

Pengolahan Limbah Plastik LDPE Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Proses *Pyrolysis*

Dwi Purwanto¹, Hesti Istiqlaliyah², Nuryosuwito³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹dwhypurwanto95@yahoo.com, ²hestiisti@unpkediri.ac.id, ³suwitounp@gmail.com

Abstrak –Pengolahan sampah anorganik dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan proses *pyrolysis*. Proses *pyrolysis* pada penelitian ini dikerjakan dengan memvariasikan laju pemanasan dan suhu reactor. Dengan tujuan mengetahui kuantitas dan karakteristik hasil dari proses *pyrolysis*. Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa kuantitas minyak hasil *pyrolysis* pada laju pemanasan 6,94°C/menit dengan suhu reactor 0°C – 250°C selama 36 menit sebanyak 118 mL berwarna hitam pekat dengan nilai viskositas 0,3 dPa.S, densitas 780 kg, dan flash point 34°C. Pada laju pemanasan 1,66°C/menit dengan suhu reaktor 250°C – 300°C selama 30 menit menghasilkan 130 mL berwarna kuning tua dengan nilai viskositas 0,29 dPa.S, densitas 770 kg, dan flash point 33°C. Selanjutnya pada laju pemanasan 1,78°C/menit dengan suhu reactor 300°C – 350°C selama 28 menit menghasilkan 165 mL berwarna kuning jernih dengan nilai viskositas 0,28 dPa.S, densitas 760 kg, dan flash point 32°C. Pada laju pemanasan 2,38°C/menit dengan suhu reaktor 350°C – 400°C selama 21 menit menghasilkan 180 mL berwarna kuning kecokelatan dengan nilai viskositas 0,31 dPa.S, densitas 780 kg, dan flash point 34°C. Dan pada laju pemanasan 2,77°C/menit dengan suhu reactor 400°C – 450°C selama 18 menit menghasilkan sebanyak 201 mL berwarna abu-abu keruh dengan nilai viskositas 0,33 dPa.S, densitas 790 kg, dan flash point 35°C.

Kata Kunci — Bahan Bakar Alternatif, plastik LDPE, proses *pyrolysis*, temperatur

1. PENDAHULUAN

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi pada saat ini, berbagai macam teknologi banyak bermunculan. Mulai dari teknologi yang baru pertama kali ditemukan sampai dengan pengembangan teknologi yang sudah ada [1]. Salah satu pengembangan teknologi yang saat ini sedang ramai dibuat adalah teknologi pengolahan sampah.

Sampah merupakan masalah global yang masih menjadi tanggungjawab di berbagai negara berkembang seperti Indonesia. Di Indonesia sampah masih menjadi masalah penting yang dibicarakan oleh masyarakat dan juga para petinggi pemerintah. Data di Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KNLH) tahun 2008 menyebutkan, setiap harinya penduduk Indonesia menghasilkan kurang lebih 0,8 kg sampah/orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 8,4 ribu ton sampah plastik/hari [2].

Beberapa penanggulangan telah dilakukan seperti 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). *Reduce* adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. *Reuse* adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Recycle* adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastik. Salah satu cara untuk mengatasi limbah plastik adalah dengan mengkonversi limbah plastik menjadi minyak dengan cara *pyrolysis*. Hal ini dapat

dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi sehingga tinggal dikembalikan lagi ke bentuk semula. Adapun proses *pyrolysis* dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain laju pemanasan, temperatur, waktu, kehadiran oksigen, kadar air partikel, dan ukuran partikel [3].

Penelitian tentang proses *pyrolysis* ini sudah beberapa kali dilakukan dengan memvariasikan suhu reactor sebesar 300°C, 400°C, 500°C, dan 600°C selama 3 jam, dimana karakteristik bio-oil sebesar 27,52% dan terus meningkat menjadi 76,44% pada temperatur *pyrolysis* 600°C [4]. Selain itu sampah plastik jenis LDPE juga dapat diolah menjadi kerosin dengan metode *thermal cracking* pada tekanan atmosfer dan dengan temperatur antara 150°C dan 420°C [5]. Pada proses *pyrolysis* plastik LDPE ini jumlah produk yang dihasilkan akan berbanding lurus dengan kenaikan suhu dan waktu proses [6].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh laju pemanasan dan temperatur terhadap hasil cair dari proses produksi *pyrolysis*.

Pengujian terhadap laju pemanasan untuk mengetahui berapa kemampuan pengendalian kenaikan suhu secara bertahap sesuai dengan garis target *ramprate*. Pengujian pertama laju pemanasan maksimal dilakukan dengan pengaturan *ramprate* (target laju pemanasan) yang sama yaitu 10°C/menit, untuk setiap kenaikan suhu sebesar 100°C. Untuk mengetahui laju pemanasan maksimal untuk setiap tingkatan suhu, dilakukan perhitungan *curve fitting*

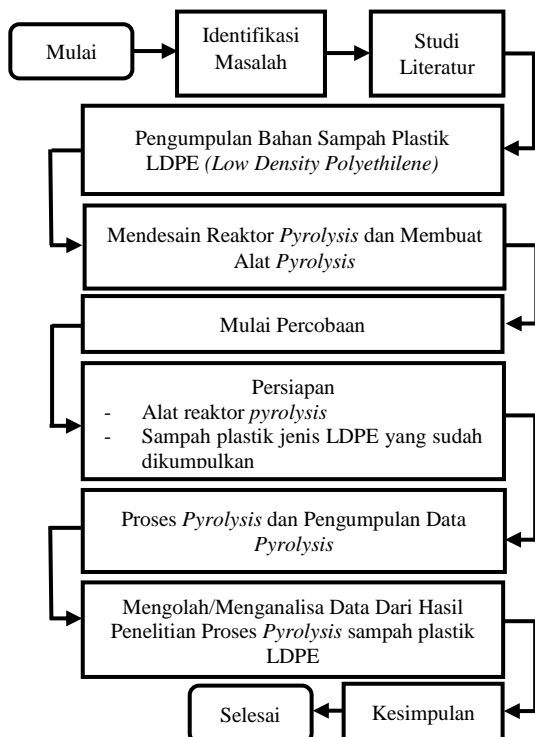
regresi linear dari data hasil pengujian laju pemanasan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan tahapan dimana penelitian dilakukan dari tahap persiapan sampai penelitian ini mengeluarkan output [7]. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode eksperimen nyata (True Experimental Research) dimana penelitian itu dimanipulasi untuk mempelajari hubungan sebab-akibat [8]. Pendapat lain mengatakan bahwa penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi-kondisi yang terkendali [9].

Metode penelitian ini menggunakan desain eksperimen *treatment by subject* yaitu beberapa variasi perlakuan secara berturut-turut kepada kelompok yang sama. Atau dengan kata lain melakukan pengujian untuk mengetahui nilai viskositas, densitas, *flash point* dari laju pemanasan dan temperatur sampah plastik LDPE dengan proses *pyrolysis*. Dengan variabel bebasnya adalah plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*), variabel terikatnya pengaruh laju pemanasan dan temperatur hasil dari proses *pyrolysis* sampah plastik berupa viskositas, densitas, dan *flash point*, dan variabel kontrolnya adalah suhu kondensor diatur konstan sebesar 26°C dan temperatur dimulai dari suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, 450°C dengan tekanan pada tabung reaktor sebesar 1 atm.

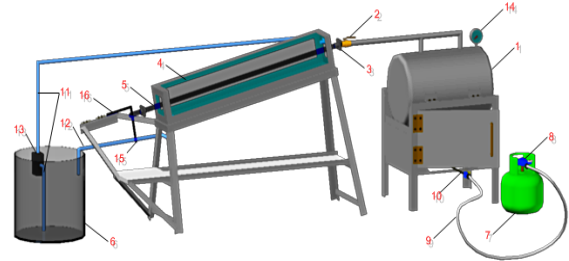
Penelitian yang akan dilakukan mengikuti sesuai dengan diagram alir seperti gambar dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Jenis plastik yang akan digunakan menjadi bahan penelitian adalah jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*), dimana plastik yang dimasukkan sudah dalam bentuk peletan yaitu sampah plastik yang sudah diolah dan dibentuk menyerupai *pellet*.

Untuk peralatan yang digunakan dalam proses *pyrolysis* dapat digambarkan seperti berikut :



Gambar 2. Instalasi Alat Uji Pyrolysis

Keterangan :

1. Reaktor
2. Kran/*valve*
3. Klep
4. Unit pendingin/kondensor
5. Pipa *pyrex*
6. Bak penampung air
7. Gas LPG 5 kg
8. Regulator
9. Selang gas
10. Kompor
11. *Input* air pendingin
12. *Output* air pendingin
13. Pompa air
14. Manometer
15. *Output 1* (cair hasil *pyrolysis*)
16. *Output 2* (cair hasil *pyrolysis*)

Prosedur dalam proses *pyrolysis* dilakukan melalui beberapa tahapan proses diantaranya sebagai berikut :

1. Memasukkan sampah plastik LDPE yang sudah ditimbang 5 kg ke dalam reaktor *pyrolysis*.
2. Memanaskan reaktor *pyrolysis* dengan menggunakan gas LPG dengan tekanan 0,5 bar hingga suhu mencapai 250°C.
3. Menghidupkan pompa air.
4. Kran/*valve* diputar di keadaan tertutup, dan apabila tekanan di dalam reaktor sudah mencapai 1 atm kran/*valve* diputar di keadaan terbuka.
5. Suhu diukur dengan menggunakan *termocouple* digital.
6. Setelah suhu mencapai ke titik yang diinginkan maka kran/*valve* dibuka.
7. Unit pendingin/kondensor tersirkulasi air dari bak penampung air dengan suhu 26°C.
8. Hasil cair dan gas akan terpisah di dalam kondensor dengan prinsip gravitasi dan beda massa jenisnya.
9. Mengulangi langkah (7) – (8) dengan suhu reaktor 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah data hasil penelitian dengan variasi dalam penelitian ini menggunakan suhu reaktor 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C, dimulai dengan suhu kompor 350°C – 750°C yang akan menghasilkan minyak cair dengan jumlah dan kualitas yang berbeda. Berikut merupakan tabel hasil penelitian selama proses *pyrolysis* berlangsung yang dilaksanakan pada hari Minggu tanggal 23 Juli 2017 pukul 19.27 WIB sampai pukul 01.27 WIB dengan jumlah sampah plastik LDPE 5 kg.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Proses *Pyrolysis* Sampah Plastik LDPE

| Suhu Kompor (°C) | 350 | 450 | 550 | 650 | 750 |
|--------------------------------|---------|-----|-----|-----|-----|
| Suhu Reaktor (°C) | 0 - 250 | 250 | 300 | 350 | 400 |
| Suhu <i>Out</i> Reaktor (°C) | 36 | 44 | 62 | 72 | 76 |
| Suhu Air (°C) | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Suhu <i>In</i> Kondensor (°C) | 26 | 26 | 26 | 27 | 26 |
| Suhu <i>Out</i> Kondensor (°C) | 28 | 32 | 32 | 32 | 34 |
| Waktu (menit) | 36 | 30 | 28 | 21 | 18 |
| Jumlah Cairan (mL) | 118 | 130 | 165 | 180 | 201 |
| Suhu Cairan (°C) | 28 | 30 | 32 | 32 | 34 |

Sesuai dengan hasil yang didapat dalam penelitian, rumus perhitungan besarnya laju pemanasan akan didapat sesuai dengan persamaan dibawah ini :

$$\text{Laju pemanasan} = \frac{\text{suhu akhir} - \text{suhu awal}}{\text{waktu pemanasan}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan rumus perhitungan laju pemanasan diatas maka hasil di setiap suhu kompor diperoleh sebagai berikut :

Tabel 2. Laju Pemanasan Proses *Pyrolysis*

| Suhu Kompor (°C) | Laju Pemanasan (°C/menit) |
|------------------|---------------------------|
| 350°C | 6,94°C/menit |
| 450°C | 1,66°C/menit |
| 550°C | 1,78°C/menit |
| 650°C | 2,38°C/menit |
| 750°C | 2,77°C/menit |

Dari perhitungan diatas juga dapat dilihat bagaimana perbedaan suhu kompor dapat mempengaruhi pada besar kecilnya laju pemanasan yang diberikan pada sampah plastik LDPE. Diketahui bahwa pada suhu kompor 350°C didapatkan laju pemanasan tertinggi sebesar 6,94°C/menit dikarenakan pada suhu tersebut dihitung dari suhu 0°C sampai ke 250°C sedangkan laju pemanasan lainnya dihitung dari kenaikan 50°C.

Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk

uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar.

Dalam pengamatan yang dilakukan selama proses *pyrolysis*, maka dapat diketahui berapa jumlah perolehan hasil cair *pyrolysis* ditinjau dari variasi temperatur pada reaktor, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3. Temperatur Proses *Pyrolysis*

| Temperatur (°C) | Jumlah Cairan (mL) |
|-----------------|--------------------|
| 250°C | 118 mL |
| 300°C | 130 mL |
| 350°C | 165 mL |
| 400°C | 180 mL |
| 450°C | 201 mL |

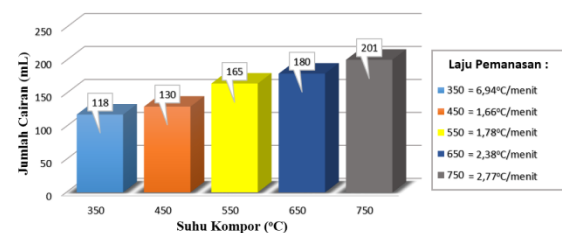
Dilihat dari tabel diatas bahwa suhu masing-masing temperatur memiliki hasil cair yang berbeda-beda, dimana pada suhu reaktor 250°C memiliki hasil *tar* (cairan) hanya 118 mL, sedangkan pada suhu reaktor 450°C memiliki hasil cair lebih banyak daripada temperatur dibawahnya yaitu sebesar 201 mL.

Pembahasan mengenai Investigasi Laju Pemanasan dan Temperatur Proses *Pyrolysis* Sampah Plastik LDPE Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terhadap Produk *Pyrolysis*, serta kualitas karakteristik fisik produk cair berupa viskositas, densitas, dan *flash point* adalah sebagai berikut :

3.1 Investigasi Laju Pemanasan dan Temperatur terhadap Kuantitas Hasil Cair Proses *Pyrolysis*

Hubungan suhu kompor, laju pemanasan dan kuantitas hasil cair *pyrolysis* akan dijelaskan pada grafik batang (*bar chart*) dibawah ini :

a. Laju Pemanasan

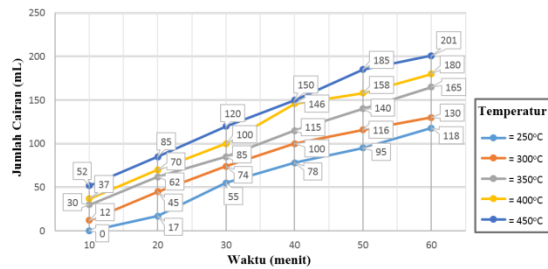


Gambar 3. Grafik Perbandingan Kuantitas Hasil Cair Proses *Pyrolysis* dengan Laju Pemanasan

Grafik diatas merupakan pemaparan hasil yang diperoleh saat proses *pyrolysis* pada suhu kompor 350°C, 450°C, 550°C, 650°C dan 750°C dengan laju pemanasan 6,94°C/menit pada suhu kompor 350°C, 1,66°C/menit pada suhu kompor 450°C, 1,78°C/menit pada suhu kompor 550°C, 2,38°C/menit pada suhu kompor 650°C, dan

menggunakan laju pemanasan 2,77°C/menit pada suhu kompor 750°C.

b. Temperatur



Gambar 4. Grafik Garis Temperatur Terhadap Kuantitas Hasil Cair Proses *Pyrolysis*

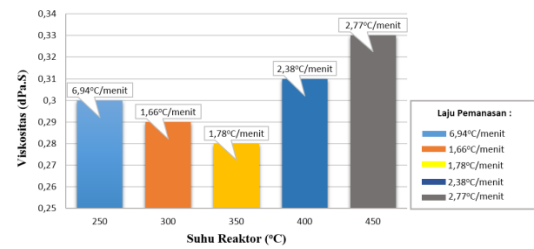
Dalam grafik diatas dijelaskan bahwa pada suhu 250°C dalam rentang waktu 60 menit minyak yang dihasilkan semakin bertambah. Pada awal 10 menit pertama belum menghasilkan minyak akan tetapi hasil yang keluar berupa gas, dan setelah memasuki menit 20 hasil cair mulai keluar hingga menit 60 hasil cair pada suhu 250°C mencapai 118 mL. Selanjutnya pada suhu 300°C menit 10 hasil cair yang keluar mengalami peningkatan dibandingkan suhu 250°C yaitu sebesar 12 mL, hingga menit ke 60 hasil cair mengalami kenaikan yang konstan, hasil cair terbanyak diperoleh pada menit ke 60 sebesar 130 mL.

Setiap kenaikan suhu hasil cairan yang keluar mengalami kenaikan yang konstan. Pada suhu 350°C proses pemanasan plastik LDPE menit 10 awal memperoleh hasil cair sebesar 30 mL, hingga menit 60 hasil yang diperoleh dari suhu 350°C mencapai 165 mL. Pada suhu 400°C saat menit 10 menghasilkan cairan 37 mL, hingga menit 60 akhir hasil cair mencapai 180 mL. Dan pada sampel ke empat suhu 450°C menit 10 menghasilkan cairan sebesar 52 mL, hingga menit 60 mencapai hasil tertinggi yaitu sebesar 201 mL.

3.2 Pengaruh Laju Pemanasan dan Temperatur terhadap Viskositas, Densitas, dan Flash Point

Setelah melihat perbedaan kuantitas hasil cair dari proses *pyrolysis*, selanjutnya hasil cair dari proses *pyrolysis* akan diteliti bagaimana karakteristik fisiknya. Penjelasan di bawah akan dilihat bagaimana setiap hasil cair dari proses *pyrolysis* sampah plastik LDPE akan berbeda-beda viskositas, densitas maupun *flashpoint*nya :

a. Viskositas

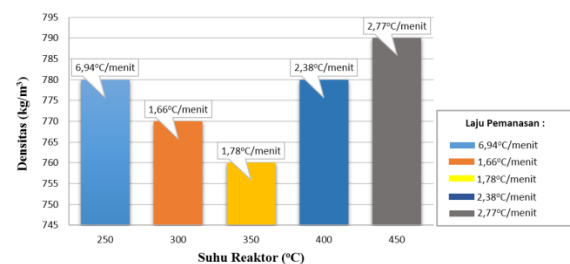


Gambar 5. Grafik Batang Nilai Viskositas dari Laju Pemanasan dan Temperatur dengan Suhu Reaktor

Pada grafik diatas dapat disimpulkan bahwa perbedaan laju pemanasan dan temperatur berpengaruh secara signifikan terhadap nilai viskositas dari setiap sampel hasil cair *pyrolysis*. Pada laju pemanasan 6,94°C/menit dan suhu kompor 350°C cairan memiliki viskositas sebesar 0,30 dPa.S, pada laju pemanasan 1,66°C/menit suhu kompor 450°C memiliki nilai viskositas sebesar 0,29 dPa.S, sedangkan pada laju pemanasan 1,78°C/menit suhu kompor 550°C memiliki nilai viskositas terkecil yaitu sebesar 0,28 dPa.S. Pada laju pemanasan 2,38°C/menit suhu kompor 650°C memiliki nilai viskositas sebesar 0,31 dPa.S, namun pada laju pemanasan 2,77°C/menit suhu kompor 750°C memiliki viskositas tertinggi yaitu sebesar 0,33 dPa.S.

Dalam grafik diatas dijelaskan kecilnya viskositas juga mempengaruhi kuantitas suatu cairan, semakin kecil viskositas maka cairan akan semakin encer dan jernih. Terbukti pada suhu reaktor 350°C memiliki viskositas kecil karena pada suhu ini kualitas *tar* (cairan) memiliki bentuk fisik kuning jernih. Sedangkan pada suhu reaktor 450°C hasil cair memiliki warna abu-abu keruh dan terdapat endapan, akibatnya viskositas dari hasil produk ini cenderung tinggi jika dibandingkan dengan temperatur yang lainnya.

b. Densitas

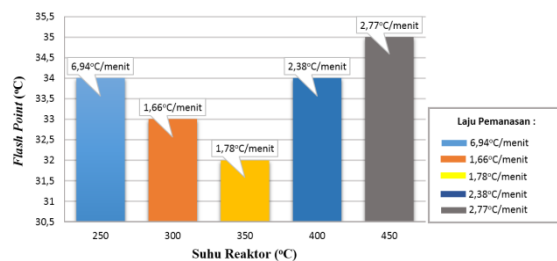


Gambar 6. Grafik Batang Nilai Densitas dari Laju Pemanasan dan Temperatur dengan Suhu Reaktor

Pada laju pemanasan 2,77°C/menit dan suhu reaktor 450°C mendapat nilai densitas tertinggi sebesar 790 kg/m³, sedangkan nilai densitas terkecil didapat pada laju pemanasan 1,78°C/menit dan suhu reaktor 350°C yaitu sebesar 760 kg/m³. Minyak hasil *pyrolysis* jika ditinjau dari nilai densitasnya

mendekati sifat karakteristik yang dimiliki *gasoline*. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan laju pemanasan mempengaruhi langsung nilai densitas dari minyak hasil *pyrolysis*.

c. Flash Point



Gambar 7. Grafik Batang Flash Point dari Laju Pemanasan dan Temperatur dengan Suhu Reaktor

Terlihat pada laju pemanasan 1,78°C/menit dan suhu kompor 550°C memiliki titik *flash point* terkecil yaitu pada suhu 32°C, artinya pada suhu tersebut sampel bisa memercikkan api. Sedangkan titik *flash point* tertinggi berada pada laju pemanasan 2,77°C/menit suhu kompor 750°C.

Hal ini juga berhubungan dengan kualitas sampel, seperti yang sudah disebutkan diatas jika sampel pada suhu reaktor 350°C memiliki bentuk fisik yang lebih jernih dan memiliki densitas serta viskositas yang kecil. Jika ditinjau dari *flash point* yang dimiliki setiap sampel, sampel akan terbakar pada suhu ruang. Hal ini berarti tidak perlu pemanasan yang cukup lama untuk bisa memperoleh titik nyala dari setiap sampel, dan jika dibandingkan dengan *gasoline* semua sampel hampir mendekati sifat yang dimiliki oleh *gasoline* dengan titik nyala 27°C – 34°C.

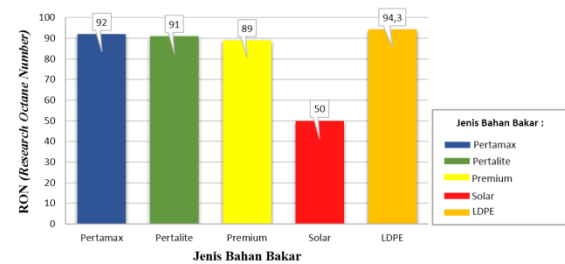
3.3 Perbandingan Hasil Produk *Pyrolysis* dengan Bahan Bakar Lain

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, bahan bakar alternatif hasil produk *pyrolysis* sampah plastik jenis LDPE jika dibandingkan dengan karakteristik fisiknya berupa viskositas, densitas, dan *flash point* bahan bakar lain dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Perbandingan Hasil Produk *Pyrolysis* dengan Bahan Bakar Lain

| Variabel Perbandingan | Viskositas (dPa.S) | Densitas (kg/m ³) | Flash Point (°C) | RON |
|-----------------------|--------------------|-------------------------------|------------------|------|
| Pertamax | 0,070 – 0,20 | 715 – 770 | 25 – 30 | 92 |
| Pertalite | 0,065 – 0,20 | 715 – 770 | 20 – 28 | 91 |
| Premium | 0,065 – 0,20 | 710 – 770 | 20 – 27 | 89 |
| Solar | 0,20 – 0,50 | 820 – 860 | 40 – 100 | 50 |
| LDPE | 0,28 – 0,33 | 760 – 790 | 32 – 35 | 94,3 |

Dan hasil pengujian RON (*Research Octane Number*) dengan menggunakan alat *Oktane Meter* perbandingan LDPE dan bahan bakar lainnya dapat diketahui melalui gambar seperti grafik berikut ini :



Gambar 8. Grafik Batang Perbandingan Nilai Oktan dari Bahan Bakar lainnya dibandingkan dengan LDPE

Pada grafik terlihat bahwa sampah plastik jenis LDPE memiliki oktan tertinggi yaitu sebesar 94,3 lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakar jenis pertamax yang memiliki oktan sebesar 92. Sedangkan yang memiliki oktan terkecil yaitu oktan dari bahan bakar solar sebesar 50.

Dilihat dari nilai viskositas, densitas, dan *flash point* seperti yang telah dijelaskan diatas dapat disimpulkan bahwa laju pemanasan maupun temperatur berpengaruh pada perbedaan nilai dari kualitas hasil cair dari *pyrolysis*, meskipun perbedaannya tidak terlalu terlihat. Dilihat secara fisik sampel 2,3, dan 4 perbedaan warnanya tidak terlalu signifikan bahwan bisa dikatakan hampir sama.

Jika dilihat dari kuantitas hasil cair pada laju pemanasan 6,94°C/menit maupun 2,77°C/menit ada perbedaan hasil yang terlihat, dimana jika disimpulkan semakin tinggi laju pemanasan yang digunakan untuk memanaskan bahan yang ada pada reaktor maka semakin banyak pula hasil cairan yang didapat.

Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Luo (2011) dimana laju pemanasan akan menentukan komposisi produk yang dihasilkan,

semakin tinggi laju pemanasan kecenderungan produk yang dihasilkan akan berupa cairan dan gas. Selain itu pada penelitian ini proses *pyrolysis* yang digunakan termasuk jenis proses *pyrolysis* lambat (*slow pyrolysis*) karena memanaskan reaktor antara suhu 250°C – 500°C seperti teori yang diungkapkan oleh Jahirul dkk (2012).

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Perbedaan laju pemanasan dan temperatur mempengaruhi jumlah *tar* (cairan) yang didapat dari pemanasan plastik LDPE. Semakin tinggi laju pemanasan yang digunakan maka akan semakin banyak hasil cair yang didapatkan. Dimana pada laju pemanasan 1,78°C/menit dan suhu reaktor 350°C memiliki nilai viskositas, densitas, dan *flash point* terkecil dibandingkan dengan laju pemanasan pada suhu yang lainnya yaitu viskositas sebesar 0,28 dPa.S, densitas 760 kg/m³, dan *flash point* sebesar 32°C yang menghasilkan cairan berwarna kuning jernih tanpa endapan sebanyak 165 mL. Sedangkan nilai viskositas, densitas, *flash point* terbesar didapat pada laju pemanasan 2,77°C/menit dan suhu reaktor 450°C dengan nilai viskositas sebesar 0,33 dPa.S, densitas 790 kg/m³, dan *flash point* 35°C yang menghasilkan cairan berwarna abu-abu keruh terdapat banyak endapan sebanyak 201 mL.

5. SARAN

Untuk memperoleh hasil yang lebih maksimal dari penelitian proses *pyrolysis* selanjutnya, maka perlu adanya peningkatan. Adapun saran dari peneliti adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mendapatkan hasil cair yang lebih maksimal, maka penelitian selanjutnya disarankan untuk menjaga kenaikan temperatur pada reaktor secara konstan. Sedangkan kondensor dibuat vertikal dan volumenya lebih besar.
- b. Untuk pipa *pyrex* yang ada didalam kondensor diameternya dibuat lebih kecil dan berbentuk melingkar atau spiral, agar luas penampang yang terkondensasi lebih banyak dan waktu kondensasi lebih lama.
- c. Jumlah air yang digunakan pada sistem pendingin harus memiliki volume 3 kali lebih banyak daripada volume air yang ada pada kondensor. Selain itu untuk menghasilkan hasil cair yang maksimal, konstruksi kondensor sebaiknya lebih rendah dari posisi tabung reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Istiqlaliyah, Hesti. 2017. Analisis Pengaruh Penggunaan Sistem Star Delta Dengan Rangkaian Manual Dan PLC Pada Motor Listrik 3 Phasa. *Jurnal Aljazari*. No. 2. Vol. 2. 2527-3426.

- [2] Fahlevi, M.R..2012.*Sampah Plastik*. (Online), <http://1:Artikel-sampah-plastic.com.l>. Diakses 2 Juli 2017.
- [3] Tumuluru, J, S. et al.. 2011. Review on. *Biomass Torrefaction Process and Product properties and Design of Moving Bed Torrefaction System Model Development*. ASABE Annual International. Kentucky Gotland. Department of Chemical Engineering. Sweden: Lund University.
- [4] Amirullah, Apip, dkk. 2015. Studi Eksperimental Bio Oil Berbahan Baku Limbah Sisa Makanan dengan Variasi Temperatur Pirolisis. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan, Teknik Mesin XIV Fakultas Teknik Universitas, Lambung Mangkurat, 7-8 Oktober*.
- [5] Sarker.M,Rashid.M.M,Rahman.M.S, danMolla.M.2012.EnvironmentallyHarmfulLow DensityWastePlasticConversionintoKeroseneGradeFuel.*JournalofEnvironmental Protection*, (3): 700 –708.
- [6] Purwanti Ani dan Sumarni. 2008.*Kinetika Reaksi Pirolisis Plastik LowDensity Polyethylene(LDPE)*.Yogyakarta.AKPRIND.
- [7] Istiqlaliyah, Hesti, Risky Aswi. 2017. Sistem Kontrol Frekuensi Putar Motor Pada Cooling Pad Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal SIMETRIS*. No. 2. Vol. 8. 2549-3108.
- [8] Solso dan Maclin. 2002.*Penelitian Eksperimental*. Jakarta: PT. Gramedia.
- [9] Sugiyono. 2010.*Statika Untuk Penelitian*. Jakarta: Tangga Pustaka.