

Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif

¹Badrul Wajdi, ²Safiruddin, ³Baiq Aryani Novianti, ⁴Laxmi Zahara

^{1,2,3,4}Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Hamzanwadi, NTB, Indonesia

Email Korespondensi: badrulwajdi82@gmail.com

Article Info	Abstract
<p>Article History Received: 26 Mei 2020 Revised: 24 June 2020 Published: 30 June 2020</p> <p>Keywords Plastic waste; fuel oil; pyrolysis; alternative energy</p>	<p>The purpose of this study is to process plastic waste into fuel with pyrolysis method as an alternative energy and reprocessing pyrolysis gas as an energy source. The research method used is experiment. The research data were analyzed by observing directly the results of the experiments, then concluding and determining the results of research that had been carried out using multiple regression analysis techniques. The parameters observed in this study were reactor temperature, pyrolysis time, and plastic oil density. The pyrolysis of plastic waste uses PolyPropylene type waste and High Density PolyEthylene type plastic waste. The results showed that most pyrolysis oils from polyPropylene and High Density PolyEthylene plastic waste were obtained at an operating temperature of 3000 C totaling 110 ml and 145 ml. The fastest time of PolyPropylene plastic pyrolysis process is 60 minutes with an oil density value of 818.181 kg / m³ and High Density PolyEthylene plastic is 30 minutes with an oil density value of 714,285 kg / m³ and 551,728 kg / m³. The density of pyrolysis oil in PolyPropylene plastic is close to the density of ethanol and diesel fuel, 777,777 kg / m³ and 818,181 kg / m³, respectively. Whereas in the High Density PolyEthylene plastic the density value approaches gasoline fuel is 714,285 kg / m³. Data of multiple regression analysis on PolyPropylene and High Density PolyEthylene plastics indicate that temperature, pyrolysis time and density have a very strong relationship and influence each other.</p>
Informasi Artikel	Abstrak
<p>Sejarah Artikel Diterima: 26 Mei 2020 Direvisi: 24 Juni 2020 Dipublikasi: 30 Juni 2020</p> <p>Kata kunci Sampah Plastik; Bahan bakar minyak; pirolisis; energi alternatif</p>	<p>Tujuan penelitian ini untuk mengolah sampah plastik menjadi BBM dengan metode pirolisis sebagai energi alternatif dan mengolah kembali gas hasil pirolisis sebagai sumber energi. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen. Data hasil penelitian dianalisis dengan cara mengamati secara langsung hasil eksperimen, kemudian menyimpulkan dan menentukan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan teknik analisis regresi berganda. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah suhu reaktor, waktu pirolisis, dan densitas minyak plastik. Pirolisis sampah plastik ini menggunakan sampah jenis PolyPropylene dan sampah plastik jenis High Density PolyEthylene. Hasil penelitian menunjukkan minyak hasil pirolisis terbanyak dari sampah plastik PolyPropylene dan High Density PolyEthylene diperoleh pada suhu operasi 300⁰ C sebanyak 110 ml dan 145 ml. Waktu tercepat proses pirolisis plastik PolyPropylene adalah 60 menit dengan nilai densitas minyak sebesar 818,181 kg/m³ dan plastik High Density PolyEthylene adalah 30 menit dengan nilai densitas minyak sebesar 714,285 kg/m³ serta 551,728 kg/m³. Densitas minyak hasil pirolisis pada plastik PolyPropylene mendekati densitas bahan bakar etanol dan solar masing-masing 777,777 kg/m³ dan 818,181 kg/m³. Sedangkan pada plastik High Density PolyEthylene nilai densitas mendekati bahan bakar bensin sebesar 714,285 kg/m³. Data analisis regresi berganda pada plastik PolyPropylene dan High Density PolyEthylene menunjukkan bahwa suhu, waktu pirolisis dan densitas memiliki hubungan yang sangat kuat dan saling mempengaruhi satu sama lain.</p>

Sitasi: Wajdi, B., Safiruddin, S., Novianti, B.A., Zahara, L. (2020). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif. *Kappa Journal*, 4(1), 100-112.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi atau tidak dapat digunakan lagi. Sampah yang paling banyak dihasilkan oleh manusia adalah sampah plastik. Plastik merupakan salah satu bagian dari polimer. Menurut Hart (dalam Wega Trisunaryanti, 2018:13) menyebutkan bahwa polimer (*poly* = banyak, *meros* = bagian) adalah molekul raksasa yang biasanya memiliki bobot molekul tinggi, dibangun dari pengulangan unit-unit dan akan membentuk rantai yang sangat panjang. Molekul sederhana yang membentuk unit-unit ulangan ini dinamakan monomer, yakni rantai yang paling pendek. Menurut Kumar dkk (dalam Untoro Budi S, 2013: 33) plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Penggunaan plastik sendiri karena memiliki keunggulan-keunggulan dibanding material yang lain diantaranya kuat, ringan, fleksibel, tahan karat, tidak mudah pecah, mudah diberi warna, mudah dibentuk, dan isolator panas yang baik (Reni Hiola dan Nur Ayini S. Lalu, 2017).

Wega Trisunaryanti (2018: 14) menyatakan bahan kemasan plastik disusun melalui proses yang disebabkan polimerisasi dengan menggunakan bahan mentah monomer, yang tersusun sambung-menyambung menjadi satu dalam bentuk polimer. Monomer plastik biasanya terdiri atas beberapa unsur kimia seperti karbon, hidrogen, klor, *flour*, dan sulfur. Ketika terjadi polimerisasi, tiap monomer ini sembung-menyambung dan dapat mencapai ribuan monomer yang tersusun (Maimunah Hindun Pulungan dkk, 2018: 13). Selain itu menurut Mochamad Syamsuro (2015: 48) Plastik adalah salah satu produk turunan dari minyak bumi. Oleh karena itu, plastik mempunyai kandungan energi yang tinggi seperti bahan bakar pada umumnya seperti bensin, solar dan minyak tanah. Menurut Budiyantoro (dalam Sigit Haryadi, 2015: 10-11) Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengangan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel

Disamping keunggulannya, plastik memiliki dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Bagi lingkungan plastik dapat membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing, mengganggu jalur air yang teresap ke dalam tanah, menurunkan kesuburan tanah karena plastik menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah dan ruang gerak makhluk bawah tanah yang mampu menyuburkan tanah, dan jika terbang ke laut maka hewan-hewan laut seperti lumba-lumba, penyu laut, serta anjing laut menganggap plastik sebagai makanan dan akhirnya mati karena tidak dapat mencernanya. Bagi kesehatan, plastik dapat menjadi racun bagi manusia jika kantong plastik bekas dijadikan wadah makanan, dan plastik yang dibakar akan menyebabkan pencemaran udara dan gangguan pernapasan. Dan secara tidak langsung sampah plastik yang terus-menerus digunakan akan menjadi timbunan sampah yang tak terurai. Dari segi ini diketahui bahwa plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit berulang. Rantai tersebut tersusun atas polimer hidrokarbon. Sehingga beberapa ahli mengatakan butuh waktu 50 tahun hingga 100 tahun untuk plastik dapat terurai.

Sampah plastik di Indonesia berada pada posisi kedua di dunia yang dibuang di laut. Berdasarkan pada keterangan Menteri Kelautan dan Perikanan Susi Pudjiastuti menyebutkan bahwa Indonesia merupakan penyumbang sampah plastik terbesar kedua di dunia yang dibuang ke laut. Ia menambahkan, berdasarkan data yang diperoleh dari Asosiasi Industri

Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/ tahun dimana sebanyak 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut (kompas.com, 2018). Melihat kondisi tersebut perlu dilakukan penanganan terhadap sampah plastik baik berupa pembatasan penggunaan plastik hingga daur ulang sampah plastik.

Daur ulang sampah plastik dapat dilakukan dengan berbagai cara mulai dari mengubah sampah plastik menjadi berbagai macam aksesoris hingga kerajinan tangan yang menarik. Bahkan dengan kemajuan ilmu pengetahuan, sampah plastik dapat diubah menjadi bahan bakar minyak (BBM). Mengingat bahwa bahan bakar minyak saat ini telah menjadi bahan energi langka untuk ditemui dan memiliki harga yang mahal. Sehingga daur ulang yang dilakukan dengan mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar mengingat bahwa bahan baku plastik berasal dari turunan minyak bumi, maka plastik dapat dikembalikan menjadi hidrokarbon sebagai bahan dasar energi.

Mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar dilakukan dengan metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses peruraian suatu bahan pada temperatur tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses penguraian ini menggunakan suhu yang tinggi serta tekanan yang rendah. Suhu dan tekanan yang digunakan dapat mencapai 800^oC dan 700 kpa (Wega Trisunaryanti, 2018: 27). Sri Suharti dan Irnia Nurika (2018: 100) menyebutkan bahwa pirolisis merupakan proses degradasi secara termal dari bahan berbasis karbon melalui penggunaan sumber panas eksternal yang tidak langsung. Elizabeth A. Williams dan Paul T. Williams (1997) menjelaskan pirolisis adalah proses daur ulang tersier dan memiliki kemampuan untuk menyediakan tiga produk akhir : gas, minyak, dan arang yang semuanya berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut. Proses pirolisis adalah termasuk *thermal cracking*, yaitu dengan cara memanaskan bahan polimer tanpa oksigen. Proses ini biasanya dilakukan pada temperatur antara 350^oC sampai 900^oC. Dari proses ini akan dihasilkan arang, minyak dari kondensasi gas seperti parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik, serta gas yang memang tidak bisa terkondensasi (Untoro Budi, 2012: 36)

Berdasarkan uraian diatas, maka pirolisis sampah plastik merupakan suatu proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen, di mana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas, minyak, serta residu berupa lilin dan arang. Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar minyak. Proses ini dilakukan dengan menggunakan sebuah alat yang terdiri dari dua komponen utama berupa tabung reaktor yang berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses pemanasan. Dan tabung kondensor yang berfungsi sebagai pendingin yang akan mengubah gas hasil pemanasan menjadi minyak.

Penelitian tentang pengolahan sampah plastik menjadi BBM dengan metode pirolisis telah banyak dilakukan, salah satunya Hendra Prasetyo, Rudhiyanto, dan Ilham Eka pada tahun 2013 dalam jurnal berjudul "Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Alternatif". Mesin ini menggunakan prinsip pirolisis dengan dua kondensor yang disusun secara bertingkat, dimana plastik akan dipanaskan di dalam reaktor yang sumber energi panasnya menggunakan gas LPG. Setelah plastik dipanaskan sampai suhu diatas titik lelehnya, maka akan menjadi uap yang melewati pipa pendingin dan terjadilah proses kondensasi sehingga menghasilkan bahan bakar alternatif. Pengujian pertama yang dilakukan menggunakan botol plastik 1 kg pada suhu 200^oC dalam waktu 25 menit menghasilkan 0,5

liter minyak plastik. Pengujian kedua menggunakan plastik kresek 1 kg pada suhu 300⁰C dalam waktu 30 menit menghasilkan 0,5 liter.

Upaya pengolahan sampah plastik juga dilakukan oleh Sigit Haryadi pada tahun 2015. Dalam penelitian ini proses pirolisis dilakukan dengan menggunakan mesin pompa air untuk mendinginkan gas hasil pirolisis pada tabung kondensor. Tabung kondensor tersebut menggunakan Kondensor *Tipe Double pipe*, yaitu terdapat dua pipa pada kondensor yang berfungsi sebagai jalur gas hasil pirolisis dan jalur air pendingin yang dibuat keluar-masuk menggunakan pompa air. Pompa air tersebut dijalankan menggunakan energi listrik. Penelitian ini menggunakan sampel plastik jenis PP (*Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*) seberat 500 gram yang dipanaskan pada suhu 300⁰ C menggunakan gas LPG dalam waktu 17,5 menit. Hasil penelitian menunjukkan aliran berlawanan arah (*counter flow*) untuk jenis plastik PP hasil minyak sejumlah 360 ml dan untuk jenis plasti HDPE dengan hasil minyak sejumlah 400 ml, sedangkan untuk aliran searah (*parallel flow*) untuk jenis plastik PP hasil minyak 314 ml dan untuk jenis plastik HDPE hasil minyak 363 ml.

Pengolahan sampah plastik metode pirolisis yang sering dijumpai hanya terfokus pada perolehan minyak plastik sebagai energi alternatif, adapun gas hasil pirolisis dibuang begitu saja, padahal gas hasil pirolisis plastik ini masih bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Selain itu, penggunaan pompa air dalam mendinginkan gas hasil pirolisis pada tabung kondensor, membutuhkan energi listrik agar pompa dapat bekerja. Sebagaimana diketahui bahwa bahan energi pada saat ini telah menjadi sumber energi langka untuk digunakan.

Berdasarkan pada uraian di atas peneliti akan melakukan pengolahan sampah plastik yang ekonomis dan ramah energi. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan kembali gas hasil pirolisis sampah plastik sebagai sumber energi dalam memanaskan tabung reaktor. Proses yang dilakukan dengan membuat tabung atau wadah yang dapat memisahkan gas dan cairan pirolisis. Pada tabung atau wadah tersebut, gas dan cairan tidak keluar secara bersamaan, melainkan cairan disimpan didalam tabung tertutup dan gas pirolisis dibiarkan keluar. Gas yang keluar tersebut akan dimanfaatkan kembali dalam memanaskan tabung reaktor. Adapun sumber energi utama yang digunakan dalam memanaskan tabung reaktor menggunakan gas LPG dan gas sisa hasil pirolisis yang tidak dapat terurai. Penggunaan gas sisa pirolisis untuk membatasi penggunaan bahan bakar. Selain itu dengan metode pirolisis ini sampah plastik akan lebih cepat terurai tanpa harus menunggu 50 tahun hingga 100 tahun lagi.

METODE

Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember tahun 2019 sampai dengan bulan Januari tahun 2020 di Laboratorium Fisika, FMIPA Universitas Hamzanwadi.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Neraca/timbangan, digunakan untuk mengukur massa sampah plastik dan untuk mengetahui massa minyak pirolisis yang dihasilkan.
2. Gelas Ukur, digunakan untuk mengukur cairan/minyak hasil pirolisis.
3. Stopwatch, digunakan untuk mengatur waktu pengolahan sampah plastik selama proses pirolisis.
4. Kompor, digunakan untuk memanaskan tabung reaktor.

Adapun Bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

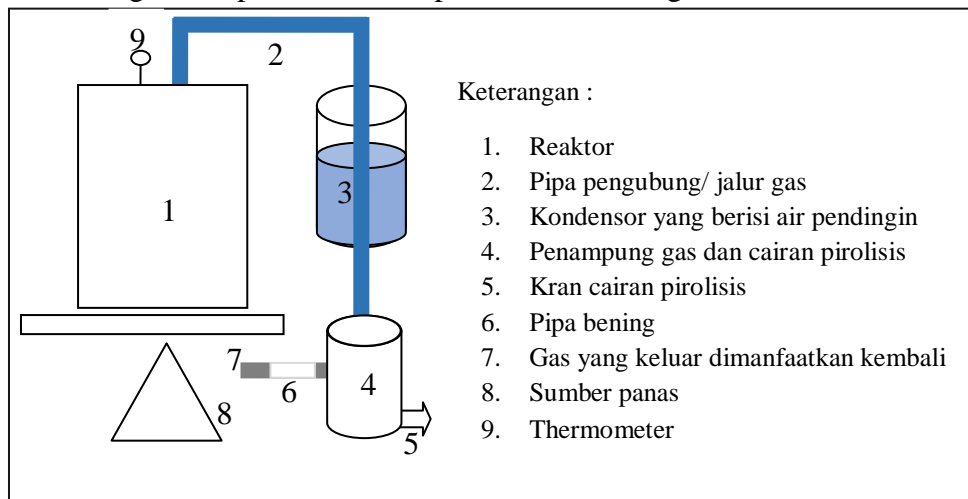
1. Sampah plastik jenis PP dan HDPE, sebagai sampel dalam pengolahan sampah metode pirolisis.
2. Air, sebagai pendingin dalam tabung kondensor.

3. Gas LPG, sebagai sumber bahan bakar dalam memanaskan reaktor.

Penelitian ini dilakukan dengan prosedur :

1. Perancangan Alat Pirolisis

Perancangan alat pirolisis dalam penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 1 Skema Peralatan Penelitian

2. Menyiapkan Alat dan Bahan

Penyiapan alat dan bahan dilakukan sebagai berikut :

- a. Memisahkan sampah plastik berdasarkan jenisnya yaitu PP dan HDPE
- b. Membersihkan sampah plastik PP dan HDPE.
- c. Mencacah/ memotong kecil-kecil sampah plastik PP dan HDPE.

3. Proses Pirolisis

Proses pirolisis pada penelitian ini dimulai saat sampah plastik dimasukkan kedalam reaktor kemudian dipanaskan pada suhu 100°C , 150°C , 200°C , 250°C dan 300°C dan dikontrol menggunakan thermometer agar suhu selalu stabil. Reaktor diisi dengan sampah plastik berjenis PP dan HDPE dengan massa 0,5 kg. Setelah sampah telah dimasukkan, lamanya proses pirolisis dihitung menggunakan stopwatch.

Berdasarkan pada Gambar 1 sampah plastik yang berada didalam reaktor akan meleleh kemudian mengeluarkan gas pirolisis. Gas pirolisis mengalir pada pipa penghubung untuk didinginkan pada tabung kondensator yang berisi air. Pada kondensator gas pirolisis akan mengalami perubahan wujud dari gas menjadi cair. Cairan inilah yang akan tertampung pada tabung tampungan. Adapun gas hasil pirolisis yang tidak dapat berubah wujud akan ikut tertampung pada tabung tampungan untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber panas reaktor. Berakhirnya proses pirolisis ditandai dengan tidak dihasilkannya gas. Gas ini dapat dilihat dari pipa bening.

Teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling utama dalam penelitian, karena tujuan dari penelitian adalah mendapatkan data. Untuk mendapatkan data dan diolah maka yang dilakukan adalah mengamati proses pirolisis dan dilakukan pengujian fisik yaitu:

1. Densitas minyak pirolisis

Densitas minyak pirolisis diukur secara manual yaitu dengan cara menimbang massa minyak menggunakan neraca dan mengukur volume menggunakan gelas ukur, kemudian densitas dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$D = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

D = Densitas minyak pirolisis (kg/l)

m = Massa minyak pirolisis (kg)

v = Volume minyak pirolisis (l)

2. Waktu Pirolisis

Waktu pirolisis merupakan lamanya proses pirolisis yang berlangsung untuk mengolah sampah plastik menjadi minyak pirolisis. Lamanya proses pirolisis dihitung menggunakan stopwatch dari mulai pemanasan reaktor yang berisi sampah plastik hingga berakhirnya proses pirolisis yang ditandai dengan tidak dihasilkannya gas.

Dalam penelitian ini digunakan teknik analisis data secara statistik. Teknik statistik yang digunakan adalah *analisis regresi ganda*. Analisis regresi ganda digunakan untuk mencari hubungan antara beberapa variabel. Menurut Hartono (2008: 164) menjelaskan bahwa regresi ganda berguna untuk mencari hubungan fungsional dua variabel prediktor atau lebih terhadap variabel kriteriumnya, atau untuk meramalkan dua variabel prediktor atau lebih terhadap variabel-variabel kriteriumnya.

Untuk n prediktor : $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 \dots + b_nX_n$

Adapun rumus yang dipakai disesuaikan dengan jumlah variabel yang diteliti. Dalam penelitian ini digunakan *persamaan regresi untuk dua prediktor* karena dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yaitu perhitungan nilai Y untuk setiap perhitungan nilai X_1 dan X_2 . Dimana perhitungan yang dilakukan untuk melihat sejauh mana hubungan sebab akibat antara variabel Y (suhu reaktor), X_1 (lama pirolisis) dan X_2 (densitas) yang akan saling mempengaruhi. Berikut adalah persamaan garis dua prediktor.

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Keterangan :

Y = Variabel respon atau variabel akibat

X_1 = Variabel prediktor 1

X_2 = Variabel prediktor 2

a = Konstanta

b_1 = Konstanta regresi (kemiringan) 1, besaran respon yang ditimbulkan oleh prediktor

b_2 = Koefisien regresi (kemiringan) 2, besaran respon yang ditimbulkan oleh prediktor

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

Berikut adalah data hasil penelitian inovasi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM) dengan metode pirolisis sebagai energi alternatif. Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah bahan bakar minyak yang terbuat dari sampah plastik. Variasi pengolahan sampah plastik menjadi BBM dengan menggunakan variasi jenis plastik PP (*Polypropylene*) dari plastik air mineral kemasan gelas dan HDPE (*High Density Polyethylene*) dari kantong plastik.

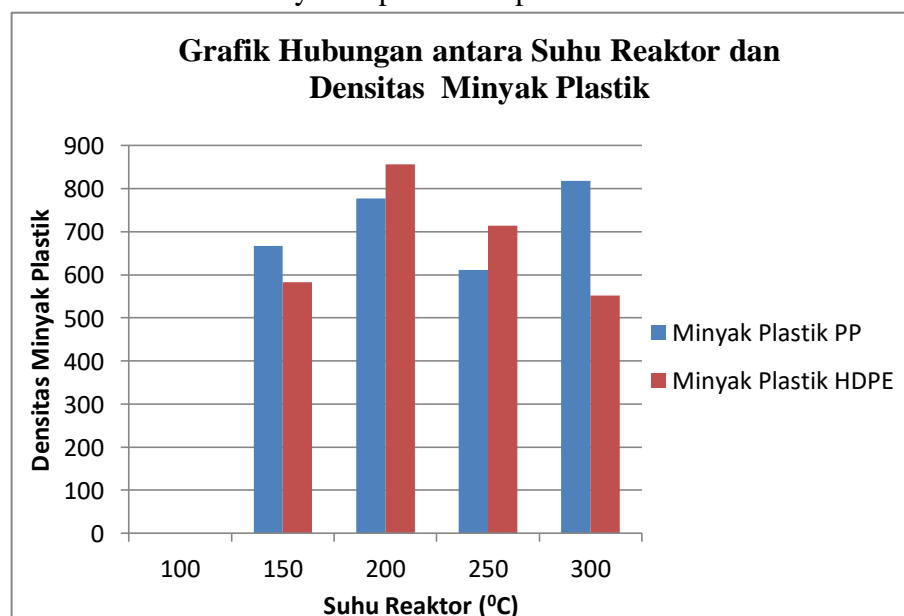
Pada proses pengolahan sampah plastik menjadi BBM ini, ada beberapa parameter yang harus diamati guna untuk menghasilkan bahan bakar minyak yang berkualitas, parameter tersebut yaitu; Suhu reaktor, waktu pirolisis, dan densitas minyak. Adapun data hasil penelitian disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Data Hasil Pengamatan Proses Pirolisis Sampah Plastik

No.	Suhu Reaktor (°C)	Plastik PP		Plastik HDPE	
		Waktu Pirolisis (menit)	Densitas (kg/l)	Waktu Pirolisis (menit)	Densitas (kg/l)
1	100	130	0	120	0
2	150	120	666,666	100	583,333
3	200	100	777,777	50	857,142
4	250	100	611,111	30	714,285
5	300	60	818,181	30	551,724

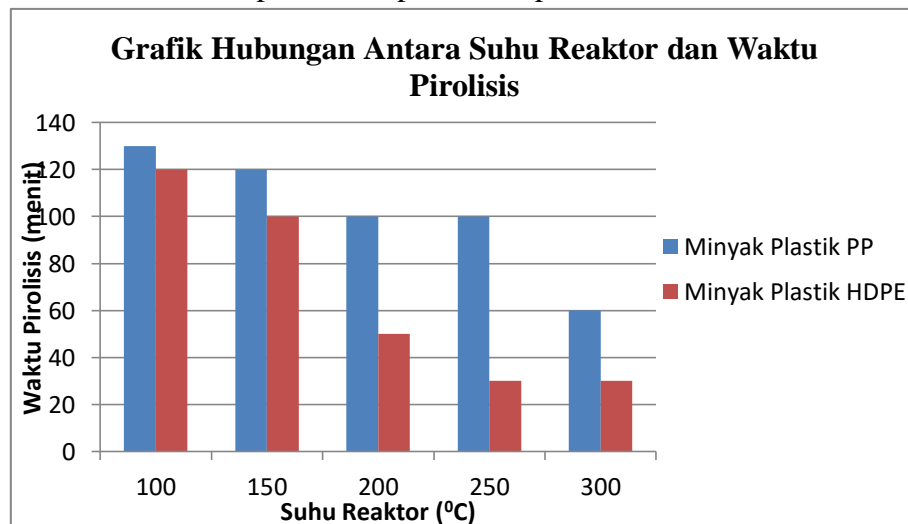
Berdasarkan data hasil penelitian pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa pada plastik PP didapatkan densitas minyak hasil pirolisis mendekati densitas etanol yaitu 777,777 kg/m³ diperoleh pada suhu 200⁰C dengan waktu pirolisis 100 menit dan solar yaitu 818,181 diperoleh pada suhu 300⁰C dengan waktu pirolisis 60 menit. Sementara minyak hasil pirolisis plastik HDPE yang mendekati nilai densitas bensin yaitu 714,285 kg/m³ pada suhu 250⁰C dengan waktu pirolisis 30 menit.

Untuk melengkapi penjelasan data diatas, maka disajikan Gambar grafik hubungan antara suhu reaktor dan densitas minyak dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah.



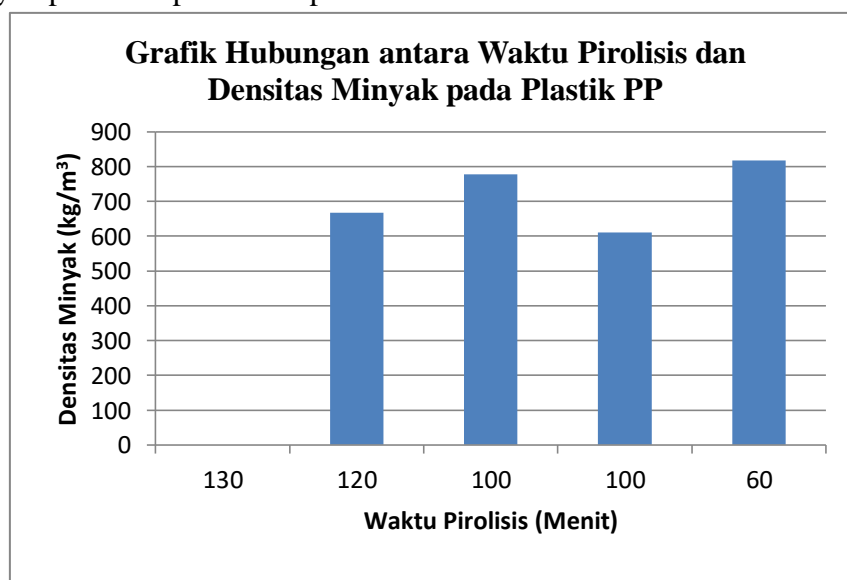
Gambar 2. Grafik Hubungan antara Suhu Reaktor dan Densitas Minyak Plastik

Pada gambar grafik di atas, terlihat perolehan nilai densitas minyak plastik yang berbeda pada setiap suhu, nilai densitas mengalami peningkatan hingga suhu 200°C baik pada plastik PP maupun LDPE, namun pada suhu 250°C sampai dengan 300°C nilai densitas tidak teratur. Dimana nilai densitas tertinggi untuk plastik PP pada suhu 300°C sebesar $818,181\text{ kg/m}^3$ dan densitas minyak terendah pada suhu 250°C sebesar $611,111\text{ kg/m}^3$. sedangkan pada plastik HDPE perolehan densitas tertinggi pada suhu 200°C sebesar $857,142\text{ kg/m}^3$ dan densitas terendah pada suhu 300°C sebesar $551,728\text{ kg/m}^3$. Untuk gambar grafik hubungan antara suhu reaktor dan waktu pirolisis dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.

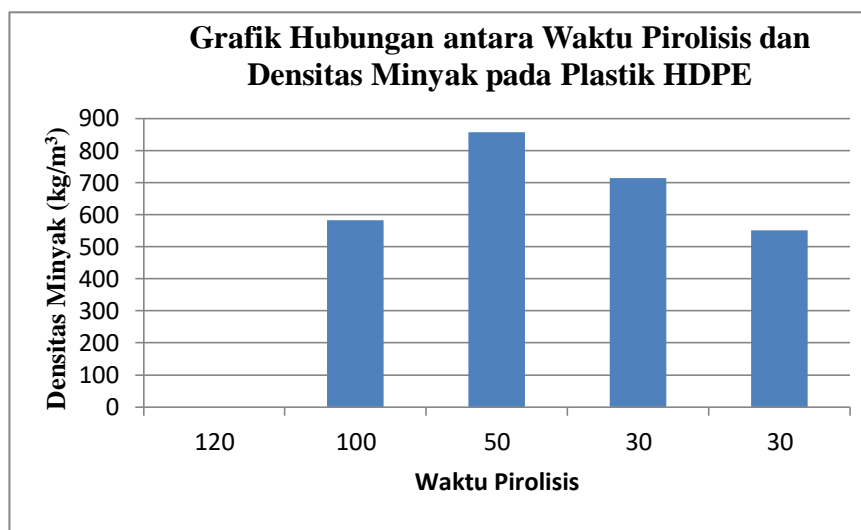


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Suhu Reaktor dan Waktu Pirolisis

Pada gambar grafik diatas, menunjukkan bahwa waktu pirolisis semakin cepat setiap kenaikan suhu, dengan perolehan waktu tercepat untuk plastik PP dan HDPE berada pada suhu 300°C dengan waktu 60 menit dan 30 menit dan untuk waktu terlama pada suhu 100°C dengan waktu 130°C dan 120°C . Untuk gambar grafik hubungan antara waktu pirolisis dan densitas minyak plastik dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Waktu Pirolisis dan Densitas Minyak pada Plastik PP



Gambar 5 Grafik Hubungan antara Waktu Pirolisis dan Densitas Minyak pada Plastik HDPE

Pada kedua gambar diatas, diketahui bahwa lamanya waktu pirolisis berbeda pada setiap nilai densitas minyak plastik, dimana waktu pirolisis terlama dari plastik PP dan LDPE berada pada waktu 130 menit dan 120 menit dengan nilai densitas plastik PP dan HDPE senilai 0 kg/m³. Sedangkan waktu tercepat pirolisis untuk plastik PP adalah 60 menit dengan densitas minyak sebesar 818,181 kg/m³ dan waktu untuk plastik HDPE adalah 30 menit sebesar 714,285 kg/m³ serta 551,728 kg/m³.

2. Pembahasan

a. Suhu Reaktor

Suhu reaktor menunjukkan drajat panas pada tabung reaktor. Suhu reaktor diukur menggunakan thermometer analog. Berdasarkan pada penelitian yang telah dilaksanakan, suhu pada tabung reaktor diperoleh dari panas kompor menggunakan energi panas dari gas LPG dan gas sisa hasil pirolisis. Suhu reaktor sangat bergantung pada sumber panas, semakin tinggi sumber panas maka suhu reaktor pun akan naik. Suhu reaktor sangat mempengaruhi minyak plastik yang dihasilkan, karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak minyak plastik yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan oleh Tabel 3 bahwa terjadi kenaikan volume minyak.

Tabel 3 Data Hasil Pengamatan Suhu Reaktor dan Volume Minyak Plastik

Suhu (°C)	Volume Minyak Plastik (ml)	
	Plastik PP	Plastik HDPE
100	0	0
150	15	24
200	45	70
250	90	70
300	110	145

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa pada suhu 100°C pada plastik PP dan HDPE tidak menghasilkan minyak. Hal ini disebabkan oleh plastik tidak mengalami fase lebur atau titik lebur (T_m) baik plastik PP maupun HDPE. Dimana titik lebur plastik PP dan HDPE adalah 168°C dan 138°C. Sehingga untuk menghasilkan minyak, sebaiknya plastik

dipanaskan diatas titik leburnya agar dapat mengalami proses dekomposisi. Dekomposisi adalah keadaan dimana plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami penguraian. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul (Budiyantoro (dalam Sigit Haryadi, 2015: 10-11)). Proses dekomposisi inilah yang menyebabkan volume minyak selalu meningkat tiap kenaikan suhu. Dimana plastik dengan massa 0,5 kg yang memiliki ribuan monomer yang tersusun sambung menyambung, mengalami penguraian struktur polimer yang lebih pendek pada suhu yang sangat tinggi.

Selain itu, pada suhu 100⁰C gas sisa hasil pirolisis yang dimanfaatkan untuk memanaskan reaktor sedikit mengandung bahan bakar, karena plastik tidak mengalami penguraian serta ketika gas dibakar nyala api sedikit dan sering kali mati. Bahkan, residu atau arang plastik sisa pemanasan tidak banyak mengalami perubahan. Sebagaimana sifat plastik PP dan HDPE yaitu, kuat, keras semi fleksibel, dan permukaan berkilin masih sama dengan keadaan setelah dipanaskan. Dimana residunya sulit untuk dibersihkan dan permukaan residu berkilin serta berongga pada plastik HDPE.

Pada gas sisa hasil pirolisis yang dimanfaatkan kembali diketahui bahwa, api akan semakin besar menyala ketika suhu reaktor semakin meningkat dan berwarna biru. Pemanfaatan kembali gas sisa hasil pirolisis lebih ekonomis karena penggunaan bahan bakar gas LPG dalam memanaskan tabung reaktor dapat diminimalisirkan.

b. Waktu Pirolisis

Waktu pirolisis merupakan lamanya proses pirolisis yang berlangsung untuk mengolah sampah plastik menjadi minyak pirolisis. Lamanya proses pirolisis dihitung menggunakan stopwatch dari mulai pemanasan reaktor yang berisi sampah plastik hingga berakhirnya proses pirolisis yang ditandai dengan tidak dihasilkannya gas. Pada gambar 3 grafik hubungan antara suhu dan waktu pirolisis diketahui bahwa semakin tinggi suhu pada tabung reaktor maka waktu yang dibutuhkan untuk proses pirolisis akan semakin cepat.

Lamanya proses pirolisis juga bergantung pada keadaan ruangan sekitar tempat proses pirolisis, seperti angin yang bertiup kencang akan mengganggu nyala api pada kompor, yang akan menyebabkan suhu pada tabung reaktor terganggu. Karena, ketika suhu pada tabung reaktor tidak stabil maka akan mempengaruhi volume minyak menjadi sedikit dan waktu pirolisis menjadi lama. Selain itu, sebaiknya pada saat memanaskan tabung reaktor menggunakan kompor yang memiliki nyala api yang besar agar waktu proses pirolisis lebih cepat.

c. Densitas Minyak

Densitas minyak pirolisis merupakan perbandingan antara massa minyak plastik (kg) dengan volume minyak plastik (m³). Berikut adalah data tabel hasil densitas minyak plastik.

Tabel 4 Data Hasil Densitas Minyak Plastik

Suhu (⁰ C)	PP			HDPE		
	Massa Minyak (gr)	Volume Minyak (ml)	Densitas Minyak (kg/m ³)	Massa Minyak (gr)	Volume Minyak (ml)	Densitas Minyak (kg/m ³)
100	0	0	0	0	0	0
150	10	15	666,666	14	24	583,333
200	35	45	777,777	60	70	857,142
250	55	90	611,111	50	70	714,285

300	90	110	818,181	145	80	551,724
-----	----	-----	---------	-----	----	---------

Berdasarkan data tabel diatas dapat dijelaskan sebagai berikut.

1) Massa Minyak

Berdasarkan massa minyak plastik pada plastik PP diketahui semakin tinggi suhu pirolisis maka perolehan massa minyak akan semakin tinggi. Namun pada plastik HDPE nilai massa minyak tidak teratur. Hal ini disebabkan karena pada saat penelitian sumber panas pada tabung reaktor terganggu oleh tiupan angin. Sehingga seringkali api menjadi padam. Sehingga mempengaruhi kualitas dari massa minyak plastik.

2) Volume Minyak

Berdasarkan data tabel volume minyak diatas, diketahui bahwa semakin tinggi suhu maka perolehan volume minyak semakin meningkat baik pada plastik PP maupun HDPE.

Ditiap kenaikan suhu, pada plastik PP diperoleh kenaikan volume yang lebih sedikit dibandingkan plastik HDPE. Hal ini disebabkan oleh perbedaan sifat leleh dan fase lebur antara kedua jenis plastik tersebut. Pada plastik PP, akan lebur (T_m) pada suhu 168°C . Sedangkan plastik HDPE memiliki sifat lebur yang lebih rendah, yaitu pada suhu 138°C .

Berdasarkan data diatas, volume minyak yang didapatkan sedikit, ada banyak faktor yang mempengaruhi volume minyak plastik, diantaranya massa sampah plastik sebelum dipanaskan, melihat bahwa sampah plastik yang diolah masing-masing sebesar 0,5 kg pada plastik PP dan LDPE. Massa plastik yang akan diolah sangat mempengaruhi banyak atau sedikitnya minyak plastik yang akan dihasilkan.

Volume minyak yang sedikit, disebabkan pula oleh tabung reaktor yang tidak tertutup rapat atau terdapat celah kebocoran pada bagian bawah tabung. Sehingga, ada gas yang terbuang begitu saja, tanpa melalui proses kondensasi. Kebocoran tabung reaktor karena besi pada tabung memiliki lapisan yang tipis sehingga, mudah bocor terutama ketika membersihkan residu plastik di dalam reaktor.

Faktor lainnya disebabkan oleh suhu pada kondensor. Dimana suhu air harus rendah. Sehingga pada penelitian ini dibutuhkan 2 sampai 3 kali untuk mengganti air pada kondensor agar tetap dingin. Hal ini dimaksudkan agar pada saat proses pirolisis gas hasil pirolisis akan lebih mudah terkondensasi dan hasil minyak akan lebih banyak dan jernih.

Minyak plastik hasil pirolisis memiliki dua lapisan setelah didiamkan berapa saat. Pada lapisan atas merupakan bahan bakar minyak yang jernih, sedangkan pada bagian bawah bahan bakar minyak yang keruh. Pada bagian bawah yang keruh merupakan kotoran, air, dan material plastik yang ikut terbawa saat proses penguapan gas. Selain itu, minyak hasil pirolisis memiliki bau yang lebih menyengat dibandingkan bahan bakar minyak pada umumnya.

3) Densitas Minyak (kg/m^3)

Densitas minyak plastik pada tabel diatas menunjukkan bahwa pada plastik PP yang mendekati densitas bahan bakar minyak adalah $777,777 \text{ kg}/\text{m}^3$ pada suhu 200°C dengan densitas yang mendekati bahan bakar etanol ($789 \text{ kg}/\text{m}^3$) memiliki selisih sebesar $11,223 \text{ kg}/\text{m}^3$ dan $818,181 \text{ kg}/\text{m}^3$ pada suhu 300°C dengan densitas yang mendekati bahan bakar solar ($832 \text{ kg}/\text{m}^3$) memiliki selisih sebesar $13,819 \text{ kg}/\text{m}^3$. Diantara data densitas pada Plastik PP, kedua densitas ini saja yang mendekati nilai densitas bahan bakar pada umumnya.

Pada plastik HDPE yang mendekati densitas bahan bakar minyak adalah 714,285 pada suhu 250⁰C dengan densitas yang mendekati densitas bensin (710 kg/m³- 770 kg/m³). Densitas pada plastik HDPE, hanya satu yang mendekati nilai densitas bahan bakar pada umumnya. Sedangkan yang lain memiliki selisih yang sangat jauh dengan nilai densitas bahan bakar pada umumnya. Walaupun bahan bakar minyak yang lainnya tidak mendekati nilai densitas bahan bakar pada umumnya. Minyak plastik hasil pirolisis pada penelitian ini masih bisa digunakan sebagai energi alternatif. Karena, pada saat diuji bahan bakar minyak plastik yang dihasilkan tersebut menyala ketika dibakar.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Densitas minyak plastik pada penelitian menunjukkan bahwa pada plastik PP yang mendekati densitas bahan bakar minyak adalah 777,777 kg/m³ pada suhu 200⁰C dengan densitas yang mendekati bahan bakar etanol (789 kg/m³) dan 818,181 kg/m³ pada suhu 300⁰C dengan densitas yang mendekati bahan bakar solar (832 kg/m³). Pada plastik HDPE yang mendekati densitas bahan bakar minyak adalah 714,285 pada suhu 250⁰C dengan densitas yang mendekati densitas bensin (710 kg/m³- 770 kg/m³).
2. Plastik jenis PP (*Polypropylene*) memberikan prosentase sumbangan variabel independen waktu pirolisis dan densitas minyak (X_1 , dan X_2) terhadap variabel dependen suhu (Y) secara bersamaan sebesar 0,9042 atau 90,42 %. Sedangkan kontribusi variabel lain sebesar 9,58%. Pada plastik jenis HDPE (*High Density Polyethylene*) memberikan prosentase sumbangan sebesar $R^2 = 0,9214$ atau 92,14 %. Sedangkan kontribusi variabel lainnya sebesar 7,86%.
3. Suhu reaktor memberikan pengaruh terhadap volume minyak yang dihasilkan dan waktu pirolisis, karena semakin tinggi suhu maka semakin banyak minyak yang dihasilkan dan waktu pirolisis akan semakin cepat berakhir. Namun, besarnya nilai densitas bahan bakar minyak plastik tidak memiliki pengaruh yang kuat. Karena, nilai densitas dipengaruhi oleh perbandingan besarnya massa minyak plastik dengan volume minyak plastik.

Adapun saran yang dapat disampaikan berkaitan dengan hasil penelitian ini adalah :

1. Tabung reaktor sebaiknya berbahan besi yang cukup tebal untuk menghindari kebocoran tabung. Sehingga gas yang diolah untuk mengalami kondensasi akan lebih banyak, dan menghasilkan volume minyak yang lebih banyak pula. Selain itu, pada tabung reaktor dibuat atau di las secara permanen dengan model tutup tabung dibuat lebih besar yang dapat dibuka atau tutup dengan mudah. Sehingga arang atau residu lebih mudah dibersihkan.
2. Pada tabung penampung minyak dan gas sisa pirolisis sebaiknya menggunakan tabung bening agar gas dapat dilihat ketika sudah tidak menghasilkan gas, sebagai tanda berakhirnya proses pirolisis sehingga dapat menghemat gas LPG. Selain itu, tutup tabung dibuat lebih rapat agar tidak ada gas sisa yang terbuang sehingga pemanfaatan gas sisa sebagai sumber panas reaktor lebih optimal.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengolahan sampah plastik menggunakan metode pirolisis untuk dikembangkan dalam skala yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono. (2004). *Statistik Untuk Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Maimunah Hindun Pulungan Dkk, 2018. Pendayagunaan Pati Singkong Dan Tepung Kulit Singkong Sebagai Bahan Pembuatan Plastik Biodegradable (Kajian Rasio Pati Singkong Dan Tepung Kulit Singkong). Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet Dan Plastik. Volume 7. Issue 1
- Mochamad Syamsuro. 2015. Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Sebagai Bahan Baku Mesin Pirolisis Skala Komunal. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Janabadra. Yogyakarta
- Paul T. Williams And Elizabeth A. Williams. 1998. Interaction Of Plastics In Mixed-Plastics Pyrolysis American Chemical Society
- Prasetyo, H., Rudhiyanto, & Fitriyanto, I. E. (2013). Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif. hal 1-2.
- Reni Hiola Dan Nur Ayini S. Lalu, 2017. Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Penyulingan Sederhana Menjadi Minyak Mentah Di Desa Dambalo Kecamatan Tomilito Kabupaten Gorontalo Utara. Fakultas Olagraha Dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo
- Rosyid, Azhar.(2018). *Indonesia Penyumbang Sampah Plastik Terbesar Kedua di Dunia*. Di unduh di Error! Hyperlink reference not valid. tanggal 20 Februari 2019.
- Nurika, S.S. 2018. *Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri*. Universitas Brawijaya Press
- Trisunaryanti, W. (2018). *Dari Sampah Plastik Menjadi Bensin Solar*. Yogyakarta: Gadjja Mada University.
- Untoro Budi S, 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta. Yogyakarta