

## Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) dari Sampah Botol Plastik Bekas Air Minum dengan Metode Pirolisis

Trisna Kumala Dhaniswara<sup>1\*</sup> dan Dian Fahrani<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Nahdlatul Ulama  
Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

Program Studi Akuntansi, Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo,  
Sidoarjo, Indonesia

\*[trisnakumala@gmail.com](mailto:trisnakumala@gmail.com)

### OPEN ACCESS

**Citation:** Trisna Kumala Dhaniswara dan Dian Fahrani. 2021. Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) dari Sampah Botol Plastik Bekas Air Minum dengan Metode Pirolisis. *Journal of Research and Technology* Vol VII (2021): Page 83–92.

### Abstract

*Garbage is the biggest contributor to environmental damage, especially plastic waste that is not processed properly. One of the problems in the community is the management of plastic waste, which until now has not been controlled. It is estimated that each person consumes 170 plastic bags each year and that around 500 billion to one trillion plastic bags are used worldwide. As well as more than 17 billion plastic bags distributed free of charge by supermarkets around the world for each year. In fact, if all the plastic bags on earth were opened, they could cover the entire surface of the earth up to 11 times. Plastic is a material that is very familiar in human life and has been considered a staple for household or domestic needs so that the presence of plastic waste is increasing. The purpose of this research is to convert plastic waste bottles used for drinking water into fuel oil using the pyrolysis method. The reactor used is pyrolysis with a temperature of 200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C, and 400 °C for 30, 60, and 90 minutes. After the fuel is obtained, it is taken for analysis of its heating value, flash point, ash content, moisture content, and composition analysis. The results of this research will help the processing of plastic waste in addition to used plastic bottles.*

**Keywords:** Plastic Bottles, Pyrolysis, Recycle.

### Abstrak

*Sampah merupakan penyumbang terbesar dalam kerusakan lingkungan, terutama sampah plastik yang tidak diolah dengan baik. Salah satu permasalahan di masyarakat adalah pengelolaan sampah plastik yang sampai saat ini belum bisa dikendalikan. Banyaknya penggunaan plastik di seluruh dunia menyebabkan penumpukan sampah yang tidak mudah untuk diolah. Kurang lebih 180 kantong plastik dihabiskan per orang setiap tahun. Dan jika seluruh sampah plastik di bumi dibentangkan, dapat menutupi hampir semua permukaan bumi sampai 11 kali lipat. Sampah plastik saat ini sangat meningkat disebabkan karena plastik adalah material yang sangat*

dibutuhkan dalam kehidupan manusia dan bisa menjadi kebutuhan pokok setiap manusia. Tujuan penelitian ini untuk mengkonversi sampah plastik botol bekas air minum menjadi bahan bakar minyak menggunakan metode pirolisis. Penelitian ini menggunakan reaktor pirolisis dengan variabel suhu 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, dan 400°C selama 30, 60, dan 90 menit. Cairan hasil pirolisis diambil untuk analisis kalorimeter, flash point, kadar ash, kadar air, dan komposisi dengan GC-MS. Hasil dari penelitian ini adalah membantu penanganan sampah plastik terutama untuk botol plastik bekas minuman.

**Kata Kunci:** Sampah Botol Plastik, Pirolisis, Daur Ulang.

## 1. Pendahuluan

Bahan penyusun plastik terdiri dari bahan kimia yang cukup membahayakan lingkungan dan merupakan bahan anorganik yang tidak mudah terurai. Proses penguraian sampah plastik secara alami membutuhkan waktu kurang lebih 70 tahun untuk terdegradasi sempurna. Penggunaan sampah plastik dianggap tidak menjaga lingkungan apabila digunakan secara berlebihan dalam kehidupan sehari-hari, terutama di Indonesia (Syafitri, 2001).

Sampah merupakan masalah serius yang harus ditemukan bagaimana solusi penyelesaiannya, mengingat semakin banyaknya sampah plastik yang mencemari bumi. Saat ini, ada beberapa metode penyelesaian sampah plastik salah satunya adalah metode *Reuse, Reduce, Recycle* (3R). *Reuse* merupakan penggunaan kembali sampah plastik secara berulang. *Reduce* merupakan langkah diet plastik dengan mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Sedangkan *recycle* merupakan langkah daur ulang sampah menjadi barang yang lebih bermanfaat serta memiliki nilai ekonomis yang tinggi.

Setiap metode memiliki kelemahannya masing-masing. *Reuse* memiliki kelemahan salah satunya adalah jika plastik digunakan berulang akan tidak layak pakai, selain itu ada jenis plastik yang membahayakan kesehatan jika digunakan berkali-kali. Metode *reduce* jika diterapkan harus mempunyai bahan pengganti yang lebih murah dan praktis dari plastik. Sedangkan untuk metode *recycle*, jika plastik didaur ulang terus menerus, maka kualitasnya akan menurun. Semakin tingginya polusi udara akibat dari penumpukan sampah plastik terutama botol plastik bekas air kemasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi sampah botol plastik bekas air kemasan dengan metode pirolisis dengan variable temperatur dan waktu untuk menentukan kondisi optimal. (Himawanto dkk, 2011).

Cairan hasil pirolisis karakteristiknya mendekati bahan bakar minyak yang merupakan penghasil energi yang dapat dikendalikan. Ditinjau dari sudut teknis akan sangat mudah diaplikasikan di masyarakat dan dari sudut ekonomis memiliki nilai yang tinggi, sehingga kita bisa mengendalikan penumpukan sampah plastik dan mengolahnya menjadi bahan bakar.

### A. Macam Plastik

Plastik merupakan hasil dari proses polimerisasi makromolekul. Reaksi polimerisasi merupakan reaksi yang mengabungkan molekul sederhana (monomer) menjadi molekul yang

kompleks melalui proses kimia. Bahan penyusun utama plastik adalah karbon dan hidrogen. Bahan baku penyusun komponen plastik yang biasa digunakan adalah Naptha yang merupakan bahan hasil penyulingan minyak bumi. Proses pembuatan 1 kg plastik membutuhkan bahan baku 1,75 kg minyak bumi (AR Hakim, 2012).

Sampah plastik yang tidak terangkut dalam metode penanganan sampah secara *landfill* atau *open dump*, maka pemusnahannya menggunakan metode pembakaran dengan *incinerator*. Metode dengan *incinerator* ini dinilai kurang efektif dalam penanganan sampah karena dapat memicu munculkan gas emisi seperti CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, dan SO<sub>x</sub> serta beberapat partikulat halus yang bisa membahayakan kesehatan pernafasan.

Pengelompokan plastik ada beberapa macam, yaitu *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* merupakan bahan plastik yang elastis, dapat dicairkan dan dibentuk sesuai keinginan. Sedangkan *thermosetting* merupakan bahan plastik yang tidak mudah dicairkan kembali dengan pemanasan jika telah berbentuk bahan padat. Dari kedua sifat tersebut yang paling mudah didaur ulang adalah *thermoplastic*. Tabel 1 adalah pengkodean macam-macam plastik yang mudah didaur ulang untuk mempermudah identifikasi dan penggunaannya.

Tabel 1. Macam-Macam Plastik dan Penerapannya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (polyethylene terephthalate)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (High-density Polyethylene)	botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropylene atau Polypropene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Sumber: Kurniawan dan Nasrun, 2014

## B. Proses Pirolisis

Proses pirolisis merupakan proses pemecahan komposisi secara termokimia dengan proses temperatur tinggi (pemanasan) sedikit atau tanpa oksigen, dimana struktur bahan dipecah menjadi fase gas. Proses pirolisis yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu proses disebut karbonasi. Proses pirolisis disebut juga devolatilisasi yang merupakan proses fraksinasi bahan oleh temperatur. Reaksi pirolisis biasanya dijalankan pada suhu kurang lebih 200°C, pada saat molekul mulai berubah secara *thermal* dan *volatile matters* sampah botol plastik dipecah dan berubah menjadi fase gas dengan molekul lainnya. Hasil pirolisis terdapat 3 (tiga) macam, yaitu fase gas (H<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub>), fase cair berupa cairan hasil pirolisis



### 2.1.2 Tahap Persiapan Bahan

Sampel bahan baku plastik botol bekas air kemasan dipotong dengan ukuran 1-2 cm<sup>2</sup> dan berat sampel 500 gram.

## 2.2 Tahap Penelitian

Tahap penelitian meliputi:

1. Persiapan bahan baku dan reaktor pirolisis.
2. Memasukkan bahan baku sampel plastik botol bekas air kemasan kedalam reaktor pirolisis.
3. Mengatur suhu reaktor sesuai dengan variabel yang ditentukan.
4. Mengatur *timer* untuk setting waktu sesuai dengan variabel.
5. Menampung minyak hasil pirolisis dari plastik botol bekas air kemasan menetes.
6. Melakukan hal yang sama untuk variasi variabel yang berbeda.



Gambar 2. Peralatan Pirolisis Sederhana untuk Pengolahan Botol Plastik Bekas

## 3. Hasil dan Pembahasan

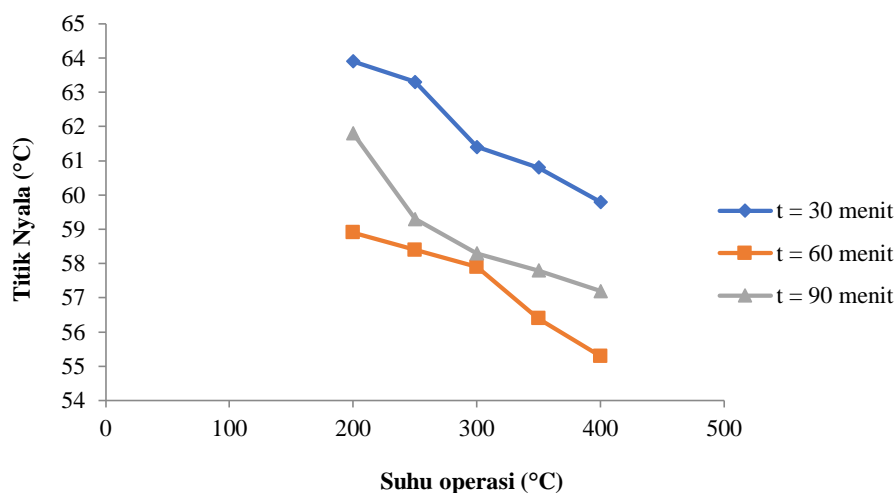
### 3.1 Nilai Kalorimeter Cairan Hasil Pirolisis

Nilai kalor pada penelitian ini diukur menggunakan *Bomb Calorimeter* yang menunjukkan bahwa cairan hasil pirolisis menghasilkan sejumlah kalor dari proses pembakaran menggunakan bahan bakar oksigen/udara. Fungsi lain dari nilai kalor adalah untuk menghitung berapa banyak bahan bakar minyak (BBM) yang terbakar atau terpakai oleh mesin dalam satu waktu. Ada beberapa alat untuk mengukur berapa banyak panas yang dibutuhkan untuk pembakaran, antara lain *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS) dan kalorimeter *bomb* (*bomb calorimeter*). Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk membakar suatu bahan bakar pada satu periode disebut panas pembakaran yang memiliki satuan kkal/kg atau BTU/lb.

Nilai kalor cairan hasil pirolisis dalam penelitian ini dianalisa menggunakan *Bomb Calorimeter* sebesar 10.672 kkal/kg. Hasil kalor yang didapatkan dari sampah botol plastik air kemasan mendekati dengan standart mutu nilai kalor bahan bakar minyak, yaitu 10.160–11.000 kkal/kg (Syafari, 2011).

### 3.2 Perbandingan *Flash Point* terhadap Variabel Pirolisis

*Flash Point* adalah temperatur dimana fraksi akan menguap dan menimbulkan api bila terkena percikan api dan kemudian mati dengan sendirinya dengan rentan waktu yang cepat. Hal ini disebabkan karena dalam kondisi tersebut belum mampu untuk membuat bahan bakar bereaksi dan menghasilkan api yang kontinyu. Titik ini ditunjuk sebagai salah satu indikator bahaya kebakaran (keamanan awal). *Flash point* juga untuk penanganan keamanan penyimpanan BBM dan pengujiannya menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* (Caglar dan Aydinli, 2009). Gambar 3 menunjukkan perbandingan antara temperatur dan waktu proses pirolisis sebagai variabel terhadap *flash point* pada cairan hasil pirolisis untuk sampah botol plastik bekas minuman.



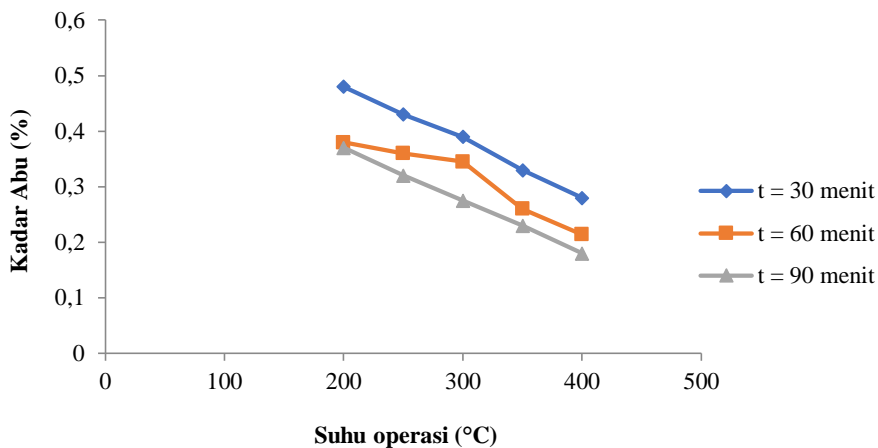
Gambar 3. Perbandingan *Flash Point* terhadap Variabel Pirolisis

Dalam Gambar 3 dapat dilihat bahwa *flash point* tertinggi pada 63,9°C pada variabel 200°C 30 menit dan *flash point* terendah pada 55,3°C pada variabel 400°C 60 menit. Hal ini terjadi karena semakin banyak komposisi air didalam cairan hasil pirolisis akan menyebabkan api akan semakin cepat menyulut dan mengakibatkan temperatur pirolisis semakin tinggi.

Tingginya temperatur pirolisis menunjukkan kandungan air dalam minyak semakin sedikit, sehingga *flash point* yang dihasilkan semakin kecil dan api tidak mudah untuk tersulut (Tjokrowisastro, 1990).

### 3.3 Perbandingan % Kadar *Ash* terhadap Variabel Pirolisis

Pembakaran selalu menghasilkan residu sisa yang disebut abu (*ash*) yang berupa zat organik biasanya karbon. Jumlah *ash* dapat menunjukkan jumlah residu yang terdapat di bahan bakar dan sebagai sifat fisika bahan yang dinyatakan dalam persen (%) dan dihitung berdasarkan berat daripada residu yang dihasilkan diatas berat kering residu. Gambar 4 analisa cairan hasil pirolisis sampah botol plastik bekas minuman yang menunjukkan perbandingan variabel pirolisis terhadap % *ash*.



Gambar 4. Perbandingan Variabel Pirolisis terhadap % Ash

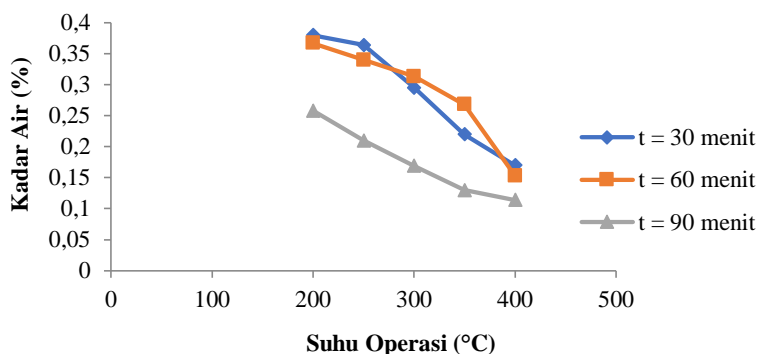
Dalam Gambar 4 dapat dilihat % ash tertinggi pada variabel 200°C waktu reaksi 30 menit yaitu 0,48% dan % ash terendah pada variabel 400°C waktu reaksi 90 menit yaitu 0,18%.

Semakin meningkatnya jumlah residu yang dihasilkan di proses pembakaran bahan bakar menunjukkan proses pengolahannya kurang tepat dan efisien. Jumlah residu yang terkandung di bahan bakar biasa ditunjukkan dengan % kadar ash (abu). Kadar ash (abu) juga sebagai parameter nilai dari suatu bahan.

Hasil analisa % kadar ash (abu) dalam penelitian ini terbilang masih tinggi dan belum memenuhi standar mutu bahan bakar minyak. Standar mutu kadar ash (abu) terhadap bahan bakar minyak di Indonesia 0,03–0,7 % (Tjokrowisastro, 1990).

### 3.4 Perbandingan Kadar Air terhadap Variabel Pirolisis

Kadar air adalah sifat fisika dari suatu bahan yang menunjukkan jumlah kandungan air yang ada dalam bahan bakar. Untuk menentukan atau menganalisa kadar air memiliki tujuan untuk menunjukkan jumlah air dalam persen pada sampel produk. Gambar 5 menunjukkan hasil analisa kadar air untuk cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman.



Gambar 5. Perbandingan Kadar Air terhadap Variabel Pirolisis

Dapat dilihat dalam Gambar 5 bahwa kadar air dalam cairan hasil pirolisis sampah botol plastik bekas minuman semakin turun, kadar air tertinggi pada variabel 200°C 30 menit adalah



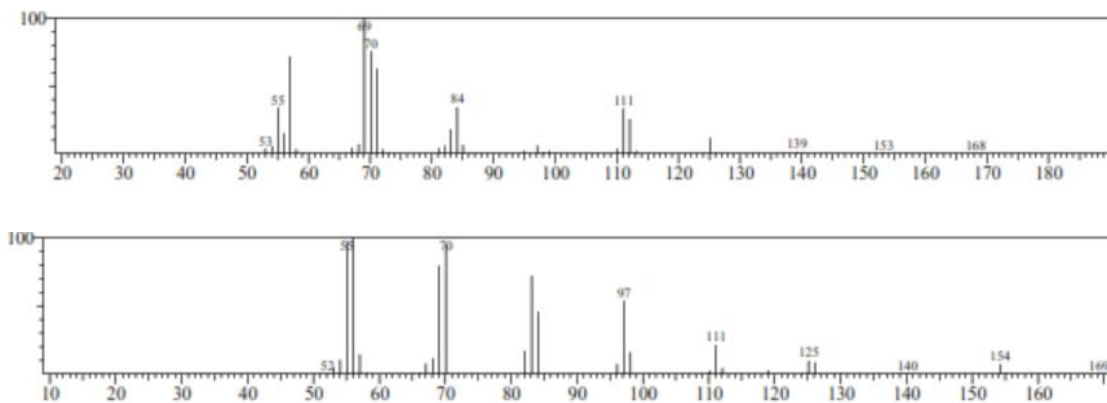
0,38%, sedangkan kadar air terendah di variabel 400°C waktu reaksi 90 menit adalah 0,11%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air yang didapatkan berbanding terbalik dengan suhu pirolisis.

Semakin tinggi suhu, maka makin banyak air yang hilang sehingga menyebabkan kadar airnya semakin menurun. Mutu bahan bakar dikatakan semakin baik apabila kadar air yang terdapat dalam bahan bakar semakin kecil, karena air merupakan salah satu penyebab keausan di sistem pompa bahan (Tjokrowisastro, 1990).

### 3.5 Pengujian terhadap Komposisi Kimia Cairan Hasil Pirolisis

Cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman yang telah didistilasi kemudian menggunakan alat *Gas Cromatografy-Mass Spektrofotometer* (GC-MS) dalam menganalisa komponen kimia yang terkandung didalamnya. Analisa GC-MS menunjukkan beberapa senyawa kimia dari cairan hasil pirolisis dan dari analisa menunjukkan 10 komposisi tertinggi pada Cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman.

Hasil analisa GC-MS terhadap cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman ditunjukkan dalam Gambar 6 dan komposisinya ditunjukkan dalam Tabel 2.



Gambar 6. Hasil Analisa GC-MS dari Cairan Hasil Pirolisis dari Sampah Botol Plastik Bekas Minuman

Pengujian GC-MS dari cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman pada Gambar 6 menunjukkan hasil yang signifikan. Dimana komponen yang terdapat dalam cairan hasil pirolisis sangat banyak. Komposisinya yang tertinggi antara lain 26,97% mol  $C_{11}H_{24}O$ ; 26,92% mol  $C_{11}H_{24}$  dan 15,75% mol  $C_{14}H_{26}O_2$ .

Tabel 2. Hasil Pengujian GC-MS dari Cairan Hasil Pirolisis dari Sampah Botol Plastik Bekas Minuman

Peak	% Mol	Nama	Formula	Berat Molekul
1	26,97	<i>1-Undecanol</i>	$C_{11}H_{24}$	154
2	26,92	<i>Undecane</i>	$C_{11}H_{24}O$	172
3	15,75	<i>Isodecyl Methacrylate</i>	$C_{14}H_{26}O_2$	226



Peak	% Mol	Nama	Formula	Berat Molekul
4	7,62	<i>1-Heptanol-2,4 Diethyl</i>	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O	172
5	4,776	<i>Dedocane</i>	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	176
6	4,184	<i>1-Decocacol</i>	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	186
7	4,04	<i>1-Tetradecene</i>	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub>	196
8	3,85	<i>2-Iso propyl-5 Methyl-1 Heptanol</i>	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O	172
9	2,97	<i>1-Tetradecanol</i>	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub> O	214
10	2,92	<i>1-Pentadecene</i>	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	210

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Cairan hasil pirolisis dari sampah botol plastik bekas minuman memiliki nilai kalor sebesar 10.672 kkal/Kg.
2. *Flash point* tertinggi pada 63,9°C variabel 200°C 30 menit dan *flash point* terendah pada 55,3°C variabel 400°C 60 menit. Fenomena terjadi jika suhu proses pirolisis semakin tinggi, maka api akan semakin cepat menyulut.
3. % Kadar *ash* yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu bahan bakar, yaitu tertinggi 0,48% pada variabel 200°C 30 menit dan % *ash* terendah 0,18% pada variabel 400°C 90 menit.
4. Kadar air tertinggi, yaitu 0,38% pada variabel 200°C 30 menit dan terendah sebesar 0,11% pada variabel 400°C 90 menit. Semakin rendah kadar air yang didapatkan, maka semakin tinggi temperatur proses pirolisisnya.

#### Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat (DPRM) Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan atas pendanaan penelitian dosen pemula (PDP).

#### DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, A. R. 2012. Pemanfaatan Limbah Padat (Plastik) sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Pengganti Bensin. *Jurnal Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jatim*, 2012.
- Caglar, A., and Aydinli, B. 2009. Isothermal Co –Pyrolysis of Hazelnut Shell and Ultra High Molecular Weight Polyethylene: The Effect of Temperature and Composition on the Amount of Pyrolysis Products. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 86: 304-309.
- Himawanto, D. A., Indarto., Saptoadi, H., dan Rohmat, T. A. 2011. Karakteristik dan Pendekatan Kinetika Global pada Pirolisis Lambat Sampah Kota Terseleksi. *Reaktor*, 13(3):140147.
- Kurniawan, E., dan Nasrun. 2014. Karakterisasi Bahan Bakar dari Sampah Plastik Jenis *High Density Polyethelene* (HDPE) dan *Low Density Polyethelene* (LDPE). *Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL*, Vol 3, No 2, pp. 41-52.
- Puspita. 2013. *Informasi Energi Indonesia*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN Veteran, Jatim.

- Rodiansono, Trisunaryanti,W., dan Triyono. 2007. *Pembuatan dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik menjadi Fraksi Bensin*, Berkala MIPA, 17, 2.
- Syafari, 2011. *Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Metode Transesterifikasi*, Skripsi Jurusan Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh, Aceh.
- Syafitri, C. 2001. *Analisis Aspek Sosial Ekonomi Pemanfaatan Limbah Plastik*, Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Tjokrowisastro, E. H. 1990. *Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar*, Diktat ITS-Surabaya.
- Wahyudi, I. 2001. *Pemanfaatan Blotong menjadi Bahan Bakar Cair dan Arang dengan Proses Pirolisis*. Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN “Veteran” Jatim.