

## PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK JENIS PP MENJADI BAHAN BAKAR CAIR

Suhartoyo<sup>1\*</sup>

Teknik Mesin, STT Warga Surakarta, Indonesia, 57126

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui potensi sampah plastik jenis *polypropilena* (PP) diolah menjadi bahan bakar minyak dengan cara pirolisis, sebagai salah satu solusi untuk mengurangi permasalahan sampah plastik yang tidak bisa terurai dan sumber polusi. pada temperatur diatas temperatur leleh plastik jenis PP. Temperatur reaktor pengujian yaitu 300 °C, 350°C dan 400°C. Reaktor berbentuk fixed bed reaktor. Tabung reaktor berdiameter 40 cm tinggi 60 cm, dilengkapi dengan saluran keluar gas yang juga digunakan untuk merubah fase gas menjadi fase cair. Pendinginan menggunakan air secara sirkulasi, prinsip kerjanya seperti kondensor. Pemanasan diluar menggunakan api dari LPG. Hasil yang dicapai ternyata temperatur rendah (300°C) menghasilkan sedikit minyak dan arang yang dihasilkan lebih banyak, jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 30%, 10%, dan 60 %. Temperatur reaktor 400°C menghasilkan jumlah minyak lebih banyak, dibandingkan dengan gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 52%, 15%, dan 33 %. Minyak hasil pyrolysis pada temperature reaktor 300°C memiliki nilai kalor 46,47 mJ/kg. Densitas minyak plastik jenis PP adalah 0.72 gr/m<sup>3</sup> dan memiliki viskositas 0,615.

Kata kunci : Minyak; polypropilena; pirolisis; reaktor; temperatur.

### ABSTRACT

*This study aims to determine the potential for polypropylene (PP) plastic waste to be processed into fuel oil by pyrolysis, as a solution to reduce the problem of non-biodegradable plastic waste and sources of pollution. at a temperature above the melting temperature of PP plastic. The test reactor temperatures were 300 °C, 350°C, and 400°C. The reactor is in the form of a fixed bed reactor. The reactor tube has a diameter of 40 cm and a height of 60 cm, equipped with a gas outlet which is also used to change the gas phase to the liquid phase. Cooling uses circulating water, the working principle is like a condenser. Heating outside using fire from LPG. The results achieved were low temperature (300oC) resulted in less oil and more charcoal, the amount of oil, gas, and solids produced was 30%, 10%, and 60%, respectively. The reactor temperature of 400oC produced more oil, compared to gas, and the solids produced were 52%, 15%, and 33%, respectively. The pyrolysis oil at 300°C reactor temperature has a calorific value of 46.47 mJ/kg. The density of PP plastic oil is 0.72 gr/m<sup>3</sup> and has a viscosity of 0.615.*

**Keywords :** Oil; polypropylene, pyrolysis; reactor; temperatur.

---

\* penulis korespondensi  
Email: suhartoyo@sttw.ac.id

## 1. PENDAHULUAN

Produksi sampah secara nasional terus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan jumlah penduduk, dua hal yang memiliki keterkaitan. Jenis sampah ada dua yaitu sampah yang tidak bisa terurai dengan sampah yang bisa terurai. Sampah yang bisa terurai adalah biasanya sampah organik contohnya sampah daun-daunan, kertas atau ranting pohon. Sampah anorganik contohnya adalah sampah plastik. Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari memang tidak bisa di tinggalkan, seperti sebuah kebutuhan yang mungkin tidak bisa dihindarkan. Penggunaan plastik seperti tidak bisa ditinggalkan, hampir semua serba berbahan plastik. Dari sisi baiknya, penggunaan plastik sangat ringkas dan mudah dibentuk untuk sebuah produk. Tetapi sisi negatifnya adalah menghasilkan sampah plastik yang sulit diatasi, karena plastik memiliki sifat tidak mudah terurai. Sampah tersebut semakin lama semakin menumpuk sampai -sampai lahan yang disiapkan oleh pemerintah daerah tidak bisa menampungnya. Permasalahan yang sering muncul dan menjadi masalah adalah jumlah sampah terutama sampah yang tidak bisa terurai meningkat tetapi tempat penampungan sampah tidak mampu menampung sampah [1]. Usaha yang telah dilakukan adalah pengolahan sampah plastik dengan 3R yaitu *reduce*, *reuse* dan *recycle*. Bila sampah plastik dibakar akan menghasilkan polutan dan senyawa karsinogen yang sangat membahayakan manusia [2]. Perlakuan terhadap sampah plastik bila hanya dibakar akan menghasilkan bau yang menyengat dan menghasilkan karsinogen yang sangat tidak baik bagi kesehatan.

Jumlah sampah di tempat pembuangan sampah paling banyak adalah kantong plastik, plastik yang sering digunakan oleh masyarakat adalah kantong plastik berbahan dasar *polypropilena* (PP). Plastik adalah jenis makro molekul sederhana dalam pembuatannya melalui proses polimerisasi yaitu penggabungan beberapa molekul sederhana menjadi molekul besar yang sering disebut polimer [3]. Hidrogen dan karbon adalah senyawa penyusun utama plastik [4], dan bahan baku pembuat plastik adalah berasal dari turunan minyak bumi [5]. Salah satu jenis plastik yang sering digunakan di rumah tangga adalah jenis plastik PP yang biasa ditemui berupa plastik kantong kresek. *Polypropylene* (PP) merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk ketika panas, rumus molekulnya adalah  $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_3$  [6]. Yang memiliki sifat lentur, keras dan resisten

terhadap lemak. Plastik jenis PP dapat dijumpai pada wadah makanan, botol obat, tutup botol, packing/pembungkus makanan kering/snack, sedotan plastik, kantong obat, penutup, cup plastik, tas, botol, dll [2] [7].

Sampah plastik tersebut diolah lagi menjadi alat yang bermanfaat tentunya bisa tetapi akan memiliki kualitas yang tidak baik, solusi yang lain dan mungkin menjadi salah satu cara mengolah sampah plastik adalah dengan diolah menjadi bahan bakar cair, yaitu dengan cara pirolisis. Pirolisis adalah proses dekomposisi thermal pada temperatur tinggi bahan padat organik dengan tanpa udara. Jadi secara sederhana plastik diolah dengan cara pirolisis pada temperatur diatas temperatur titik lebur plastik, dan dapat menghasilkan cairan, gas dan arang. Cairan yang dihasilkan dalam proses pirolisis plastik dapat terbakar dan bisa menjadi bahan bakar alternatif. Proses pirolisis ada tiga tahapan, tahapan tersebut antara lain : pemotongan rantai polimer dari panjang menjadi lebih pendek, pemotongan pada ujung rantai dimana molekul yang berukuran kecil dan memiliki rantai yang panjang polimer akan terbentuk pada tahapan kedua, dan tahapan selanjutnya adalah pemisahan rantai polimer membentuk molekul dengan ukuran lebih kecil [3].

Teknik konversi sampah plastik dapat dilakukan dengan proses perekahan plastik jenis PP. Dengan cara perekahan tanpa udara dan dengan temperatur tinggi diharapkan akan mendapatkan minyak yang dapat dibakar, proses tersebut juga dikenal dengan pirolisis, jenis perekahan ada 3 macam antara lain : *hydrocracking* yaitu perekahan menggunakan hidrogen, *thermal cracking* yaitu perekahan menggunakan temperatur tinggi, *catalytic cracking* yaitu perekahan menggunakan katalis [5]. Beberapa hal yang berpengaruh terhadap kualitas minyak hasil pirolisis, hal yang berpengaruh antara lain : lama waktu proses pirolisis berpengaruh terhadap hasil minyak, temperatur adalah faktor yang dapat mempengaruhi sifat-sifat minyak pirolisis. Ukuran partikel, luas permukaan persatuan berat menjadi hal yang harus diperhatikan dalam proses pirolisis [4].

Strategi yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah bagaimana menghasilkan energi terbarukan yang ramah lingkungan berwujud minyak yang dapat dibakar, bersumber dari limbah yang belum maksimal pengolahannya, yaitu sampah plastik diolah dengan cara pirolisis, dengan pirolisis diharapkan dapat menghasilkan minyak mampu untuk dibakar dan setara dengan bahan bakar.

## 2. METODE PENELITIAN

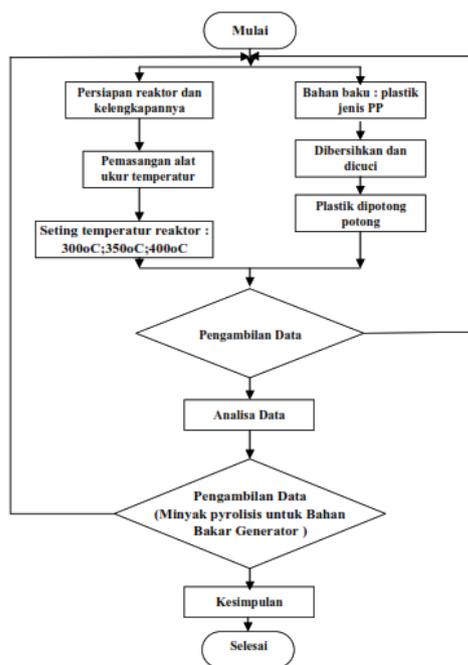
### 2.1 Alat dan bahan

Bahan yang digunakan adalah sampah plastik jenis PP. Reaktor pirolisis berbentuk *fixed bed* reaktor, untuk memanaskan reaktor digunakan pembakaran dari luar dengan bahan bakar LPG kompor menggunakan kompor jenis tekanan tinggi. Reaktor pirolisis berbentuk tabung dengan tinggi 60 cm dan berdiameter 40 cm berbahan stainless, reaktor pirolisis dilengkapi dengan lubang yang terpasang pipa berdiameter 20 mm. Pipa tersebut terhubung dengan alat kondensator . Alat kondensator adalah bak yang didalamnya berisi pipa spiral yang berfungsi untuk merubah fase gas menjadi fase cair. Pipa dikondensator dan pipa penghubung dari reaktor pirolisis berbahan stainless. Kondensator diisi air dan disirkulasikan oleh pompa air sehingga air menyerap panas bisa maksimal. Untuk pengukuran temperatur reaktor menggunakan *thermoreader* dan *thermokople*. Kapasitas reaktor pirolisis adalah 3 kg. Untuk mengetahui berat bahan dan hasil menggunakan timbangan digital. Tempat minyak hasil pirolisis menggunakan botol kaca. Untuk mengetahui waktu proses pirolisis menggunakan *stopwatch*, disiapkan juga gelas ukur dan *pippet* cairan untuk proses penghitungan hasil minyak. Generator yang digunakan pengujian merk general 1200 watt, pembebanan menggunakan lampu yang dihubungkan dengan generator.

## 2.2 Proses Pengujian

Langkah awal adalah mempersiapkan bahan yaitu plastik jenis PP , plastik tersebut dicuci , dikeringkan dan kemudian dipotong kecil kecil agar memudahkan proses dan reaktor dapat terisi maksimum yaitu 3 kg. Pasang *thermokopel* dan *thermoreader* pada posisi yang tepat dan aman. Pemasangan yang tepat berpengaruh pada pembacaan temperatur dalam reaktor. Temperatur reaktor setiap proses adalah 300°C, 350°C dan 400°C, temperature tersebut adalah temperatur diatas titik leleh plastik jenis PP. Pemanasan reaktor menggunakan kompor berbahan bakar LPG. Masukkan plastik yang sudah dipotong kecil-kecil, tutup rapat reaktor, hidupkan kompor dan panasi reaktor. Buka saluran gas bila temperatur reaktor melebihi temperatur titik leleh plastik jenis pp. hidupkan pompa air sehingga air bisa sirkulasi, sehingga proses pendinginan di kondensator bias berjalan dengan baik, gas yang berubah menjadi

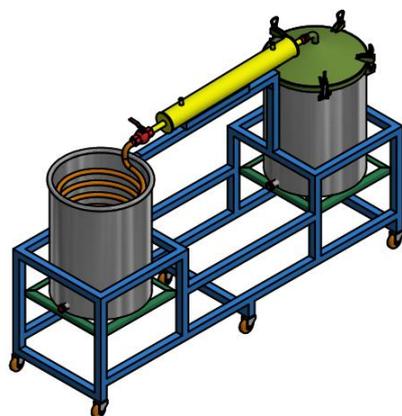
cairan berjumlah maksimal. Cairan yang keluar dari kondensator ditampung di botol. Setelah selesai proses pirolisis timbang semua cairan yang dihasilkan dan padatan yang dihasilkan. Setelah semua dilakukan pervariasi lakukan pengujian nyala dan bandingkan dengan nyala dari bahan bakar minyak tanah dan solar. Minyak pirolisis juga untuk bahan bakar generator dan dilakukan pengujian konsumsi bahan bakar. Generator merk general 1200 watt berbahan bakar gasoline. Pengujian lama nyala generator dengan variasi bahan bakar yang diuji adalah pertalit, campuran pertalit + 5% minyak plastik, campuran pertalit + 10% minyak plastik, campuran pertalit + 15% minyak plastik, campuran pertalit + 20% minyak plastik, campuran pertalit + 25% minyak plastik, minyak hasil pirolisis plastik menjadi bahan tambah karena beberapa keunggulan yang dimiliki minyak pirolisis plastik PP dibandingkan pertalit [8], dan penggunaan bahan bakar pertalit murni adalah sebagai pembanding dari hasil pengujian. Pengukuran lama nyala generator dengan menggunakan stopwatch. Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk pengujian adalah 50 CC. Pengujian lama nyala generator , agar tidak terjadi permasalahan pembebanan yang berlebih maka variasi pembebanan generator adalah 100 watt, 150 watt, 200 watt dan 250 watt pervariasi bahan bakar. Untuk memudahkan dalam penelitian maka dibuatkan alur penelitian. Alur penelitian dapat dilihat di gambar 1, gambar sebagai berikut adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Alur penelitian

### 2.3 Gambar reaktor pirolisis

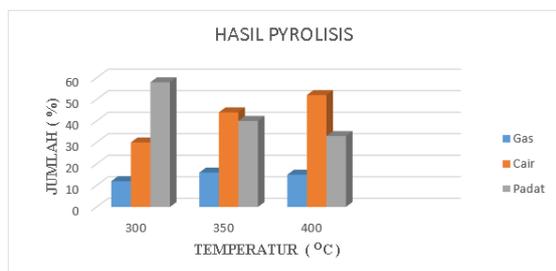
Desain dari reaktor pirolisis terlihat digambar 2.



Gambar 2. Reaktor pirolisis

## 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pirolisis adalah cair, gas dan padat. Temperatur reaktor adalah 300 °C, 350°C dan 400°C, Hasil pengujian adalah sebagai berikut :



Gambar 3 hasil pirolisis plastik jenis PP

Gambar 3 menjelaskan hasil produksi minyak plastik PP dengan cara pirolisis, temperatur reaktor 300<sup>0</sup> C, 350<sup>0</sup> C, 400<sup>0</sup> C. Temperatur uji adalah temperature diatas titik leleh plastik jenis PP, titik leleh plastik jenis PP adalah 171<sup>0</sup>C dan bila pemanasan diatas temperature 400 °C akan menghasilkan waks [9]. Plastik yang diuji dipirolisis sebanyak 3 kg berbentuk cacahan, didapatkan hasil sebagai berikut: jumlah minyak pirolisis plastik PP pada temperatur reaktor 300<sup>0</sup>C paling sedikit berwarna bening jumlah sisa padatan lebih banyak dibandingkan pada temperatur reaktor pirolisis 400<sup>0</sup>C. Pada temperatur reaktor pirolisis 400<sup>0</sup>C didapat hasil jumlah minyak lebih banyak sebanyak, minyak berwarna keruh, padatan sisa proses pirolisis lebih sedikit. Keruhnya minyak hasil pirolisis plastik jenis PP di temperatur reaktor 400<sup>0</sup>C karena semakin tinggi temperatur reaktor pirolisis minyak plastik memiliki viskositas yang semakin tinggi, minyak semakin kental dan waktu alir minyak semakin lama[2]. Hasil pirolisis temperatur reaktor 400<sup>0</sup>C didapat jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 52%, 15% dan 33 %. Minyak yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan temperatur reaktor 300 °C. Temperatur reaktor pirolisis 300<sup>0</sup>C menghasilkan minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 30%, 10%, dan 60 %. Warna minyak hasil pirolisis temperatur 400<sup>0</sup>C lebih keruh dibandingkan temperatur 300<sup>0</sup>C dan 350<sup>0</sup>C. Kenaikan temperatur pemanasan reaktor berpengaruh terhadap kenaikan massa jenis dan viskositas minyak [3] [10]. Pengujian minyak hasil pirolisis pada temperatur 300<sup>0</sup>C didapat data sebagai berikut :

Tabel 1 properties minyak pirolisis plasti

NO	Properties	Value
1	Density	74 Kg/l
2	Viscosity	0,720 gr/m <sup>3</sup>
3	Flash Point	22 °C
4	Calorie	46,47 mJ/ kg

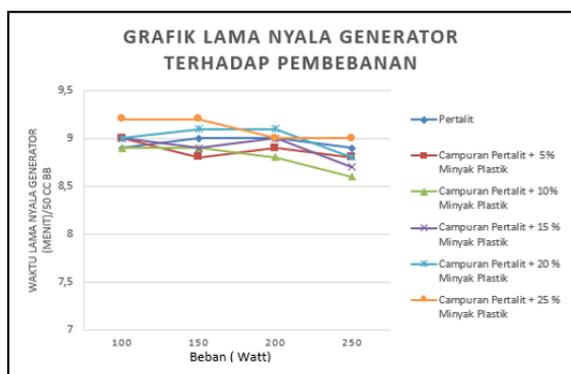
Tabel 1 adalah propertis minyak pirolisis plastik, nilai kalor dari minyak pirolisis hampir sama dengan nilai kalor minyak tanah yaitu sebesar 43 MJ/kg. Sedangkan kalor tertinggi dari minyak pirolisis yaitu sebesar 46,47 MJ/kg hampir mendekati nilai kalor dari bensin yang memiliki nilai kalor sebesar 47,3 MJ/kg [11]. viscosity sebesar 0,56 cp densitas 0,720 gr/m<sup>3</sup>, flash point 22 °C, warna yang di dihasilkan kuning bening

seperti warna bensin yang dijual di pasaran [12]. Analisis GC-MS, dapat diperoleh Panjang C minyak plastik PP memiliki rentang C7-C54 dengan luas area puncak tertinggi menunjukkan rentang C11-C20 [13].



Gambar 4. Minyak hasil pirolisis plastik jenis PP Temperature reactor 300°C, 350°C dan 400°C

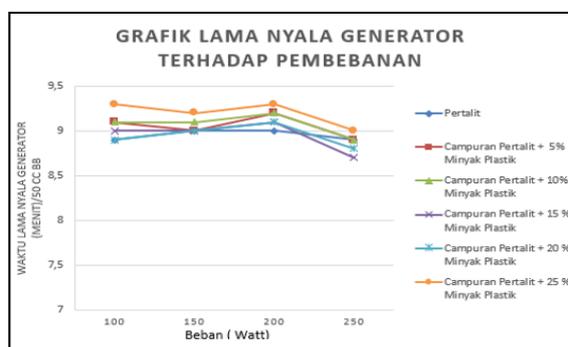
Gambar 4 adalah gambar minyak hasil pirolisis plastik jenis PP sesuai dengan temperatur reaktor pengujian. Pengujian minyak hasil dari pirolisis plastik untuk bahan bakar generator didapat hasil sebagai berikut :



Gambar 5. Hasil pengujian beban generator, minyak pirolisis temperatur 300°C

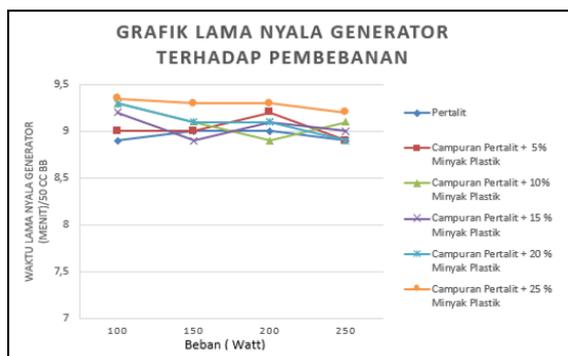
Gambar 4 adalah grafik hasil pengujian bahan bakar minyak hasil pirolisis pada temperatur 300 °C. dengan variasi campuran bahan bakar gasoline + minyak pirolisis sebesar 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan pertalit . Pengujian dengan menyalakan generator dengan pembebanan 100 watt, 150 watt, 200 watt, 250 watt bahan bakar untuk pengujian sebanyak 50 CC, hasil pengujian setiap variasi campuran bahan bakar menghasilkan lama nyala generator yang berbeda beda. Paling pendek nyala generator pada pembebanan 100 watt adalah pada bahan bakar 100 % pertalit. Nyala paling lama pada beban 100 watt adalah generator dengan bahan bakar pertalit + minyak hasil pirolisis 25%. Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan

bakar campuran pertalit + 10 % minyak pirolisis dengan 8,9 menit paling lama generator menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 25% minyak plastik selama 9 menit. Lama pendeknya penyalaan dipengaruhi oleh kualitas dari bahan bakar, bahan bakar pertalit murni memiliki nilai oktan yang lebih kecil dibandingkan dari minyak hasil pirolisis plastik jenis PP [8] dan memiliki nilai kalor sebesar 46,47 mJ/kg [2].



Gambar 5 Hasil pengujian beban generator, minyak pirolisis temperatur 350°C

Gambar 5 adalah grafik hasil pengujian konsumsi bahan bakar campuran minyak hasil pirolisis pada temperatur reaktor 350 °C, variasi campuran bahan bakar pertalit + minyak pirolisis sebesar 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan pertalit, setiap variasi pengujian bahan bakar yang digunakan adalah 50 CC. Nyala generator paling pendek adalah bahan bakar campuran pertalit dan minyak hasil pirolisis sebanyak 15 %, dengan waktu nyala 8,5 menit paling lama menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 5% minyak plastik selama 9,1 menit . Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan bakar pertalit, dengan waktu 8,9 menit. Waktu nyala generator paling lama menggunakan pertalit + 25% minyak plastik waktunya selama 9,3 menit



Gambar 6 Hasil pengujian beban generator, minyak pirolisis temperatur 400°C

Gambar 6 adalah grafik hasil pengujian konsumsi bahan bakar campuran minyak hasil pirolisis pada temperatur reaktor 350 °C, variasi campuran bahan bakar pertalit + minyak pirolisis sebesar 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, dan pertalit, setiap variasi pengujian bahan bakar yang digunakan berjumlah 50 CC. Nyala generator paling pendek adalah bahan bakar pertalit dengan waktu nyala 8,5 menit paling lama menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 25% minyak plastik selama 9,35 menit . Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan bakar pertalit, dengan waktu 8,9 menit. Waktu nyala generator paling lama menggunakan pertalit + 5% minyak plastik waktunya selama 8,9 menit dan waktu paling lama generator menyala yaitu 9,25 menit dengan bahan bakar pertalit + 25% minyak plastik. Dari pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan minyak hasil pirolisis temperatur reaktor 400°C + pertalit adalah campuran pertalit + minyak pirolisis sebanyak 25 % disetiap variasi pembebanan.

#### 4 KESIMPULAN DAN SARAN

Minyak plastik yang digunakan dalam pengujian ini adalah hasil dari proses pirolisis plastik jenis PP, dengan variasi temperature 300°C, 350°C dan 400°C. Hasil pirolisis temperatur reaktor 400°C didapat jumlah minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 52%, 15% dan 33 %. Minyak yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan temperatur reaktor 300 °C. Temperatur reaktor pirolisis 300 °C menghasilkan minyak, gas, dan padatan yang dihasilkan berturut-turut sebesar 30%, 10%, dan 60 %. Nilai kalor tertinggi dari minyak pirolisis yaitu sebesar 46,47 mJ/kg, *viscosity* sebesar 1,117 mm<sup>2</sup>/S *flash point* 22 °C.

Pengujian dengan menyalakan generator dengan pembebanan 100 watt, 150 watt, 200 watt, 250 watt bahan bakar untuk pengujian sebanyak 50 CC, hasil pengujian setiap variasi campuran bahan bakar menghasilkan lama nyala generator yang berbeda beda. Paling pendek nyala generator pada pembebanan 100 watt adalah pada bahan bakar 100 % pertalit. Nyala paling lama pada beban 100 watt adalah generator dengan bahan bakar pertalit + minyak hasil pirolisis 25%. Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 10 % minyak pirolisis dengan 8,9 menit paling lama generator menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 25% minyak plastik selama 9 menit, minyak plastik yang digunakan adalah hasil

pirolisis temperatur reaktor 300°C. Dengan menggunakan minyak plastik hasil pirolisis temperature 350°C.

Nyala generator paling pendek adalah bahan bakar campuran pertalit dan minyak hasil pirolisis sebanyak 15 %, dengan waktu nyala 8,5 menit paling lama menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 5% minyak plastik selama 9,1 menit. Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan bakar pertalit, dengan waktu 8,9 menit. Waktu nyala generator paling lama menggunakan pertalit + 25% minyak plastik waktunya selama 9,3 menit. Nyala generator paling pendek adalah bahan bakar pertalit dengan waktu nyala 8,5 menit paling lama menyala adalah bahan bakar campuran pertalit + 25% minyak plastik selama 9,35 menit .

Pembebanan 250 watt paling pendek waktu nyala adalah bahan bakar pertalit, dengan waktu 8,9 menit. Waktu nyala generator paling lama menggunakan pertalit + 5% minyak plastik waktunya selama 8,9 menit dan waktu paling lama generator menyala yaitu 9,25 menit dengan bahan bakar pertalit + 25% minyak plastik, minyak plastik yang digunakan adalah minyak plastik hasil pirolisis temperature reaktor 400°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Sukadi, "Rancang bangun Alat Pirolisi Untuk Daur Ulang Sampah Kantong Plastik," *J. Ilm. Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 96–102, 2016.
- [2] A. S. Nugroho, "Pengolahan Limbah Plastik LDPE dan PP Untuk Bahan Bakar Dengan Cara Pirolisis," *J. Litbang Sukowati*, vol. 4, no. 1, pp. 91–100, 2020, doi: 10.32630/sukowati.v4i1.166.
- [3] R. P. Liestiono, M. S. Cahyono, W. Widyawidura, A. Prasetya, and I. Pendahuluan, "Karakteristik Minyak Dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal Plastik Jenis Low Density Polyethelene ( LDPE )," *Offshore*, vol. 1, no. 2, 2017.
- [4] M. Fatimura, R. Sepriyanti, and R. Yunita, "Pengolahan Limbah Plastik Jenis Kantong kresek Dan Gelas Minuman Menggunakan Proses Pirolisi Menjadi bahan Bakar Minyak," *J. Univ. PGRI Palembang*, vol. 4, pp. 41–48, 2019.
- [5] E. Wahyudi and E. Saputra, "Pengolahan Sampah Plastik Polipropilena ( PP ) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis Sintetis Processing

- of Polypropylene ( PP ) Plastic Waste Into Oil Fuel by Catalytic Cracking Method Using Synthetic Catalyst,” vol. 11, no. 1, pp. 17–23, 2016.
- [6] Y. A. S. 1Program Yohandri Bow1, a), Zulkarnain1, Sutini P. Lestari1, Steven R.M. Sihombing1, b), Siti A. Kharissal, “Pengolahan Sampah Low Density Polyethylene ( LDPE) Dan Polypropylene ( PP) Menjadi bahan Bakar cair Alternatif Menggunakan Prototipe Pirolisis Thermal Cracking,” *J. Kinet.*, vol. 9, no. 03, pp. 1–6, 2018.
- [7] A. S. Nugroho, Rahmat, and F. N. H, “Plastic Waste Processing to Alternative Energy,” 2018, doi: 10.4108/eai.24-10-2018.2280579.
- [8] W. Yulianto;, F. Rhohman;, and N. Suwito, “Perbandingan Bahan Bakar Premium Dengan Produk Cair Hasil,” *J. Mesin Nusant.*, vol. 1, no. 2, pp. 114–121, 2018.
- [9] K. Endang, G. Mukhtar, A. Nego, and F. X. A. Sugiyana, “Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak,” in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Perjuangan,”* 2016, pp. 1–7.
- [10] A. S. Nugroho, Rahmat, Chamim, and Fatimah, “Plastic Waste As An Alternative Energy,” 2018.
- [11] J. Wahyudi, H. T. Prayitno, A. D. Astuti, B. Perencanaan, P. Daerah, and K. Pati, “Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif,” *J. Litbang*, vol. XIV, no. 1, pp. 58–67, 2018.
- [12] E. Praputri and E. Sari, “Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak ( BBM ) Dengan Proses Pyrolysis,” in *Seminar Nasional Teknik Kimia*, 2016, pp. 1–2.
- [13] A. P. Islami, Sutrisno, and Heriyanti, “Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena ( PP ) menjadi Bahan Bakar Cair-Premium-Like,” *JC-T ( J. Cis-Trans)*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2020, doi: 10.17977/um0260v3i22019p001.