

## NILAI KALOR BAHAN BAKAR PLASTIK POLYPROPYLENE (BBPP) HASIL PYROLISIS DENGAN CAMPURAN PREMIUM DAN OCTANE BOOSTER

<sup>1</sup>Azamataufiq Budiprasojo, <sup>2</sup>Aditya Wahyu Pratama

<sup>1,2</sup>Program Studi Mesin Otomotif Jurusan Teknik Politeknik Negeri Jember  
Jalan Mastrip Kotak Pos 164 JEMBER  
Azamataufiq@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini dilatar belakangi oleh dua hal: pencarian bahan bakar alternatif bersumber non pangan serta semakin menumpuknya sampah plastik. Melalui proses pyrolysis, plastik polypropilene dapat dirubah menjadi bahan bakar cair. Bila bahan bakar plastik polypropilene (BBPP) ingin digunakan pada engine maka ada beberapa standar yang harus dipenuhi. Nilai kalor tinggi merupakan salah satu standar dimaksud. Pengujian nilai kalor BBPP dilakukan untuk 5 macam spesimen yaitu BBPP murni, BBPP + premium dengan konsentrasi campuran 10%, 15%, 20%, serta BBPP + octane booster dengan campuran 1:1. Hasil pengujian nilai kalor dengan menggunakan bomb calorimeter didapatkan nilai kalor BBPP murni 100% sebesar 11.111,264 kcal/gram. Pada campuran BBPP + bensin premium didapatkan nilai kalor tertinggi pada campuran 10% sebesar 11.405,911 kcal/gram. Pada campuran BBPP + octane booster didapatkan nilai kalor sebesar 11.203,163 kcal/gram. Nilai kalor BBPP murni ataupun campuran ternyata masih dibawah nilai kalor premium sebagai bahan bakar acuan yang sebesar 11.414,453 kcal/gram. Untuk saat ini pemakaian BBPP pada engine tanpa modifikasi merupakan suatu tindakan yang memaksakan mesin bekerja dibawah kondisi idealnya. Upaya peningkatan nilai kalor BBPP perlu dil

akukan bila ingin dipakai sebagai bahan bakar alternatif untuk engine. Peningkatan nilai kalor BBPP bisa dilakukan dengan proses pemurnian ulang.

**Kata kunci :** *Bahan Bakar alternatif, Nilai kalor, Pyrolysis, Polypropile.*

### Abstract

This research was motivated by two things: the search of alternative fuels derived on non-food resources and a huge growing of waste plastic. Through the process of pyrolysis, polypropilene plastic can be converted into liquid fuels.

When plastic polypropilene fuel (PPF) wants to use as engine fuels, then there are some standards or requirements. The high heating value is one of it. A Tests of PPF calori values will be handled for five kinds of specimens i.e. pure PPF, A mixed of PPF+ premium with a mixture concentration of 10%, 15%, 20%, also a mixed of PPF+ octane booster with a mixture of 1: 1. As the test results, the caloric value tested by a bomb calorimeter obtained that the calori value of 100% pure PPF amounted by 11111.264 kcal/gram. For PPF + premium gasoline mixture obtained the highest calori value on a mixture of 10% amounted by 11405.911 kcal/gram. For PPF + octane booster mixture obtained a caloric value amounted by 11203.163 kcal/gram. PPF calori value for both pure nor mix, still below of the caloric value of premium as a fuel reference for 11414.453 kcal / gram. In this current condition, If we force using PPF in the engine without making any modification on it, it will be an act that causing engine to works under its ideal conditions. The caloric value of PPF Must be increase if you want to use it as an alternative fuel for the engine. Increasing PPF caloric value can be do by the re-purification process.

**Key words :** *Alternative fuels, Caloric Value, Pyrolysis, Polypropile.*

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Upaya pencarian bahan bakar alternatif yang dapat diaplikasikan langsung di mesin saat ini sedang giat dilakukan. Banyak penelitian yang dilakukan yang dilatar belakangi oleh alasan ini. Salah satu yang menjadi perhatian dari peneliti saat ini adalah mencari suatu bahan bakar alternatif yang berbasis non pangan.

Selain permasalahan yang terkait bahan bakar alternatif, ada juga permasalahan sampah terutama sampah plastik yang juga telah mencapai level mengkhawatirkan. Banyaknya pengguna sampah plastik yang tidak terkendali akan menimbulkan pencemaran lingkungan seperti pencemaran tanah, pencemaran pembakaran sampah yang dapat mempengaruhi udara disekitar. Dengan demikian perlu dilakukan tindakan lebih lanjut mengenai perlakuan sampah.

Dalam upaya mengatasi kedua permasalahan diatas tercetus suatu ide untuk membuat bahan bakar alternatif yang berasal dari pengolahan ulang sampah plastik. Dengan proses pyrolisis dapat dilakukan proses pengubahan palstik menjadi bahan bakar cair.

Pyrolisis pada dasarnya adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan, dimana material itu akan berubah menjadi fase gas. Gas ini kemudian akan didinginkan agar berubah fase menjadi fase cair.

Jenis sampah yang akan dipakai pada penelitian ini adalah plastic jenis polypropilene yang sering dipakai sebagai bahan baku botol palastik contohnya cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak dan margarine.

Setiap satuan berat plastik dapat menghasilkan 70% minyak, 16 % gas 6 % carbon solid dan 8% air. Untuk plastik jenis PP ( *Polypropilene* ) ini mempunyai titik leleh sebesar 70°C – 80°C (Kadir, 2012).

Metode pyrolisis didalamnya ada proses *Thermal Cracking* yaitu memanaskan bahan polimer/plastik tanpa oksigen, proses ini biasanya dilakukan pada temperatur 350°C – 900°C, Proses ini termasuk proses pyrolisis, (Surono, U. B. 2013). Hasil dari proses *Thermal cracking* akan menghasilkan bahan bakar minyak melalui proses kondensasi dengan proses pendinginan, pada saat pipa mengeluarkan uap yang terjadi pada bejana bertekanan yang dipanaskan hingga 350°C, sehingga menghasilkan uap yang kemudian dikondensasikan menggunakan air hingga berubah bentuk menjadi cair.

Cairan inilah yang biasa disebut dengan bahan bakar plastik cair. Bahan bakar cair plastik polypropilen ini kemudian akan diuji diuji nilai kalornya menggunakan *Bomb Calorimeter*. Nilai kalor dirasa penting untuk diteliti karena nilai kalor menentukan besarnya kalor yang mampu ditransfer ke mesin kalor pembakaran dalam. Semakin besar nilai kalor maka akan semakin besar efisiensi thermal dari engine bila dilihat dari kajian ilmu termodinamikanya.

Ada beberapa variasi spesimen yang akan diuji nilai kalornya yaitubahan bakar plastik pyrolisis (BBPP) murni; campuran BBPP + premium dengan prosentase volume BBPP 10%, 15%, 20%; campuran BBPP + octane booster dengan perbandingan komposisi 1 : 1; serta nilai kalor premium dan solar sebagai bahan bakar pembeding.

### Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan nilai kalor dari spesimen uji yang terdiri dari bahan bakar plastik pyrolisis (BBPP) murni; campuran BBPP + premium dengan prosentase volume

BBPP 10%, 15%, 20%; campuran BBPP + octane booster dengan perbandingan komposisi 1 : 1; serta nilai kalor premium dan solar.

2. Menganalisa kelayakan spesimen uji untuk menggantikan premium ataupun solar sebagai bahan bakar cair yang dipakai di engine, dilihat dari nilai kalornya.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dimana data mengenai perubahan suatu parameter pada spesimen benda uji akibat adanya variasi dicari secara langsung dengan percobaan menggunakan alat uji yang terstandar.

Nilai kalor dari variasi spesimen bahan bakar akan diuji menggunakan *bomb calorimeter* khusus bahan bakar cair. *Bomb calorimeter* yang dipakai adalah milik laboratorium uji motor bakar universitas brawijaya malang. Standar kalibrasi mengikuti ketentuan dari laboratorium yang dimaksud.



Gambar 1. Alat Bom Calorimeter

Selanjutnya data yang telah didapatkan dari pengujian spesimen akan dianalisis dengan menggunakan Statistika program excel dan digambarkan dengan grafik diagram batang untuk dilakukan proses analisa.

Bahan bakar cair pyrolisis sebagai bahan baku utama dari penelitian ini diproduksi dengan menggunakan reaktor untuk plastik. Pada reaktor ini terjadi proses pyrolisis dan kondensasi secara berurutan. Proses pyrolisis ini bekerja dengan sistem *thermal cracking* dimana plastik padat akan dibakar pada tekanan tinggi dan suhu tinggi. Proses ini akan mengubah bahan bakar padat menjadi gas. Gas hasil pembakaran ini kemudian akan

dikondensasi untuk mengubah gas hasil pembakaran menjadi fase cair.

Berikut adalah gambar reaktor pyrolisis plastik.



Gambar 2. Instalasi reaktor pyrolisis

Plastik dibakar pada suhu dan tekanan tinggi pada reaktor. Gas hasil pembakaran akan dialirkan melalui pipa tekanan tinggi menuju kondensator 1. Didalam kondensator 1 gas hasil pembakaran akan didinginkan. Pada kondensator 1 ini sudah sebenarnya telah didapatkan bahan bakar plastik pyrolisis namun dengan kualitas yang masih rendah. Karena secara visual adalah mirip dengan solar dan agar mudah dalam pengidentifikasian maka bahan bakar ini dinamakan solar polypropilene.

Gas yang belum terkondensasi pada kondensator 1 akan mengalir melalui pipa penghubung untuk mengalami proses pendinginan lanjutan. Hasil bahan bakar plastik setelah melewati pipa penghubung ini adalah bahan bakar yang mirip dengan minyak tanah/kerosene sehingga dinamakan kerosene polypropilene.

Setelah melewati bagian pipa penghubung ada sisa gas hasil pembakaran yang masih tersisa yang kemudian dimasukkan ke dalam kondensator 2 untuk didinginkan lebih lanjut. Hasil dari proses kondensasi lanjutan ini akan menghasilkan bahan bakar cair yang mirip dengan premium sehingga dinamakan premium polypropilene.

Pada penelitian ini, bahan bakar plastik yang akan digunakan adalah bahan bakar dari hasil kondensasi lanjutan (pada kondensator 2).

Ada beberapa variasi spesimen yang akan diuji nilai kalornya yaitu bahan bakar plastik pyrolisis (BBPP) murni; campuran BBPP + premium dengan prosentase volume BBPP 10%, 15%, 20%; campuran BBPP + octane booster dengan perbandingan komposisi 1 : 1; serta nilai kalor premium dan solar sebagai bahan bakar pembanding.

Berikut adalah langkah langkah pengujian yang akan dijabarkan dalam tahapan penelitian berikut.

Tahapan Penelitian :

1. Menyiapkan bahan sampah plastik jenis PP (*Polypropilene*) seperti: cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak dan margarine dll.
2. Membersihkan kotoran yang ada pada sampah plastik.
3. Jemur sampah plastik yang basah sampai kering.
4. Timbang sampah plastik yang sudah kering kedalam reaktor *pyrolisis*.
5. Masukkan sampah plastik jenis PP kedalam reaktor.
6. Hidupkan kompor LPG.
7. Pemanasan reaktor dijalankan selama kurang lebih 5-6 jam.
8. Setelah selesai, tampung bahan bakar sampah plastik.
9. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Premium.
10. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Solar.
11. Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar Plastik *Polypropilene* (BBPP) cair dengan Bom calorimeter (100% BBPP).
12. Pengujian Nilai kalor variasi campuran Bahan bakar Premium dengan Bahan Bakar Plastik *Polypropilene* (BBPP) cair dengan variasi prosentase campuran BBPP sebesar 10%, 15%, 20%.
13. Pengujian Nilai kalor variasi Bahan Bakar Plastik *Polypropilene* (BBPP) cair dengan oktan booster dengan perbandingan 1 : 1.
14. Melakukan analisa data dan mengambil kesimpulan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Proses Pyrolisis

Pada pengolahan sampah plastik menjadi minyak yang menggunakan prinsip pyrolisis yang dilakukan di Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) kelurahan Wlingi Kabupaten Blitar yang menggunakan reaktor kapasitas 10 Kg dapat menghasilkan 8 liter bahan bakar Solar, 1,5 liter bahan bakar bensin dan 0,5 liter bahan bakar kerosin. Dalam proses pembakaran membutuhkan waktu kurang lebih 5 – 6 jam dalam sekali proses yang menghabiskan LPG 3 Kg dan suhu optimal yang dicapai adalah 200°C, untuk suhu awal pemanasan di dalam tungku reaktor mulai dari suhu 0°C - 32°C sampah plastik didalam reaktor mulai meleleh dan terjadi tetesan pada saluran *output* kondensator. Pada suhu 60°C tetesan bahan

bakar pada outputan kondensor mulai lancar baik dari solar, bensin maupun kerosin membutuhkan waktu sekitar 2 jam 19 menit. Sedangkan pada suhu 150°C tetesan bahan bakar pada pipa *output* kondensor lancar, untuk waktu yang dibutuhkan 3 jam 47 menit.

Pada suhu 200°C tetesan bahan bakar pada pipa *output* kondensor mulai menurun yang menandakan cairan bahan bakar yang ada di reaktor mulai habis, untuk mencapai suhu 200°C membutuhkan waktu 6 jam.

Untuk hasil dari reaktor pyrolisis mampu menghasilkan 3 jenis bahan bakar yaitu solar, kerosin dan bensin, dimana 60% bahan bakar yang dihasilkan adalah solar dan 20% adalah bensin 10% adalah kerosin.

Dari hasil penyulingan sampah plastik yang didapat diperlukan serbuk penjernih, dimana untuk 1 liter diperlukan serbuk penjernih sebanyak 1 sendok makan yang dicampurkan kedalam botol bahan bakar lalu dikocok terlebih dahulu setelah itu didiamkan kurang lebih selama 1 jam. Setelah 1 jam baru dilakukan penyaringan pada masing-masing bahan bakar, setelah selesai bahan bakar sampah dari plastik baru bisa digunakan.



Gambar 3. Bahan Bakar Plastik Polypropilene

Pada gambar 3, ditampilkan bahan bakar hasil pyrolisis serta bubuk penjernih yang digunakan. Pada botol ke dua dari kiri adalah BBPP hasil kondensasi 1 yang disebut solar polypropilene. Botol paling kanan dan 2 dari kanan adalah BBPP yang disebut kerosene Polypropilene. Botol paling tengah yang ditampilkan di gambar adalah BBPP yang disebut BBPP premium polypropilene.

**Pengujian nilai kalor**

Pada pengujian nilai kalor Bahan bakar Plastik Cair jenis PP (*polypropilene*) di laboratorium Motor Bakar Universitas Brawijaya Malang dilakukan sebanyak 15x pengujian pada

setiap masing – masing variabel campuran bahan bakar antara lain:

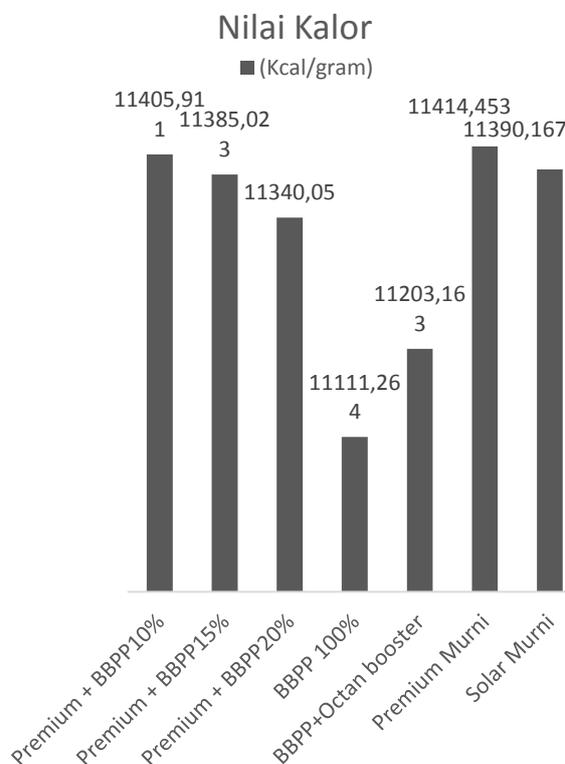
1. BB Premium.
2. BB Solar.
3. Campuran bahan bakar plastik cair 10% dan premium 90%.
4. Campuran bahan bakar plastik cair 15% dan premium 85%.
5. Campuran bahan bakar plastik cair 20% dan premium 80%.
6. Bahan bakar Plastik Cair jenis PP (*Polypropilene*) murni (BBPP).
7. Campuran Bahan bakar Plastik Cair jenis PP (*Polypropilene*) murni dan oktan *boster* buah (BBPP + *octaneboster*) dengan perbandingan 1:1.

Tabel II. Data hasil Pengujian Nilai kalor

No	Specimen	Nilai Kalor (Kcal/gram)	Rata-Rata Nilai kalor (Kcal/gram)
1	Premium + BBPP10%	11404,255	11405.911
	Premium + BBPP10%	11405,256	
	Premium + BBPP10%	11405,221	
2	Premium + BBPP15%	11402,031	11385.023
	Premium + BBPP15%	11398,112	
	Premium + BBPP15%	11400,311	
3	Premium + BBPP20%	11354,926	11340.05
	Premium + BBPP20%	11325,101	
	Premium + BBPP20%	11340,123	
4	BBPP 100%	11114,201	11111.264
	BBPP 100%	11110,221	
	BBPP 100%	11109,389	

5	BBPP+Octane booster	11211,031	11203,163
	BBPP+Octane booster	11201,129	
	BBPP+Octane booster	11197,329	
6	Premium Murni	11414,453	11414,453
7	Solar Murni	11390,167	11390,167

Bila data diatas ditampilkan dalam bentuk grafik maka akan berupa diagram dibawah ini. Diagram data hasil pengujian kalor bahan bakar cair Polipropilene hasil Pyrolisis adalah sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik data hasil Pengujian Nilai kalor

Setelah hasil pengolahanlimbah sampah plastik jenis PP (*Polypropilene*) pyrolisis untuk dijadikan bahan bakar bensin didapat , kemudian dilakukan pengujian nilai kalor pada masing-masing campuran untuk nilai kalor tertinggi terdapat pada campuran 90% bensin + 10% Bahan Bakar Platik Cair PP(BBPP) sebesar 11.405,911 *kcal/gram*.

Sedangkan untuk nilai kalor bahan bakar bensin sebesar 11.414,453 *kcal/gram*. Sedangkan

nilai kalor padacampuran 15% sebesar 11.385,023 *kcal/gram* dan pada campuran 20% nilai kalornya sebesar 11.340,050 *kcal/gram*.

Untuk nilai kalor murni pada BBPPadalah sebesar 11.111,264*kcal/gram* dan untuk BBPP + Octane Booster sebesar 11.203,163 *kcal/gram* dimana perbandingan oktan boster dan BBPP untuk 1 liter BBPP murni ditambah 1 buah octane boster dengan perbandingan (1:1).

Nilai kalor murni BBPP murni (100%) ternyata masih jauh dibandingkan dengan premium sebagai bahan bakar acuan yang dipakai. Nilai kalor ini bahkan tidak sedikitpun mendekati nilai kalor bahan bakar solar.

Menilik dari nilai kalor kita bisa memprediksi bahwa bila bahan bakar ini dipakai di engine maka efisiensi thermal dari engine dimaksud akan rendah.

Hubungan antara nilai kalor dan efisiensi thermal dapat dilihat dari persamaan berikut.

$$\text{Heat Rate} = \text{SFC} \times \text{HHV} \text{ [kcal/kWh]} \dots\dots\dots(1)$$

HHV : nilai kalor atas bahan bakar (kcal/liter)

$$\text{Efisiensi termal} : \eta_{th} = \frac{860}{HR} \times 100\% (\%) \dots\dots\dots(2)$$

Memang masih banyak parameter lain yang harusditeliti bila suatu bahan akan dipakai menjadi bahan bakar engine. Parameter itu diantaranya adalah viskositas, flash point, boiling point. Namun mengacu dari nilai kalor yang telah didapatkan, maka bahan bakar ini belum layak menggantikan bahan bakar cair beredar di pasaran.

Proses destilasi lanjutan untuk memurnikan bahan bakar plastik polypropilene perlu dilakukan untuk meningkatkan nilai kalor bahan bakar.

#### 4. KESIMPULAN

1. Bahan bakar Polypropilene hasil pyrolisis masih belum bisa dipakai oleh kendaraan sepeda motor karena nilai kalornya masih rendah sehingga perlu adanya proses distilasi lanjutan atau pemurnian lagi untuk meningkatkan nilai kalor yang tinggi sehingga layak sebagai bahan bakar kendaraan dengan ketentuan seperti viskositas, flash point, boiling point yang memenuhi syarat bahan bakar untuk kendaraan bermotor
2. Dari hasil pengujian nilai kalor bahan bakar polipropilene cair dari hasil proses pyrolisis didapatkan rata-rata nilai kalor 11.111 *kcal/gr* jauh berbeda dengan nilai kalor bahan bakar premium biasa yaitu 11.414 *Kcal/gr*.

3. Pencampuran BBPP dengan premium menghasilkan nilai kalor tertinggi pada campuran 10%, yaitu sebesar 11.405 Kcal/gr.
4. Upaya pencampuran BBPP dengan octane booster mencatatkan nilai kalor yang masih belum bisa menyamai bensin yaitu 11.203 Kcal/gr

#### DAFTAR PUSTAKA

- A.S Chaurasia., B.V Babu., 2005, *Modeling & Simulation of Pyrolysis of Biomass: Effect of Thermal Conductivity, Reactor Temperatur and Particle Size on Product Concentrations*, Pilani, India.
- Das, S. dan Pande, S., 2007, *Pyrolysis and Catalytic Cracking of Municipal PlasticWaste for Recovery of Gasoline Range Hydrocarbons*, Thesis, Chemical Engineering Department National Institute of Technology Rourkela.
- Kadir. 2012. *Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair*. Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik mesin. Vol. 3, No. 2. Kendari: Universitas Haluoleo.
- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K.,2011, *A Review on Tertiary Recycling Of High-Density Polyethylene to Fuel, Resources, Conservation and Recycling* Vol. 55 893– 910.
- Kurniawan, A. 2012. *Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak*<http://ngeblogging.wordpress>.
- Melyna E, Irdoni, I. Zahrina. Tanpa Tahun. *Perengkahan Sampah Plastik (HDPE, PP, PS) Menjadi Precursor Bahan Bakar dengan Variasi Perbandingan Bahan Baku/Katalis H-Zeolit*. Riau: Universitas Riau.
- Muryani. 2016. *Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) pengolahan Sampah kelurahan Wlingi*. Blitar: Wlingi.
- Rodiansono, 2005, *Aktivitas Katalis NiMo/Zeolit dan NiMo/Zeolit-Nb2O5 untuk Reaksi Hidrorengkah Sampah Plastik Polipropilena Menjadi Fraksi Bensin*. Yogyakarta: Thesis Ilmu Kimia Universitas Gadjah Mada.
- Surono, Budi.U. 2013. *Berbagai Metode Konfersi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik Vol. 3 No.1.Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Wikipedia. 2016. *Macam-Macam Reaktor*. 9 April. 2000.
- Ramadhan,Aprian (2011), *Pengolahan sampah plastik menjadi minyak menggunakan proses pyrolysis*, Jurnal Ilmiah teknik Lingkungan Vol. 4 no. 1Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur