

PERANCANGAN DAN UJI ALAT PENGOLAH SAMPAH PLASTIK JENIS LDPE (LOW DENSITY POLYETHYLENE) MENJADI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

*Taufan Landi¹, Arijanto²

¹Mahasiswa Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email: taufan.land@gmail.com

Abstrak

Bahan plastik di dunia banyak dimanfaatkan manusia untuk berbagai aktifitas. Material plastik beragam. Plastik mempunyai dampak negatif sehingga diperlukan proses *recycling*. Volume plastik yang dapat diolah saat ini berkisar 4 %. Berbagai proses *recycle* telah dilakukan. Salah satu proses *recycle* yang lebih menjanjikan dan mempunyai prospek yang baik adalah proses pengolahan bahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Tujuan penelitian ini adalah mengkonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif, mengetahui proses pengolahan sampah plastik, dan mengetahui karakteristik bahan bakar yang dihasilkan oleh sampah plastik. Bahan limbah plastik adalah LDPE (*Low Density Polyethylene*). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor, pipa penghubung, kondensor, dan tempat penampungan minyak hasil pirolisis. Metode penelitian ini adalah melakukan proses pirolisis pada temperatur 350°C, 500°C, dan 700°C dan waktu reaksi selama 0-60 menit. Dari hasil penelitian di dapatkan volume yang dihasilkan dari tiga variasi temperatur 350°C, 500°C, dan 700°C adalah 140 ml, 210 ml, dan 365 ml. Densitas yang dihasilkan dari tiga variasi temperature 350°C, 500°C, dan 700°C yaitu 0,7291 gr/ml, 0,7563 gr/ml, dan 0,7336 gr/ml. Nilai kalor yang dihasilkan dari tiga variasi temperature 350°C, 500°C, dan 700°C adalah 36,290 J/gr, 28,517 J/gr, dan 40,124 J/gr. Dari hasil densitas dan nilai kalor yang dihasilkan bahan bakar hasil pirolisis nilai ini mendekati densitas dan nilai kalor pada minyak tanah dan bensin. Dari hasil pengujian untuk suhu optimum diantara tiga variasi suhu yang dilakukan yaitu pada suhu 700°C.

Kata kunci: plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*), pirolisis, densitas, nilai kalor

Abstract

Plastics widely used in the world of human's activities. There are various types of plastic. Plastics have a negative impact so that the necessary process of recycling. The volume of plastic that can be processed at this time ranges from 4%. Various recycle process has been carried out. One of the more promising recycle process and good prospects are the processing of plastics waste into alternative fuels. The purpose of this study is to convert plastic waste into alternative fuel, the characteristics of processing plastic waste, and the characteristics of the fuel produced by plastic waste. Plastic waste material is LDPE (*Low Density Polyethylene*). This research was conducted by using the tools consists of a pyrolysis reactor, connecting pipes, condensers, and shelters pyrolysis oil. This research method is to perform the pyrolysis process at temperature of 350°C, 500°C, and 700°C and a reaction time of 0-60 minutes. The result of volumes oil at temperature of 350°C, 500°C, and 700°C are 140 ml, 210 ml, and 365 ml respectively. The density of oil at temperature of 350°C, 500°C, and 700°C are 0.7291 g / ml, 0.7563 gr / ml, and 0.7336 gr / ml respectively. The calorific values of oil at temperature of temperature 350°C, 500°C, and 700°C are 36.290 J / g, 28.517 J / g, and 40.124 J / g respectively. The oil that were produced by pyrolysis were equal to kerosene and gasoline. The best temperature among three variations is at 700 °C.

Keywords: Plastic LDPE (*Low Density Polyethylene*), pyrolysis, density, calorific value

NOMENKLATUR

ρ	Densitas	kg/l
Q_s	Nilai kalor	cal
m	massa	kg
s	waktu	sekon
V	volume	ml
T	suhu	°C
J	Energi	kg.m ² /s ²

1. Pendahuluan

Bahan plastik dalam pemanfaatannya di kehidupan manusia memang tak dapat dielakkan, sebagian besar penduduk di dunia memanfaatkan plastik dalam menjalankan aktivitasnya. Plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Sayangnya, dibalik segala kelebihan itu, sampah plastik menimbulkan masalah. Penyebabnya tak lain sifat plastik yang tidak dapat diuraikan dalam tanah. Perlu waktu berpuluh-puluh tahun untuk tanah menguraikan sampah-sampah dari bahan plastik tersebut. Peningkatan penggunaan plastik untuk keperluan rumah tangga berdampak pada peningkatan timbunan sampah plastik. Sampah plastik selama ini kerap menjadi masalah di sejumlah kota besar. Untuk mengatasinya, para pakar lingkungan dan ilmuwan dari berbagai disiplin ilmu telah melakukan berbagai penelitian dan tindakan. Penanganan sampah plastik yang populer selama ini adalah dengan metode 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*). *Reuse* adalah memakai berulang kali barang-barang yang terbuat dari plastik. *Reduce* adalah mengurangi pembelian atau penggunaan barang-barang dari plastik, terutama barang-barang yang sekali pakai. *Recycle* adalah mendaur ulang barang-barang yang terbuat dari plastik.

Masing-masing penanganan sampah tersebut di atas mempunyai kelemahan. Kelemahan dari *re-use* adalah barang-barang tertentu yang terbuat dari plastik, seperti kantong plastik, kalau dipakai berkali-kali akan tidak layak pakai. Selain itu beberapa jenis plastik tidak baik bagi kesehatan tubuh apabila dipakai berkali-kali. Kelemahan dari *reduce* adalah harus tersedianya barang pengganti plastik yang lebih murah dan lebih praktis. Sedangkan kelemahan dari *recycle* adalah bahwa plastik yang sudah didaur ulang akan semakin menurun kualitasnya dan dengan cara mendaur ulang limbah plastik tidaklah terlalu efektif. Hanya sekitar 4% yang dapat didaur ulang, sisanya menggenung di tempat penampungan sampah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui potensi pengolahan limbah plastik menjadi bahan cair yang dapat diandalkan.

2. Landasan Teori

2.1. Plastik

Plastik adalah polimer rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Bahan pembuat plastik pada mulanya adalah minyak dan gas sebagai sumber alami, tetapi di dalam perkembangannya bahan-bahan ini digantikan dengan bahan sintesis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi dan ekstruksi [1]. Plastik merupakan material yang secara luas dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 220 juta ton/tahun pada tahun 2005.

2.2. Jenis-jenis plastik

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *termosetting*. *Thermoplastic* adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan *thermosetting* adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, *thermoplastic* adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya (lihat Gambar 1 dan Tabel 1).



Gambar 1. Nomor kode plastik [2]

Tabel 1. Jenis plastik, kode, dan penggunaannya [2]

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal
4	LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (<i>Polypropylene</i>)	Cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine

6	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik.
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	Botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

2.3. Sifat thermal bahan plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perengganan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi padasuhu di atas 1,5 kali dari temperaturtransisinya [2]. Data sifat thermal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik [2]

Jenis Bahan	T_m ($^{\circ}\text{C}$)	T_g ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatur Proses Maks ($^{\circ}\text{C}$)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS	-	110	85
PS	-	90	70
PMMA	-	100	85
PC	-	150	246
PVC	-	90	71

2.4. Pirolisis

Pirolisis berasal dari kata Pyro (Fire/Api) dan Lyo (Loosening/Pelepasan) untuk dekomposisi thermal dari suatu bahan organik. Pirolisis merupakan suatu bentuk penguraian bahan organik secara kimia melalui pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya. Proses pirolisis atau devolatilisasi merupakan proses perengkahan plastik pada suhu tinggi dimulai pada temperature sekitar 230°C [3]. Perengkahan plastik pada suhu tinggi adalah proses paling sederhana untuk daur ulang plastik. Pada senyawa yang berderajat polimerisasi tinggi, pirolisis merupakan reaksi depolimerisasi dan pada suhu tinggi mengikuti mekanisme radikal bebas. Reaksi ini melalui tiga tahap yaitu, tahap memulai, tahap perambatan dan tahap penghentian. Pada proses ini material polimer atau plastik dipanaskan pada suhu tinggi. Proses pemanasan ini menyebabkan struktur makro molekul dari plastik terurai menjadi molekul yang lebih kecil dan hidrokarbon rantai pendek terbentuk. Produk yang dihasilkan berupa fraksi gas, residu padat dan fraksi cair yang mengandung parafin, olefin, naphan, dan aromatis. Hasil proses pirolisis ini dipengaruhi oleh jenis dan karakteristik bahan baku yang digunakan, waktu dan suhu proses [4].

2.5. Sifat asap cair

1) Sifat fisis

a. Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah [5].

Satuan SI massa jenis adalah kg/m^3 . Massa jenis berfungsi untuk menentukan suatu zat karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama. Massa jenis berbagai fluida dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Massa jenis berbagai fluida [3]

No	Jenis Minyak	Massa Jenis (kg/L)
1.	Bensin	0.68
2.	Alkohol Alkil	0.79
3.	Air Laut	1.025
4.	Raksa	13.6
5.	Air (4°C)	1
6.	Darah	1.05
7.	Udara	1.29
8.	Minyak Tanah	0.78-0.81

2) Sifat kimia

a. Nilai kalor

Nilai kalor rendah (LHV, *Lower Heating Value*) adalah jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar dimana kalor laten dari uap air tidak diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas pembakaran dibuat 150°C . Pada temperature ini air berada dalam kondisi fasa uap. Jika jumlah kalor laten uap air diperhitungkan atau setelah terbakar temperatur gas hasil pembakaran dibuat 25°C maka akan diperoleh nilai kalor atas (HHV, *High Heating Value*). Pada temperature ini air akan berada dalam kondisi fasa cair.

Nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan bom kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan dibenamkan di dalam air. Bahan bakar yang bereaksi dengan oksigen akan menghasilkan kalor, hal ini menyebabkan suhu kalorimeter naik. Untuk menjaga agar panas yang dihasilkan dari reaksi bahan bakar dengan oksigen tidak menyebar ke lingkungan luar maka kalorimeter dilapisi oleh bahan yang bersifat *isolator* [5].

Nilai kalor dari berbagai macam bahan bakar dapat dilihat pada tabel berikut ini :

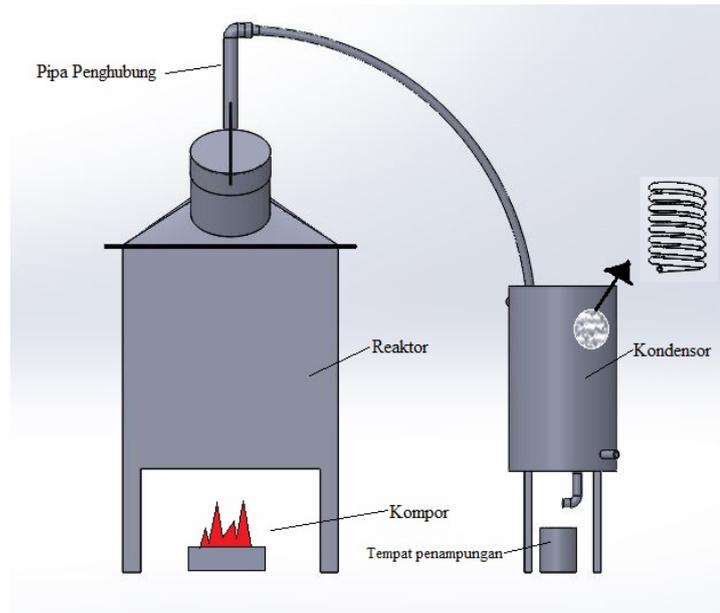
Tabel 4. Nilai kalor dari berbagai macam bahan bakar [3]

No	Bahan Bakar	Nilai Kalor (kJ/g)
1.	Minyak Tanah	43
2.	Bensin	47.3
3.	Aseton	29
4.	Batubara	15-27
5.	Kokas	28-31
6.	Minyak diesel	44.8
7.	Arang	29.6
8.	Butana	49.5
9.	Alkohol 96%	30
10.	Hidrogen	141.79

3. Metode Penelitian

3.1. Merancang dan membuat alat

Perancangan alat pada Gambar 2 disesuaikan dengan fungsi, karakteristik dan lingkungan dimana proses berlangsung. Alat pengolah sampah plastik ini terdiri dari reaktor utama yang terbuat dari plat besi berbentuk persegi panjang, kondensat sebagai pendingin uap, kompor gas sebagai alat pembakaran tempat penampungan sebagai penampung minyak hasil pirolisis. Tabung utama merupakan tabung pemanas tempat sampah plastik di bakar. hidrokarbon. Uap yang dihasilkan dari pembakaran diambil dan didinginkan melalui kondensat sampai cair dan menjadi minyak plastik yang kemudian ditampung di wadah penampungan.



Gambar 2. Rancangan alat pengolah sampah plastic

3.2. Pengujian alat

Bahan yang digunakan didalam penelitian ini adalah sampah plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) berupa kantong kresek, plastik pembungkus daging, dan jenis plastik tipis lainnya, yang berasal dari TPA wilayah Semarang. Sebelum dipergunakan, sampah plastik dijemur terlebih dahulu pada panas matahari. Selanjutnya dipilah dari pengotor tanah lalu dipotong-potong dalam ukuran tertentu dan ditimbang. Sampah plastik yang telah dikeringkan dan dipilah dari zat pengotor, dipotong kecil-kecil. Kemudian ditimbang dengan berat awal 1000 gram. Masukkan sampah plastik kering seberat 1000 gram ke dalam reaktor. Pemanas reaktor dijalankan dan dengan variasi suhu 300°C, 500°C, dan 700°C. Setelah mencapai suhu yang ditentukan, maka saat itu waktu mulai dihitung dan setelah mencapai waktu satu jam, minyak hasil proses pirolisis ditimbang dan diuji hasilnya



Gambar 3. Alat pengolah sampah plastik

4. Hasil dan Pembahasan

Bahan baku yang digunakan didalam proses pirolisis merupakan bahan yang telah dilakukan pembersihan kotoran maupun air sehingga dianggap merupakan bahan baku kering (tidak mengandung kadar air didalam bahan baku tersebut) sehingga peneliti menganggap bahwa tidak terdapat kadar air didalam hasil pirolisis.

Data yang diperoleh dari eksperimen yaitu perbandingan suhu dan volume dari bahan bakar yang dihasilkan, densitas dari bahan bakar yang dihasilkan, dan nilai kalor dari bahan bakar yang dihasilkan

Tabel 5. Hasil Pirolisis dalam berbagai suhu dan volume dan perbandingan konsumsi gas elpiji

No.	Suhu (°C)	Plastik LDPE	Konsumsi Elpiji
		Volume (ml)	Massa (Kg)
1	350	140	0.07
2	500	210	0.09
3	700	365	0.12

4.1. Hasil analisis minyak pirolisis

a. Densitas

Hasil densitas dari minyak didapatkan dengan pengujian minyak hasil pirolisis dengan menggunakan alat gravitimeter yang diuji di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

Tabel 6. Hasil Pirolisis dalam berbagai suhu dan densitas

No.	Suhu (°C)	Plastik LDPE
		Densitas (gr/ml)
1	350	0.7291
2	500	0.7563
3	700	0.7336

b. Nilai kalor

Hasil nilai kalor dari minyak didapatkan dengan pengujian minyak hasil pirolisis dengan alat bomb calorimeter yang diuji di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

Tabel 7. Hasil Pirolisis dalam berbagai suhu dan nilai kalor

No.	Suhu (°C)	Plastik LDPE
		Nilai Kalor (kal/gram)
1	350	8667.72
2	500	6811.17
3	700	9583.45

4.2. Pembahasan hasil analisis minyak pirolisis

a. Volume yang dihasilkan

Pada Gambar 4 ditunjukkan volume yang dihasilkan oleh alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif terhadap tiga suhu variasi yang dilakukan.

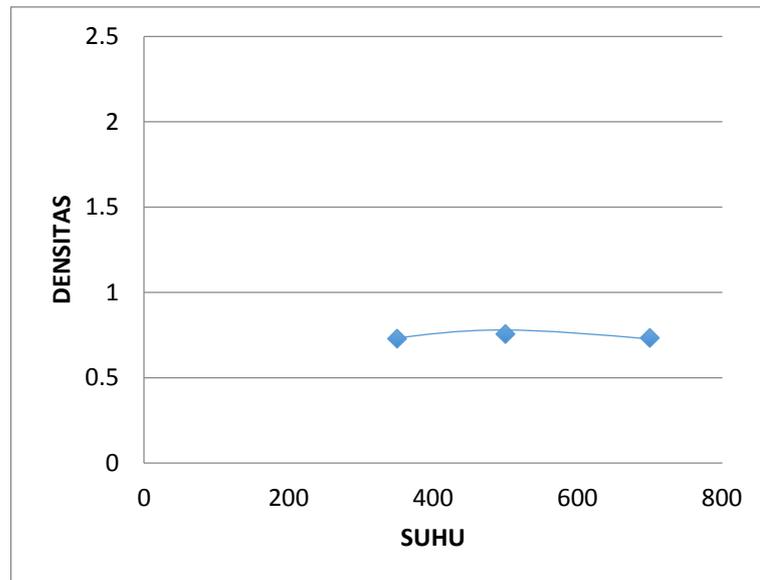


Gambar 4. Grafik perbandingan suhu dan volume pada sampah plastik jenis LDPE

Dari Gambar 4 dapat dilihat hasil perbandingan volume pirolisis dan didapat nilai tertinggi untuk volume yaitu pada suhu 700°C dengan volume yang dihasilkan 365 ml. Hal ini disebabkan karena plastik LDPE memiliki titik didih yang tinggi, jadi semakin tinggi suhu pembakaran menghasilkan volume semakin banyak.

b. Densitas

Pada Gambar 5 ditunjukkan perbandingan densitas yang dihasilkan oleh alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif terhadap tiga variasi suhu yang dilakukan.

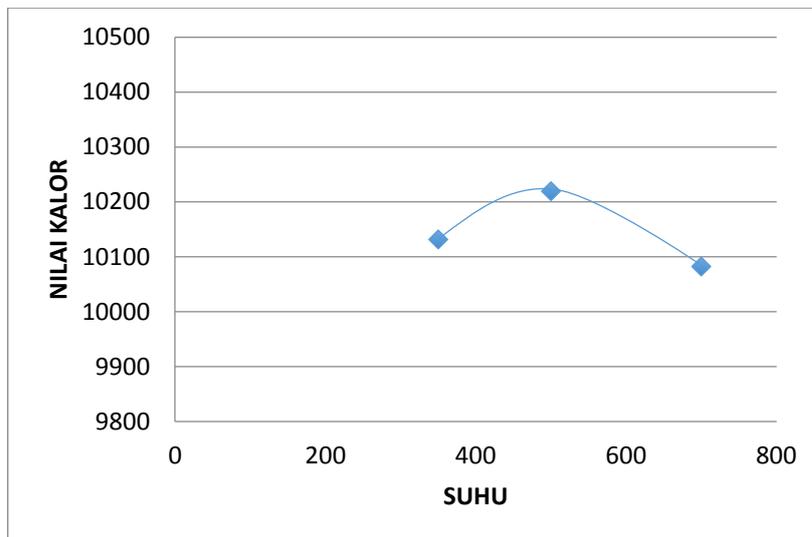


Gambar 5. Grafik perbandingan suhu dan densitas pada sampah plastik jenis LDPE

Dari Gambar 5 dapat disimpulkan hasil perbandingan densitas dari bahan bakar hasil proses pirolisis untuk plastik jenis LDPE relatif sama, nilai rata-rata dari berbagai suhu untuk plastik LDPE yaitu sebesar 0.739667 kg/L, nilai ini mendekati dengan nilai densitas bahan bakar minyak yaitu bensin (0.68 kg/L) dan minyak tanah (0.78-0.81 kg/L). Sehingga dilihat dari densitasnya yang hampir menyerupai densitas minyak tanah dan minyak, bahan bakar hasil pirolisis ini mempunyai potensi besar sebagai bahan bakar alternatif. Dari ketiga variasi suhu yang dilakukan, nilai densitasnya relatif sama.

c. Nilai Kalor

Berikut adalah grafik perbandingan yang didapatkan antara nilai kalor yang dihasilkan dengan beberapa suhu pirolisis dari plastik LDPE yang telah dilakukan.



Gambar 6. Grafik perbandingan suhu dan nilai kalor pada sampah plastik jenis LDPE

Dari Gambar 6 didapatkan hasil perbandingan nilai kalor pirolisis di berbagai suhu dan didapat nilai tertinggi untuk nilai kalor yaitu pirolisis dengan bahan baku sampah plastik pada suhu 700°C yaitu sebesar 40.124 kJ/g dan rata-rata nilai kalor dari minyak pirolisis sebesar 35.02 kJ/g. Pada suhu 500°C terdapat penurunan nilai kalor yang drastic dibandingkan dua variasi suhu lainnya. Hal ini disebabkan karena pada saat pengujian pada suhu 500°C terdapat kebocoran pada reaktor pirolisis. Hal ini menyebabkan proses pirolisis pada pengujian dengan suhu 500°C tidak mendapatkan nilai yang valid dibandingkan dengan dia variasi suhu lainnya. Dari grafik diatas, dapat dilihat suhu

optimum untuk mendapatkan nilai kalor tertinggi diantara tiga variasi suhu yang ada yaitu pada suhu 700°C. Jika dibandingkan dengan berbagai macam nilai kalor pada bahan bakar pada Tabel 4, maka nilai kalor dari minyak pirolisis hampir sama dengan nilai kalor minyak tanah yaitu sebesar 43 kJ/g.



Gambar 7. Minyak hasil pirolisis

5. Kesimpulan

Hasil volume minyak terbanyak adalah pada temperatur dinding reaktor 700°C, pada plastik LDPE yaitu 365 ml. Massa jenis rata-rata minyak LDPE adalah 0.739667gr/ml.. Nilai kalor minyak pirolisis plastik LDPE yang paling tinggi diantara tiga variasi suhu yang ada yaitu pada suhu 700°C yaitu sebesar 9583.45 kal/gr. Nilai kalor rata-rata minyak pirolisis plastik LDPE adalah 8364.4 kal/gr. Suhu optimum diantara tiga variasi suhu yang dilakukan yaitu pada suhu 700°C karena berdasarkan hasil pengujian, untuk mendapatkan volume terbanyak dan nilai kalor paling tinggi diantara tiga variasi suhu yang dilakukan untuk menghasilkan bahan bakar pirolisis diperlukan suhu 700°C. Hasil volume, densitas, dan nilai kalor dari bahan bakar yang dihasilkan, hanya berlaku untuk alat yang di uji pada penelitian ini

Referensi

- [1] Kadir, 2012, “Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair”, Kendari, Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, ISSN 2085-8817
- [2] Surono, U.B., 2013, “Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak”, Yogyakarta, Jurnal Teknik Vol.3 No.1, ISSN 2088-3676.
- [3] Mulyadi, E., 2010, “ Kinetika Reaksi Katalitik Dekomposisi Gambut”, Semnas Hasil Penelitian Balitbang prov Jatim, ISBN 978-979-10-8.
- [4] Ramadhan, A., 2012, “Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis”, Jawa Timur, Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional.
- [5] Syukur, A., 2009, “Penelitian Rancang Bangun Alat Cetak Plastik Limah Untuk Pembuatan Biji Tasbih”, Semarang, DIPA Polines.