan, dan gas. Produk hasil pirolisis ini memiliki nilai kalor yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Selain dapat dijadikan bahan bakar alternatif, sampah plastik yang diolah menggunakan metode pirolisis ini dapat berkontribusi dalam mereduksi jumlah volume sampah plastik.

Melihat adanya potensi pengolahan sampah plastik menggunakan metode pirolisis menjadi bahan bakar cair, penulis tertarik melakukan penelitian tentang Pengaruh Temperatur Reaktor Terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair Hasil Proses Pirolisis Sampah Plastik *Polypropylene*. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa bagaimana pengaruh temperatur reaktor terhadap viskositas bahan bakar cair hasil proses pirolisis sampah plastik jenis *polypropylene* (PP) dan untuk mengetahui apakah bahan bakar cair tersebut layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif jika dilihat dari segi viskositasnya.

Batasan penelitian yang ditetapkan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi temperatur reaktor pirolisis yang digunakan adalah 300 °C, 325 °C, 350 °C, 375 °C dan 400 °C.
2. Laju aliran volume pendinginan adalah 4,9 L/m.
3. Temperatur lingkungan dianggap konstan (cerah).
4. *Losses* pada proses pemanasan diabaikan.
5. Total massa plastik yang digunakan sebesar 5 kg dengan tiap masing-masing pengujian variasi temperatur sebesar 1 kg.
6. Plastik yang dimaksud adalah dari plastik jenis *polypropylene*.
7. Produk bahan bakar cair yang diteliti adalah tentang hubungan temperatur reaktor terhadap perubahan viskositasnya.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Sampah Plastik

Sampah dibagi menjadi 2 kategori yaitu organik dan anorganik. Sampah organik adalah limbah organik berbentuk padat dan memiliki kandungan air cukup banyak yang biasanya berasal dari limbah agrikultur, sampah organik mudah membusuk dan terdekomposisi karena memiliki rantai karbon yang pendek. Di sisi lain, sampah anorganik adalah sampah berbentuk padat yang memiliki kandungan air sangat sedikit dan sulit terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai karena memiliki rantai karbon yang panjang dan kompleks, salah satu sampah anorganik yaitu plastik.

Salah satu metode dalam memproduksi plastik yaitu melalui proses polimerisasi. Polimerisasi dilakukan dengan cara meleburkan sejumlah molekul sederhana (monomer) sehingga dapat membentuk molekul yang lebih besar (makromolekul atau polimer) melalui proses kimia. Polimer dari plastik tersebut mengandung senyawa hidrokarbon *naphtha* yang terbuat dari penyulingan gas alam atau minyak bumi dan sering digunakan sebagai material untuk membuat plastik sehingga hal ini menyebabkan plastik memiliki nilai kalor yang cukup tinggi.

### 2.2 Pirolisis

Pirolisis merupakan proses di mana material dipanaskan pada temperatur yang tinggi dalam kondisi tanpa adanya udara atau oksigen sehingga material dapat terurai dan menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Proses pirolisis umumnya dapat menghasilkan berbagai macam produk akhir yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti padatan (*char*), senyawa volatil yang dapat terkondensasi (*bio-oil*) dan juga gas yang tidak bisa terkondensasi. Gas yang dihasilkan dalam proses pirolisis terdiri dari metana, karbon dioksida, etana, karbon monoksida dan hidrogen [4].

### 2.3 Kondensor

Kondensor adalah alat penukar panas atau biasa disebut sebagai *heat exchanger*, yang memiliki fungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan fluida kerja. Pengembunan terjadi ketika temperatur suatu zat (gas) turun di bawah suhu saturasinya sehingga menyebabkan gas tersebut akan berubah fase menjadi cair.

### 2.4 Bahan Bakar

Bahan bakar merupakan zat yang akan mengalami reaksi kimia dengan pengoksidasi (biasanya udara) ketika dipanaskan sehingga menyebabkan terjadinya proses pembakaran dan dapat menghasilkan energi panas. Bahan bakar dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis berdasarkan wujudnya yaitu bahan bakar padat (arang dan batu bara), bahan bakar cair (solar dan bensin) dan bahan bakar gas. Untuk menentukan kelayakan bahan bakar sebagai sumber energi maka diperlukan pengetahuan tentang karakteristik bahan bakar tersebut, berikut adalah karakteristik beberapa bahan bakar minyak komersial yang ada di Indonesia [5] [6]:

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar Minyak Komersial

Jenis Bahan Bakar	Karakteristik			
	Nilai Kalor (kJ/kg)	Viskositas (cP)	Flash Point (°C)	Fire Point (°C)
Bensin	47300	0,652	- 43	- 30
Minyak Tanah	43000	0,294 – 3,34	38	52,5
Solar	46500	2 - 4,5	52	98,6

### 2.5 Viskositas

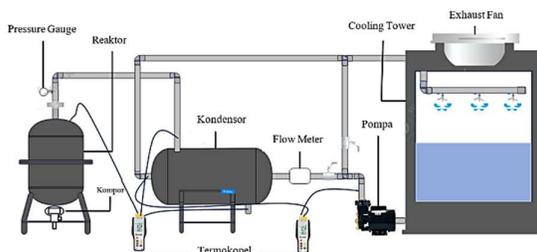
Viskositas atau kekentalan adalah ketahanan dari suatu fluida (cair atau gas) terhadap perubahan bentuk dan pergerakan molekul-molekul yang bergesekan

terhadap satu sama lain [7]. Pada bahan bakar, viskositas penting untuk diketahui karena berkaitan dengan seberapa mudah bahan bakar dapat mengalir ke dalam ruang bakar yang akan mempengaruhi kinerja dari mesin maupun pompa bahan bakar. Jika nilai viskositas yang dimiliki bahan bakar kecil, maka bahan bakar tersebut akan lebih mudah mengalir ke dalam ruang bakar dan selanjutnya mengalami proses pembakaran.

### 3. Metode Penelitian

Penelitian dan pengujian pirolisis ini menggunakan material plastik *polypropylene* yang telah dicacah dengan ukuran  $\pm 1$  cm dan massa sebesar 1 kg pada tiap masing-masing variasi temperatur, proses pencacahan ini bertujuan untuk memaksimalkan ruang di dalam tabung reaktor. Variasi temperatur reaktor yang digunakan adalah 300 °C, 325 °C, 350 °C, 375 °C dan 400 °C.

Pada Gambar 1. Menunjukkan skema alat pirolisis yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 1. Skema Alat Pirolisis

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berjenis *fixed bed*, dengan sumber energi yang digunakan berasal dari LPG dan kondensor yang digunakan berjenis *shell and tube* berfluida pendingin air dengan aliran *counter flow* dan laju aliran pendinginan diatur sebesar 4,9 L/m.

Selanjutnya bahan bakar cair yang diproduksi dari hasil proses pirolisis plastik *polypropylene* pada tiap variasi temperatur reaktor tersebut akan dilakukan pengujian viskositas menggunakan alat uji viskosimeter ostwald seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

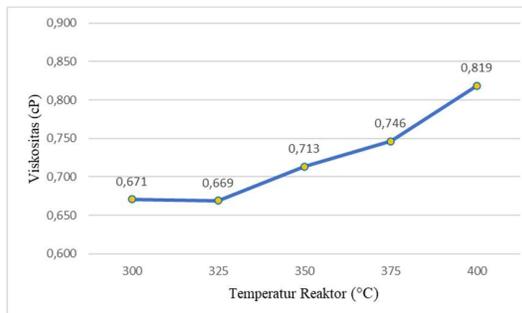


Gambar 2. Alat Uji Viskositas

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Hubungan Temperatur Pemanasan Reaktor Terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair

Hasil pengujian viskositas bahan bakar cair hasil proses pirolisis pada setiap variasi temperatur pemanasan reaktor ditunjukkan pada Gambar 3.

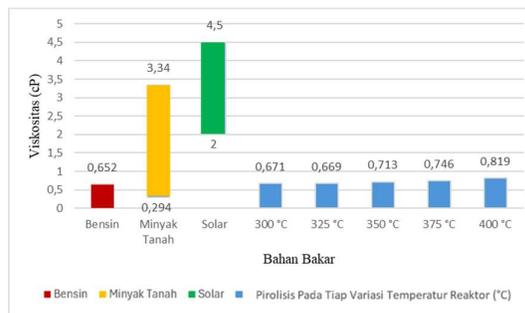


Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur Pemanasan Reaktor Terhadap Viskositas

Berdasarkan grafik di atas terlihat bahwa nilai viskositas dari bahan bakar cair pada variasi temperatur pemanasan reaktor 300 °C sebesar 0,671 cP dan mengalami sedikit penurunan pada temperatur 325 °C menjadi sebesar 0,669 cP dan selanjutnya mengalami kenaikan berturut-turut seiring temperatur pemanasan pada reaktor ditingkatkan menjadi sebesar 0,713 cP pada variasi temperatur reaktor 350 °C, sebesar 0,746 cP pada variasi temperatur reaktor 375 °C dan 0,819 cP pada variasi temperatur reaktor 400 °C.

Terjadinya peningkatan nilai viskositas bahan bakar cair pada saat temperatur pemanasan reaktor dinaikkan diakibatkan karena pada saat proses pirolisis menggunakan temperatur pemanasan reaktor yang lebih tinggi menyebabkan semakin banyaknya molekul-molekul berat dengan ikatan rantai hidrokarbon panjang yang terkandung dalam plastik akan ikut terdekomposisi dan berubah fase menjadi gas dan gas yang mengandung molekul-molekul berat tersebut akan terkondensasi dalam kondensor sehingga mengakibatkan viskositas yang dimiliki dari bahan bakar cair yang dihasilkan semakin tinggi.

### 4.2 Perbandingan Viskositas Bahan Bakar Cair Pirolisis dengan BBM Komersial



Gambar 4. Perbandingan Viskositas Bahan Bakar Cair Pirolisis dengan BBM Komersial

Secara keseluruhan viskositas dari bahan bakar cair hasil proses pirolisis plastik *polypropylene* pada setiap variasi temperatur reaktor berada pada rentang yang sama dengan bahan bakar minyak tanah, dimana minyak tanah mempunyai viskositas sebesar 0,293 cP sampai dengan 3,34 cP. Viskositas bahan bakar cair pirolisis pada temperatur reaktor 300 °C dan 325 °C juga mendekati dengan viskositas bensin dimana nilai viskositas dari bensin adalah sebesar 0,652 cP.

## 5. Kesimpulan

Temperatur pemanasan pada reaktor saat proses pirolisis berpengaruh terhadap viskositas bahan bakar cair yang diproduksi, dimana ketika temperatur pemanasan pada reaktor ditingkatkan, viskositas dari bahan bakar cair yang diproduksi pun mengalami peningkatan dengan nilai tertinggi berada pada variasi temperatur reaktor 400 °C yaitu sebesar 0,819 cP. Berdasarkan viskositasnya, bahan bakar cair hasil proses pirolisis plastik *polypropylene* pada penelitian ini layak dijadikan sebagai sumber energi (bahan bakar) alternatif karena memiliki rentang yang sama dengan minyak tanah dan mendekati viskositas dari bensin.

## Daftar Pustaka

- [1] BPPT, 2013, *Outlook Energi Indonesia 2013*, Pengembangan Energi dalam Mendukung Sektor Transportasi dan Industri Pengolahan Mineral.
- [2] SIPSN, 2021, *Data Pengelolaan Sampah & RTH*, Jakarta: Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Diakses pada 22 Maret 2024 melalui SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (menlhk.go.id).
- [3] Thompson, R, C, Moore, C, J, Saal, F, S, Swan, S, H, 2009, *Plastics the environment and human health Current consensus and future trends*, Journal Philosophical Transactions of The Royal Society of London. Series B, Biological Sciences.
- [4] Damayanti, D, Wulandari, Y, Wu, H, 2020, *Product Distribution of Chemical Product Using Catalytic Depolymerization of Lignin*, Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis 15 (2), 432-453.
- [5] Damayanti, Z, Sudarti, Yushardi, 2023, *Analisis Karakteristik Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik Yang Digunakan: Review*, Jurnal Inovasi Teknik Kimia. Vol. 8, No.1.
- [6] Wiratmaja, I, G, 2010, *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin*

*Murni*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM  
Vol. 4 No.2. Oktober 2010 (145-154).

- [7] Britannica, 2024, *Viscosity*, Encyclopedia Britannica. Diakses pada 22 Maret 2024 melalui [www.britannica.com/science/viscosity](http://www.britannica.com/science/viscosity)



**Muchammad Aufa Muqsith** menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana pada tahun 2024.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi.