

PEMBUATAN ALAT PIROLISIS SEBAGAI MEDIA PENGUBAH LIMBAH KANTONG PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Edi Nugroho

Fakultas Vokasi, Program Studi D3 Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Email : Edie_nugroho47@yahoo.com

ABSTRAK

Sampah kantong plastik di Indonesia begitu memprihatinkan. Banyaknya penggunaan kantong plastik maupun yang berbahan plastik pada sektor makanan, industri, dan lain-lain yang akan berdampak negatif pada lingkungan jika tidak adanya pemanfaatan sampah kantong plastik tersebut. Tugas akhir ini ditulis sebagai laporan penelitian yang memanfaatkan sampah kantong plastik untuk diubah menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis. Dimulai dari pembuatan alat pirolisis, proses pirolisis untuk pengambilan minyak bahan bakar, dan pengujian laboratorium mengenai massa jenis minyak, viskositas minyak, dan nilai kalor minyak. Pirolisis dilakukan tiga kali percobaan dengan bervariasi suhu yaitu pada suhu 200°C, 250°C, dan 300°C. Penelitian ini mendapatkan kesimpulan bahwa Minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik berjenis LDPE yang paling baik dalam penelitian ini yaitu pada suhu 250°C, dengan viskositas sebesar 1,95 cP, nilai kalor sebesar 10826,388 kal/gr, dan massa jenis minyak sebesar 0,7044 gr/ml. Minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik dapat dinyalakan melalui percikan api dan dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

Kata Kunci : plastik, pirolisis, bahan bakar minyak, minyak pirolisis.

ABSTRACT

Plastic bag waste in Indonesia is so alarming. The many uses of plastic bags and those made from plastic in the food sector, industry, and others that will have a negative impact on the environment if there is no utilization of the plastic bag waste. This final project is written as a research report that utilizes plastic bag waste to be converted into fuel oil by pyrolysis process. Starting from the manufacture of pyrolysis devices, the process of pyrolysis for extracting fuel oil, and laboratory testing of oil density, oil viscosity, and oil calorific value. Pyrolysis was carried out three times with varying temperatures at 200 ° C, 250 ° C and 300 ° C. This study concludes that the best LDPE type plastic bag waste pyrolysis oil in this study is at a temperature of 250 ° C, with a viscosity of 1.95 cP, a calorific value of 10826,388 cal / gr, and an oil density of 0,7044 gr / ml. Oil from the pyrolysis of plastic bag waste can be ignited through sparks and can be used as an alternative energy source.

Keywords: plastic, pyrolysis, fuel oil, pyrolysis oil

Ma. Shm 10/19

1. PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya teknologi yang diterapkan pada mesin kendaraan bermotor maupun industri, memungkinkan meningkatnya konsumsi bahan bakar minyak yang digunakan manusia setiap harinya. Peningkatan konsumsi bahan bakar minyak ini disebabkan juga karena bertambahnya populasi manusia dan ketergantungan penggunaan bahan bakar minyak yang sudah menjadi kebiasaan. Faktor-faktor tersebut akan menyebabkan kelangkaan bahan bakar minyak yang semakin menipis.

Tidak bisa dipungkiri setiap negara pastinya mengkonsumsi bahan bakar minyak yang besar di setiap tahunnya. Faktor yang mempengaruhi penggunaan bahan bakar fosil yang tinggi yaitu banyaknya mesin industri, transportasi pada setiap negara dimana mesin dan transportasi tersebut menggunakan sumber penggerak yang dipicu dari bahan bakar fosil. Maka dari itu perlu adanya energi alternatif yang bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang semakin menipis dan langka. Setiap negara harus siap dalam mengatasi permasalahan kelangkaan tersebut dan disertai semakin melonjaknya harga bahan bakar minyak setiap tahunnya.

Berbagai negara sudah banyak yang mulai mengembangkan sumber energi alternatif untuk menghadapi semakin menipisnya sumber energi fosil terutama bahan bakar minyak. Sumber energi alternatif yang didapat bukan dari fosil atau bumi, melainkan dari tumbuh-tumbuhan, kotoran hewan, limbah plastik dan lain-lain. Sumber energi alternatif ini mempunyai kelebihan yaitu sumber energi yang tidak akan habis jika dikelola dengan baik secara terus-menerus. Energi yang dapat dihasilkan dari sumber energi alternatif ini ialah berbentuk gas, berbentuk cairan minyak (*fuel*), dan berbentuk padat (*solid*).

Bahan bakar minyak atau biasa disebut BBM merupakan bahan bakar yang berupa minyak mentah yang berasal dari inti bumi, kemudian diolah dengan proses penyulingan dan menambahkan berbagai unsur zat kimia supaya bisa menjadi bahan bakar minyak yang siap untuk digunakan. Konsumsi bahan bakar minyak di Indonesia

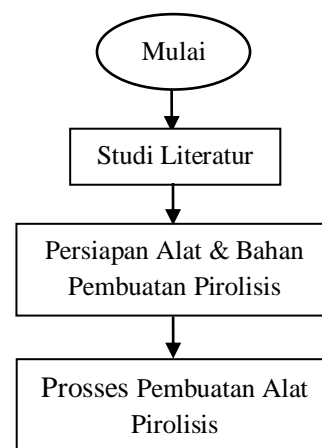
tergolong cukup besar yaitu di tahun 2018 konsumsi bahan bakar minyak mencapai 75 juta KL (kiloliter), menurut Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas). Tidak hanya konsumsi bahan bakar minyak saja yang tinggi, namun masyarakat juga mempunyai sifat konsumtif yang tinggi terhadap barang terutama barang yang mengandung bahan plastik seperti kemasan makanan, kantong plastik, peralatan rumah tangga, dan lain-lain. Sehingga akan menimbulkan limbah plastik yang sulit terurai bahkan membutuhkan bertahun-tahun baru bisa terurai oleh tanah. Oleh karena itu, harus ada pemanfaatan pada limbah plastik ini supaya bisa mengurangi sampah dan lingkungan tetap bersih sehat.

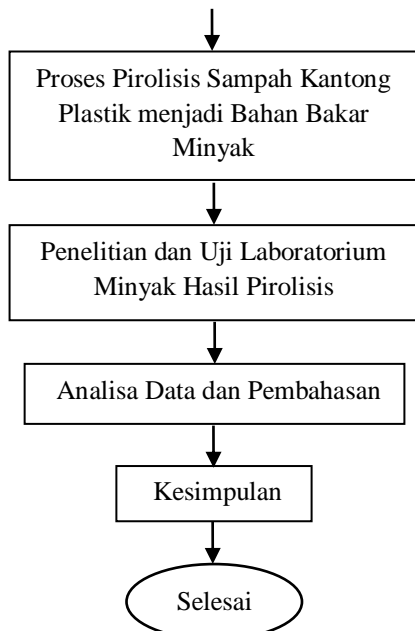
Menciptakan sumber energi alternatif merupakan salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan tersebut. Tidak hanya dapat mengurangi sampah saja tetapi juga bisa mendapatkan sumber energi alternatif baru dalam pemanfaatan limbah plastik atau kantong plastik dengan proses pirolisis. Yang bisa dihasilkan dari proses pirolisis sampah kantong plastik berupa *fuel* atau bahan bakar berbentuk cairan yang biasanya dinamakan bahan bakar minyak.

Umumnya, bahan bakar minyak bumi mengandung hidrokarbon yang terdiri dari senyawa hidrogen (H) dan senyawa karbon (C) yang saling membentuk rantai (Mujab, A.S., 2011). Adanya penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai kalor yang terdapat pada minyak hasil pirolisis, mengetahui nilai kekentalan (*viscosity*) minyak, dan untuk mengetahui berat jenis yang terdapat pada minyak hasil pirolisis.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian





Tabel 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Alat pembuat pirolisis
 - a. Mesin las OAW dan SMAW
 - b. Gerinda
 - c. Gergaji potong
 - d. Spidol
 - e. Alat ukur panjang/meteran
2. Alat-alat uji minyak dan alat ukur
 - a. Viskometer *Brookfield*
 - b. Piknometer
 - c. Kalorimeter
 - d. Timbangan
 - e. *Stopwatch*
 - f. *Thermometer*
 - g. *Heater* (alat pemanas)
 - h. Gelas ukur

2.3 Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

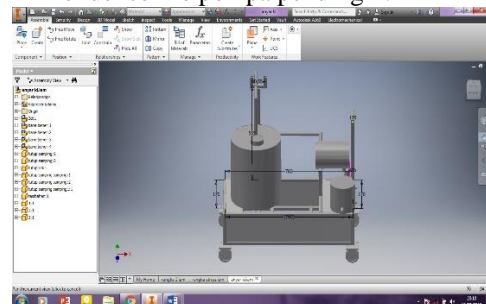
- a. Bahan yang digunakan *stainless steel 300*, dan besi.
- b. Sampah kantong plastik jenis LDPE untuk bahan uji alat pirolisis.
- c. Minyak hasil pirolisis

2.4 Pembuatan Alat Pirolisis

Sesudah peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan alat pirolisis

sudah siap ,maka tahap yang harus dilakukan selanjutnya sebagai berikut :

- a. Membuat kerangka dari plat besi berbentuk kerangka kubus untuk tempat alat pemanas dan untuk tempat menopang tabung reactor ,dengan panjang 75 cm, tinggi 17 cm, dan lebar 39 cm.
- b. Membuat reaktor berbentuk tabung dengan diameter 30 cm dan tinggi 35 cm menggunakan bahan *stainless steel 300*. Lubangi pada sisi samping tutup reaktor untuk tempat termometer dan lubangi juga pada sisi tengah tutup tabung reaktor untuk jalur pipa keluaran gas uap.
- c. Membuat alat pendingin atau kondensor berjumlah dua buah berbentuk tabung dengan diameter 15 cm tinggi 20 cm ,dan dengan diameter 15 cm tingi 15 cm. Kemudian lubangi pada setiap sisi samping kondensor untuk tempat pipa masuk dan keluar air pendingin dan lubangi pada sisi samping lain untuk tempat pipa masuk dari tabung reaktor.
- d. Sambungkan setiap komponen reaktor tabung ke kondensor dengan pipa penyalur dan sambungkan pipa pada kondensor ke pompa pendingin.



Gambar 2.1 Skema Alat Pirolisis

2.5 Pelaksanaan Penelitian

Bahan sampah kantong plastik dikumpulkan dan dibersihkan dari kotoran yang menempel. Menimbang sampah kantong plastik sebesar sesuai kapasitas reaktor dan sesuai besaran yang akan di uji. Memasukan sampah kantong plastik ke dalam reaktor dan panaskan dengan suhu yang bervariasi dengan berat sampah kantong plastik yang sama selama melakukan percobaan. Catat waktu yang dibutuhkan dalam setiap masing-masing percobaan sampai selesai. Kemudian, melakukan uji laboratorium mengenai nilai kalor, viskositas, dan berat jenis minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik.

Data hasil yang didapatkan dari laboratorium mengenai massa jenis, viskositas, dan nilai kalor minyak. Kemudian, data dianalisa dengan membandingkan data referensi yang sudah ada maupun data standar yang *valid*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahapan Proses Pembuatan Alat Pirolisis

Bahan dan perlengkapan alat yang dipersiapkan harus menyesuaikan komponen yang akan dibuat. Beberapa komponen yang dibuat di antaranya, kerangka alas penopang, tabung reaktor, kondensor udara, kondensor air, dan pipa penghubung. Beberapa tahapan dalam pembuatan alat pirolisis :

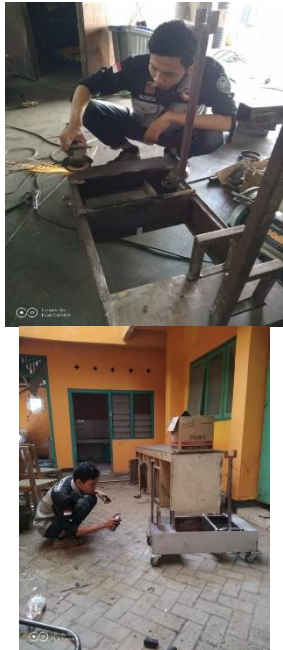
- a. Pembuatan kerangka alas penopang dengan dimensi yang sudah ditentukan sesuai desain. Komponen ini berfungsi untuk tempat atau wadah penopang reaktor dan kondensor, dengan adanya alas penopang ini dapat mempermudah dalam memindahkan alat pirolisis dan alas penopang tersebut juga dilengkapi dengan roda sehingga dapat mempermudah dalam memindahkan alat pirolisis. Bahan yang digunakan dalam pembuatan alas penopang menggunakan bahan plat besi berbentuk kotak dengan ketebalan plat 0,6 mm.



- Gambar 3.1 Proses Pembuatan Alat Pirolisis
- b. Pembuatan tabung reaktor, bahan yang digunakan menggunakan bahan *stainless steel* 300 dengan ketebalan 0,5 mm.

Bahan *stainless steel* mempunyai banyak kelebihan di antaranya, tahan terhadap korosi, dan tahan suhu tinggi atau titik leburnya yang tinggi. Jadi sangat baik digunakan saat bahan tersebut menerima perlakuan suhu yang tinggi sehingga suhu yang diterimanya dapat stabil dan efisien. Tabung reaktor ini dilengkapi dengan alat pengukur suhu atau *thermocouple* yang di posisikan pada atas tutup reaktor.

- c. Pembuatan kondensor udara dan kondensor air, bahan yang digunakan sama dengan bahan tabung reaktor yaitu *stainless steel* 300 dengan ketebalan 0,5 mm. Kondensor udara dan kondensor air ini didesain berbentuk tabung dengan ukuran masing – masing yang berbeda.
- d. Pembuatan pipa penghubung, pipa penghubung juga menggunakan bahan *stainless steel* dengan diameter 2 cm dan memiliki ketebalan 1 mm. Pipa dilengkung 90 derajat dengan menggunakan alat lengkung atau *roll* menyesuaikan desain yang sudah ditentukan.
- e. Penyambungan antar komponen, penyambungan antar komponen dilakukan dengan mengelas ujung pipa ke tabung reaktor dan ujung pipa lain ke kondensor.
- f. Proses uji coba alat dengan mengujinya melalui proses pirolisis dengan suhu 200 derajat celsius. Proses ini dilakukan untuk melihat kinerja alat dan untuk mengetes kebocoran yang ada.
 - g. *Finishing*, proses penghalusan dan pengecatan pada alat pirolisis.



Gambar 3.2 Proses *Finishing*

3.2 Tahapan Proses Pirolisis

Ada beberapa tahapan dalam melakukan proses pirolisis pada penelitian ini, diantaranya :

- Mengumpulkan bahan pirolisis sampah kantong plastik atau plastik kresek dengan warna campuran.
- Membersihkan sampah kantong plastik dari kotoran tanah maupun yang lain dan mengeringkannya jika kantong plastik terdapat air.
- Menimbang sampah kantong plastik sesuai sengan kapasitas reaktor (2 kg).



Gambar 3.3 Proses Penimbangan Sampah Kantong Plastik

- Memasukkan sampah kantong plastik yang sudah ditimbang ke dalam reaktor dengan memadatkannya.
- Menutup reaktor serapat mungkin supaya tidak terjadi kebocoran saat pirolisis berlangsung.
- Menyalakan pemanas atau kompor bertekanan dengan suhu bervariasi yaitu suhu 200°C, suhu 250°C, dan suhu

300°C(melakukan 3 kali pengujian pirolisis dengan melakukan langkah yg sama). Dijaga kestabilan suhu pada masing-masing pengujian.

- Catat waktu yang dibutuhkan dan jumlah hasil minyak yang keluar pada masing-masing pengujian.



Gambar 3.4 Proses Pirolisis Pengambilan Minyak

3.3 Pengamatan Visual Minyak Pirolisis

Beberapa hal yang dilakukan dalam pengamatan visual pada minyak hasil pirolisis yaitu kejernihan dari minyak dan warna minyak.

Tabel 4.1. Hasil Pengamatan Visual

Nomer sampel	Kode Sampel	Warna Minyak	Kejernihan Minyak
1	T200°C	Kuning Keruh	Lumayan Jernih
2	T250°C	Kuning Bening	Jernih
3	T300°C	Kuning Keruh	Kurang Jernih

Setelah mendapatkan sampel minyak dari proses pirolisis menggunakan sampah kantong plastik dan dilakukannya pengamatan visual terhadap ketiga sampel minyak mengenai warna dan kejernihan minyak menghasikan data yaitu pada kode sampel T200°C dan T300°C memiliki warna dan kejernihan yang hampir sama ,kemudian pada kode sampel T250°C memiliki warna minyak dan kejernihan yang kuning, bening, dan jernih daripada kode sampel T200°C dan T300°C. Seharusnya pada kode sampel minyak T300°C memiliki warna dan

kejernihan yang baik daripada kode sampel minyak T250°C maupun T200°C.

Karena ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kejernihan minyak dan warna minyak yaitu dalam proses pirolisis saat pemanasan berlangsung harus bertahap dalam mengatur suhu pemanasan, dengan begitu proses pirolisis dapat sempurna dan dapat menghasilkan minyak yg baik.



Gambar 3.5 Minyak Hasil Pirolisis Sampah Kantong Plastik

3.4 Pengujian Proses Pirolisis Sampah Kantong Plastik

3.4.1 Waktu yang Dibutuhkan dan Jumlah Hasil Minyak

Tabel 3.1. Pengujian Hasil Pirolisis

Nomer Sampel	Kode Sampel	Berat Sampah Kantong Plastik (kg)	Suhu (°C)	Waktu Yang Dibutuhkan (jam)	Jumlah Minyak (ml)
1	T200°C	2	200	8	243
2	T250°C	2	250	7	625
3	T300°C	2	300	8	1172

Dilihat dari data hasil proses pirolisis sampah kantong plastik yang sudah dilakukan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi jumlah keluaran minyak dan waktu yang dibutuhkan sampai selesai selama satu proses pirolisis. Pada kode sampel T200°C dengan berat sampah kantong plastik sebesar 2 kg dan dengan suhu 200 derajat celsius menghasilkan minyak paling sedikit daripada kode sampel yang lain yaitu sebesar 243 ml dan memakan waktu 8 jam sampai minyak tidak menetes keluar lagi. Pada suhu 250°C menghasilkan minyak sebesar 625 ml dan 7 jam waktu yang dibutuhkan sampai minyak tidak menetes lagi. Sedangkan, pengujian proses pirolisis dengan suhu 300°C menghasilkan minyak sebesar 1172 ml dan membutuhkan waktu 8 jam.

Faktor yang mempengaruhi jumlah keluaran minyak dan waktu yang dibutuhkan dalam satu proses pirolisis pada penelitian ini yaitu kestabilan suhu sangatlah berpengaruh dalam waktu dan jumlah pengeluaran minyak yang dihasilkan. Karena, dengan tidak stabilnya suhu pemanasan dalam proses pirolisis berlangsung akan mempengaruhi tekanan di dalam reaktor yang mengakibatkan tekanan juga tidak stabil sehingga pengeluaran minyak akan sangat minim.

3.5. Pengujian Laboratorium mengenai Viskositas Minyak, Nilai Kalor Minyak, dan Massa Jenis Minyak

Setelah sudah dilakukan pengujian laboratorium minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik berjenis LDPE dengan 2 kali pengujian maka dapat dianalisa dan diketahui bahwa data hasil uji laboratorium minyak pirolisis pada kode sampel T200°C memiliki nilai viskositas minyak 2,0 cP pengujian pertama dan 2,3 cP pengujian kedua, nilai kalor minyak sebesar 10224,588 kal/gr pengujian pertama dan 10739,331 kal/gr pada pengujian kedua, dan berat jenis minyak sebesar 0,7025 gr/ml pengujian pertama dan 0,7136 gr/ml pada pengujian kedua. Pada kode sampel T250°C, minyak memiliki nilai viskositas, nilai kalor, dan berat jenis masing – masing sebesar 1,8 cP pengujian pertama dan 2,1 cP pengujian kedua, nilai kalor minyak sebesar 11037,834 kal/gr pengujian pertama dan 10614,942 kal/gr pada pengujian kedua, dan berat jenis minyaknya 0,7069 gr/ml pengujian pertama, dan 0,7019 gr/ml pengujian kedua. Data tersebut menunjukkan penurunan nilai yang didapat pada sampel minyak T250°C dibandingkan dengan sampel minyak T200°C.

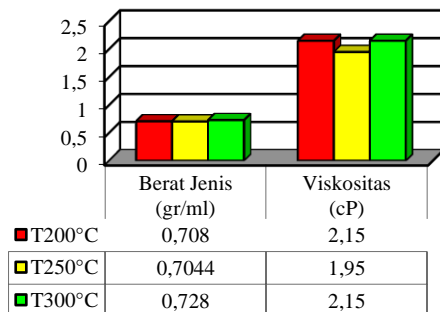
Kemudian, minyak dengan kode sampel T300°C juga mengalami kenaikan nilai kalor, nilai viskositas sama dengan kode sampel T200°C, dan berat jenis minyak, masing – masing sebesar 11342,199 kal/gr pengujian pertama dan 11210,230 kal/gr pada pengujian kedua, nilai viskositasnya sebesar 2,3 cP pengujian pertama dan 2,0 cP pengujian kedua, dan berat jenisnya 0,7436 gr/ml pengujian pertama dan 0,7125 cP pengujian kedua. Data hasil pada penelitian ini berdasarkan pengujian di laboratorium Chem-Mix Pratama

Tabel 3.2. Pengujian Uji Laboratorium

No	Kode Sampel	Analisa	Pengujian 1	Pengujian 2	Rata-Rata
1	T200°C	Berat	0.7025	0.7136	0.7080
		Jenis	gr/ml	gr/ml	gr/ml
		Viskosita	2.0 cP	2.3 cP	2.15 cP
		s	10224.588	10739.331	10481.959
		Nilai Kalor	kal/gr	kal/gr	kal/gr
2	T250°C	Berat	0.7069	0.7019	0.7044
		Jenis	gr/ml	gr/ml	gr/ml
		Viskosita	1.8 cP	2.1 cP	1.95 cP
		s	11037.834	10614.942	10826.388
		Nilai Kalor	kal/gr	kal/gr	kal/gr
3	T300°C	Berat	0.7436	0.7125	0.7280
		Jenis	gr/ml	gr/ml	gr/ml
		Viskosita	2.3 cP	2.0 cP	2.15 cP
		s	11342.199	11210.230	11276.214
		Nilai Kalor	kal/gr	kal/gr	kal/gr

3.5.1 Berat Jenis dan Viskositas Minyak Hasil Pirolisis

Grafik Berat Jenis dan Viskositas Minyak



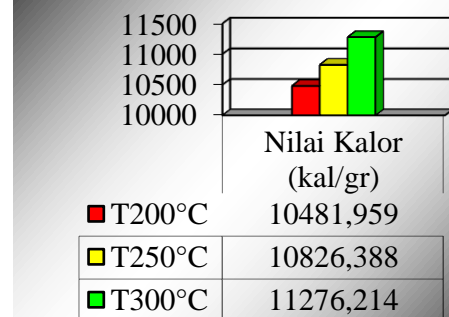
Gambar 3.6 Grafik Berat Jenis dan Viskositas Minyak

Dilihat dari data diatas karena pengujian dilakukan dua kali maka diambil rata – ratanya dari data hasil laboratorium yang sebenarnya ,berat jenis minyak yang paling rendah terdapat pada sampel T250°C yaitu sebesar 0,7044 gr/ml dengan suhu 250°C pada pengujian pirolisis sampah kantong plastik. Berat jenis minyak yang tertinggi diperoleh pada sampel T300°C yaitu sebesar 0,7280 gr/ml dengan suhu 300°C pada pengujian pirolisis sampah kantong plastik berjenis LDPE.

Mengenai data hasil massa jenis minyak pirolisis dan viskositas minyak pirolisis yang sudah diperoleh ,maka dapat disimpulkan bahwa kenaikan massa jenis minyak akan berpengaruh pada viskositas minyak. Kenaikan massa jenis minyak berbanding lurus terhadap viskositas minyak, semakin besar massa jenis minyak semakin besar pula viskositas minyak begitupun sebaliknya.

3.5.2 Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis

Grafik Nilai Kalor Minyak



Gambar 3.7 Grafik Nilai Kalor Minyak

Data grafik diatas menunjukkan bahwa nilai kalor minyak tertinggi pada sampel T300°C yaitu sebesar 11276,214 kal/gr dengan suhu 300°C saat pengujian pirolisis sampah kantong plastik. Nilai kalor minyak terendah terdapat pad sampel T200°C sebesar 10481,959 kal/gr dengan suhu 200°C saat pengujian pirolisis sampah kantong plastik jenis LDPE. Data tersebut menunjukkan bahwa suhu yang digunakan dalam pirolisis berpengaruh terhadap nilai kalor minyak, semakin naik suhu yang digunakan dalam pirolisis semakin naik pula nilai kalor minyak yang didapat.

Dari data hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap kode sampel minyak masing – masing memiliki nilai yang berbeda pada setiap jenis pengujiannya. Hal itu disebabkan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya suhu yang digunakan dalam proses pirolisis ,kestabilan suhu harus dijaga, dan panjang jalur pipa gas. Dan juga proses pirolisis yang benar dan efektif akan menentukan kualitas minyak yang keluar.

Semakin naik suhu yang digunakan dalam pirolisis, semakin baik kualitas minyak yang didapatkan.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian pembuatan alat pirolisis sebagai media pengubah sampah kantong plastik menjadi bahan bakar minyak dan uji laboratorium minyak yang sudah dilakukan. Berdasarkan data hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa:

1. Minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik berjenis LDPE yang paling baik dalam penelitian ini yaitu pada suhu 250°C, dengan viskositas sebesar 1,95 cP, nilai kalor sebesar 10826,388 kal/gr, dan massa jenis minyak sebesar 0,7044 gr/ml.
2. Minyak hasil pirolisis sampah kantong plastik dapat dinyalakan melalui percikan api dan dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif.

5. SARAN

Dalam penelitian ini tentunya masih ada kekurangan yang perlu diperhatikan dalam segi teknis saat perancangan alat pirolisis yang akan dibuat maupun dalam hal proses pirolisis. Pirolisis yang sempurna akan menentukan hasil minyak yang baik.

Perlu adanya perancangan desain alat pirolisis yang tepat supaya tidak terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan saat proses pirolisis berlangsung seperti tersambarnya minyak hasil pirolisis oleh api pembakaran karena terlalu dekat *output* atau pipa pengeluaran minyak terhadap sumber api pembakaran.

Saran untuk menyempurnakan penelitian ini yaitu perlu adanya perhitungan dalam hal sumber pembakaran dengan nilai *output* minyak yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arisandi, M., Darmanto, D., & Priangkoso, T. (2012). Analisa Pengaruh Bahan Dasar Pelumas Terhadap Viskositas Pelumas dan Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, 8(1).
2. Biantoro, Eka W (2018). "Analisa Hasil Produk Cair Pirolisis dari Ban Dalam Bekas dan Plastik Jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*)".
3. Juliastuti, S.R. (2015). Pengolahan Limbah Plastik Kemasan Multilayer LDPE (*Low Density Poly Ethilene*) dengan Menggunakan Metode Pirolisis Microwave. *In Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, (pp. 11-1).
4. Kamaruddin, R. (1999). *A Naturally Ventilated Crop Protection Structure for Tropical Conditions*.
5. Kurniawan, E., & Nasrun, N. (2019). Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 3(2), 41-52.
6. La Ode, M. F., & Harahap, S. (2017). Rancang Bangun Destilator Untuk Mengolah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 7(1), 35-44.
7. Mujab, A.S. (2011). Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Lumpur Minyak Bumi.
8. Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). PENGOLAHAN LIMBAH KANTONG PLASTIK JENIS KRESEK MENJADI BAHAN BAKAR MENGGUNAKAN PROSES PIROLISIS. *Jurnal Energi Elektrik*, 4(1).
9. Putra, R.K., & Murdiya, F. (2017). Karakteristik Tegangan Tembus Arus Bolak Balik Pada Minyak Jarak Pagar (*Jatropha Curcas*) Sebagai Alternatif Isolasi Cair. *None*, 4(2), 1-11.
10. Rachmawati, Q., & Herumurti, W. (2015). Pengolahan Sampah Secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D27-D29.
11. Rafli, R., Fajri, H. B., Jamaludhin, A., Azizi, M., Riswanto, H., & Syamsiro, M. (2017). Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak di Kabupaten Bantul. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, 2(1), 1-5.
12. Suksewati, D. D. (2010). *Karakteristik Sifat Fisik Dan*

Kimia Minyak Hasil Pirolisis Lambat Campuran Sampah Kertas dan Daun (Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret).

13. Teknik Perminyakan Indonesia (2015, 15 Oktober). *Viskositas Minyak Mentah Adalah (Crude Oil Viscosity)*. Dikutip 07 Maret 2019 dari Viskositas Minyak Mentah Adalah (*Crude Oil Viscosity*): <http://teknik-perminyakan-indonesia.blogspot.com/2015/10/viskositas-minyak-mentah-adalah-crude.html>
14. Zainuri, Fuad dan Mustofa (2014). "Pirolisis Sampah Plastik Hingga Suhu 900°C Sebagai Upaya Menghasilkan Bahan Bakar Ramah Lingkungan".

