

UJI KUALITAS FISIS PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Rahmaniah, Nurhalimah, Sahara*

^{*)}Dosen pada Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar
E-mail : nia.physics08.uin@gmail.com

***Abstract:** This study aims to determine whether the plastic waste can be used as an alternative fuel and to determine the physical quality of alternative fuels plastic waste generated before distillation and after distillation. This study is done the combustion process using a tool designed himself. After the burning process, the oil obtained is done by testing physical parameters are density, viscosity and caloric value. The results showed that the physical quality of alternative fuels, namely plastic waste For this type of plastic PET, HDPE, LDPE, PVC and PP in density test results obtained before and after distillation not meet fuel standards. The results obtained on testing the viscosity value for the type of plastic PET, LDPE, PP and PVC before distillation including kerosene fuel standards. Whereas For this type of plastic HDPE and PP after distillation including kerosene fuel standards. While the test results obtained calorific values for the type of plastic PET, HDPE, PVC, LDPE and PP before and after distillation not meet fuel standards.*

***Keywords:** Waste Plastics, density, viscosity, calorific value, and alternative fuels*

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah plastik merupakan sebuah kendala terbesar di dunia pada umumnya, dan di Indonesia pada khususnya. Sampah plastik banyak ditemukan di kota-kota besar di Indonesia maupun di kota kecil dan tidak terkecuali di daerah perkampungan sekalipun. Hal ini disebabkan oleh pola konsumtif masyarakat Indonesia akan produk plastik semakin meningkat namun upaya untuk menangani limbah dari produk tersebut sangatlah minim. Sebagai tambahan, plastik baru bisa terurai setelah 100 tahun berada dalam tanah, bisa juga lebih, tergantung pada jenis plastiknya.

Tempat Penampungan Akhir sampah, yang diproduksi oleh penduduk kota Makassar, berlokasi di Tamangapa. Sejalan dengan perjalanan waktu, daya lamping TPA ini menjadi semakin terbatas. Timbunan sampah di TPA termaksud semakin menggunung karena belum dilakukannya pengolahan sampah yang dapat mengurangi volume sampah secara signifikan. Tujuan dari penelitian ini adalah

Untuk mengetahui apakah limbah plastik dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar alternatif dan untuk mengetahui kualitas fisis bahan bakar alternatif sampah plastik yang dihasilkan dengan 3 kali proses distilasi.

Karakteristik fisik sampah di TPA Tamangapa yang berupa komposisi sampah diperoleh sampah organik 80,71%, plastik 9,23%, kertas 7,03%, kain 0,03%, kayu 0,17%, kaca 0,22%, kaleng/besi 2,12%, karet 0,50%. Sedang densitas atau pemadatan sampah yakni 0,19 kg/ltr.. Dengan menggunakan nilai-nilai recovery factor, besarnya jumlah sampah kering yang dapat didaur ulang di TPA Tamangapa adalah sebagai berikut: sampah plastik 23,9 ton/hari, sampah kertas 14,6 ton/hari, sampah kaca 0,8 ton/hari, dan kaleng/besi 8,8 ton/hari. Jumlah total reduksi actual jenis-jenis sampah tersebut adalah 48,0 ton/hari. Sedangkan sampah basah/organik sebesar 334,3 ton/hari. Nilai ekonomi yang diperoleh yakni apabila diperhitungkan terhadap nilai upah minimum sebesar Rp. 850.000/bulan, nilai ekonomi sampah kering sebesar Rp. 86.050.000/hari, atau Rp 2,6 milyar/bulan, dapat menopang 3000 tenaga kerja. Apabila sampah basah diolah menjadi kompos, dapat diperoleh revenue total sebesar Rp. 161.275.000/hari atau Rp. 4,8 milyar/bulan. Nilai revenue ini mampu menghidupi 6000 orang.

Sejak ditemukan pertama kali pada tahun 1907, penggunaan plastik dan barang-barang berbahan dasar plastik semakin meningkat. Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga jumlah populasi penduduk. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Untoro Budi Surono, 2013).

Berdasarkan hal tersebut dampak yang ditimbulkan oleh sampah yang menumpuk akan menyebabkan kerusakan di bumi seperti banjir, dan menumpuknya sampah di mana – mana. Hal ini juga dijelaskan pada (QS Ar-Rum (30): 41)

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ
يَرْجِعُونَ ﴿٤١﴾

Terjemahnya:

Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Menurut tafsir Al-Mishbah pada ayat di atas dijelaskan kata “Zhahara” pada mulanya berarti telah terjadi kerusakan di muka bumi. Sehingga karena dia di permukaan maka menjadi nampak dan terang serta diketahui dengan jelas. Sedangkan kata Al-fasad adalah keluarnya sesuatu dari keseimbangan baik jasmani, jiwa maupun hal – hal lain. Ayat ini pula menyebutkan tentang darat dan laut yang artinya daratan dan lautan menjadi arena kerusakan (fasad) yang hasilnya menyebabkan lingkungan menjadi kacau.

Berdasarkan tafsir Al-Mishbah tersebut, penulis beranggapan maksud dari ayat tersebut adalah telah terjadinya kerusakan di langit dan di bumi diakibatkan oleh manusia sendiri, misalnya membuang sampah sembarangan yang mengakibatkan lingkungan menjadi tercemar. Untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi perlu adanya solusi dalam penanganan masalah sampah ini salah satunya limbah plastik dijadikan sebagai bahan bakar alternatif.

Isu tentang kenaikan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia menjadi masalah tersendiri bagi masyarakatnya. Hal ini sebenarnya, tidak perlu dikhawatirkan jika kita pandai untuk berinisiatif untuk menggantikan bahan bakar minyak (BBM) umumnya dengan alternatif lain yakni menggantikannya dengan bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif ini diperoleh dari hasil konversi limbah sampah plastik dengan bantuan alat sederhana yang dapat dijangkau oleh seluruh lapisan masyarakat tanpa terkecuali. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan bakar alternatif dari limbah sampah plastik yang diharapkan dapat menjadi sumber bahan bakar alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) umumnya yang persediaannya di alam semakin menipis.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana limbah plastik dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar alternatif?
2. Bagaimana kualitas fisis bahan bakar alternatif sampah plastik yang dihasilkan sebelum distilasi dan setelah distilasi?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan sasaran utama yang dicapai dalam melaksanakan suatu penelitian. Pada dasarnya penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui apakah limbah plastik dapat dijadikan sebagai sumber bahan bakar alternative
2. Untuk mengetahui kualitas fisis bahan bakar alternatif sampah plastik yang dihasilkan sebelum distilasi dan setelah distilasi.

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2015–Agustus 2015, Pengambilan sampel di TPA Antang, pembuatan sampel dilakukan di Kecamatan Ajangale Kabupaten Bone dan pengujian sampel di Laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Alauddin Makassar.

2. Alat dan Bahan

Berdasarkan judul penelitian yang dilakukan, maka alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Alat

- 1) 1 Kaleng dengan ukuran 17x14,5x23,5 cm
- 2) Pipa besi
- 3) Lem besi
- 4) Wadah aluminium anti panas
- 5) Gelas Ukur
- 6) Neraca ohaus
- 7) Viskometer Ostwald
- 8) Perangkat Kalorimeter Bom lengkap
- 9) Voltmeter digital
- 10) Amperemeter digital
- 11) Catu daya
- 12) Termometer
- 13) Stopwatch digital
- 14) Kabel penghubung

b. Bahan

Bahan yang di gunakan yaitu sampah plastik dari berbagai jenis plastik PET (polyethylene terephthalate), HDPE (High-density Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), LDPE (Low-density Polyethylene) dan PP (Polypropylene).

3. Prosedur Kerja

Berdasarkan alat dan bahan yang telah disebutkan di atas, maka prosedur kerja adalah sebagai berikut:

a. Pembuatan Alat

- 1) Disiapkan kaleng bekas sebagai tempat pembakaran sampah plastik.
- 2) Pipa besi sebagai tempat mengalirnya asap.
- 3) Dibuat lubang di kaleng tempat pembakaran sampah plastik.
- 4) Disambungkan pipa besi dengan kaleng yang telah dilubangi sebagai tempat penampungan cairan minyak dari hasil pembakaran.

b. Pembuatan Sampel

- 1) Dimasukkan sampah plastik ke dalam tempat pembakaran dan menutupnya dengan rapat kemudian dibakar sampai mengeluarkan minyak.
- 2) Minyak yang didapatkan dari pembakaran pertama kemudian dipanaskan sampai menghasilkan minyak sebagai hasil setelah distilasi.
- 3) Ditampung tetesan cairan yang dihasilkan pada wadah.

c. Pengujian Sampel

1) Uji Densitas

Langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam uji densitas.
- b) Bahan bakar minyak yang didapatkan dari limbah plastik di masukkan kedalam gelas ukur sebanyak 10 ml.
- c) Di timbang sampel tersebut dengan menggunakan neraca ohaus
- d) Untuk mendapatkan nilai densitas maka dianalisis dengan persamaan 2.1

2) Uji Viskositas

Langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

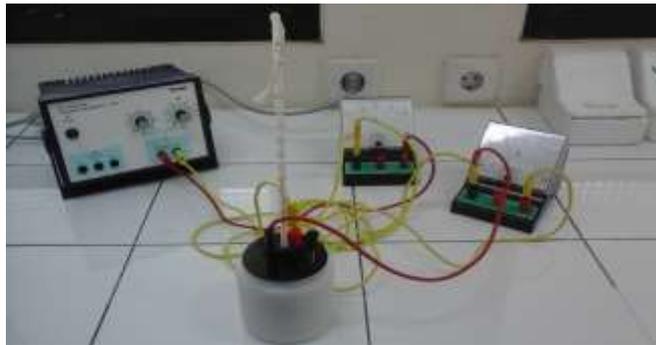
- a) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian viskositas
- b) Cairan dari limbah plastik di masukkan kedalam viskometer otswald kemudian dipanaskan pada suhu 40°C
- c) Lalu hisap cairan sampai melewati 2 garis.
- d) Kemudian menyalakan stopwatch sampai pada garis ke 2.
- e) Catat waktu yang dibutuhkan cairan untuk mengalir dari garis pertama sampai garis ke 2.

f) Untuk mendapatkan nilai viskositas, maka dianalisis dengan persamaan 2.2.

3) Uji Nilai Kalor

Langkah – langkah pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian nilai kalor.
- b) Merangkai alat seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Rangkaian Pengujian Nilai Kalor

- c) Timbang bahan bakar minyak dari limbah plastik dengan menggunakan neraca ohaus sebanyak 20 ml.
- d) Masukkan sampel tersebut kedalam kalorimeter kemudian melakukan pengocokan selama 30 menit, setiap 1 menit mencatat kenaikan suhunya.
- e) 5). Untuk mendapatkan nilai kalor, maka dianalisis dengan persamaan 2.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan beberapa plastik yang digolongkan berdasarkan jenisnya. Jenis plastik yang digunakan yaitu jenis plastik PET (polyethylene terephthalate), HDPE (High-density Polyethylene), PVC (Polyvinyl Chloride), LDPE (Low-density Polyethylene) dan PP (Polypropylene). Adapun jenis plastik PET yang digunakan sebagai sampel yaitu botol air kemasan, botol kecap dan botol sambal. Untuk jenis plastik HDPE, terdiri dari botol shampoo, dan botol handbody. Untuk jenis plastik PVC, hanya 1 sampel yang digunakan yaitu pipa plastik. Untuk jenis plastik LDPE, yang dimanfaatkan sebagai sampel adalah kantong kresek. Sedangkan untuk jenis plastik PP, plastik yang digunakan seperti gelas air kemasan.

Adapun alat pembakaran yang digunakan terdiri dari kaleng dengan ukuran 17 x 14,5 x 23,5 cm, pipa besi sebagai tempat mengalirnya asap, menempatkan pendingin pada pipa tempat mengalirnya asap. Masing – masing jenis plastik tersebut dimasukkan ke dalam tempat pembakaran dan dibakar

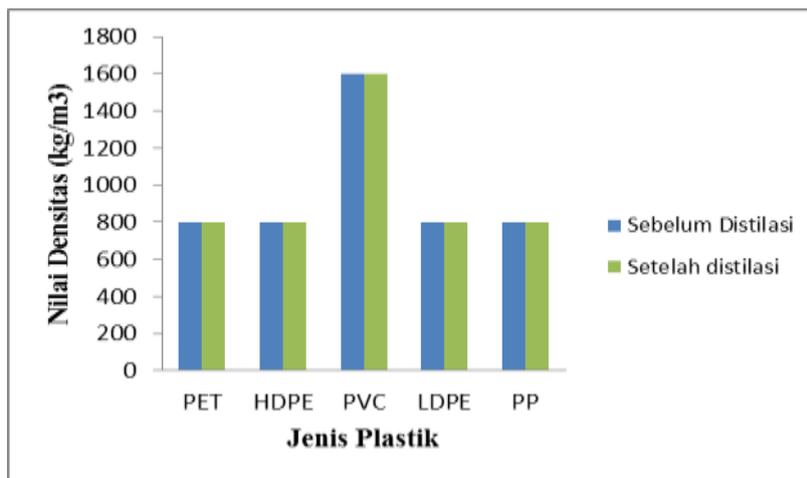
sampai mengeluarkan minyak di tempat penampungan, dan telah dilakukan pengujian viskositas, densitas dan nilai kalor.

Hasil penelitian yang dihasilkan dari masing – masing parameter di atas adalah sebagai berikut:

4) Uji Densitas

Penentuan nilai densitas dilakukan dengan cara terlebih dahulu menimbang massa sampel untuk setiap 10 ml per sampel. Selanjutnya nilai densitas dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2). Densitas (massa jenis) adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Variabel densitas bertujuan untuk menentukan densitas suatu zat. Hal ini dikarenakan setiap zat memiliki densitas yang berbeda. Suatu zat berapapun massanya dan berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Hasil pengukuran semua hasil yang didapatkan dapat dilihat pada grafik di bawah.

Grafik 1. Pengujian Densitas Beberapa Jenis Plastik



Pada grafik 1, nilai densitas yang dihasilkan dari jenis plastik PET, HDPE, LDPE dan PP (Polypropylene) sebelum dan setelah distilasi mempunyai densitas 800 kg/m³. Sedangkan bahan bakar yang di hasilkan dari jenis plastik PVC sebelum dan setelah distilasi mempunyai densitas 1600 kg/m³. Hal ini disebabkan karena jenis plastik PVC memiliki massa yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis plastik yang lain sehingga memiliki densitas yang tinggi.

Hasil yang didapatkan pada pengujian densitas untuk jenis plastik PET, HDPE, LDPE, PVC dan PP jika dibandingkan dengan nilai densitas pada table IV.1 belum memenuhi standar bahan bakar. Terlihat pada tabel IV.1 bahwa densitas untuk Minyak solar sebesar 820 – 850 kg/m³ dan hasil yang didapatkan yaitu sebesar 800 kg/m³ dan 1600 kg/m³

Tabel 1. Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak

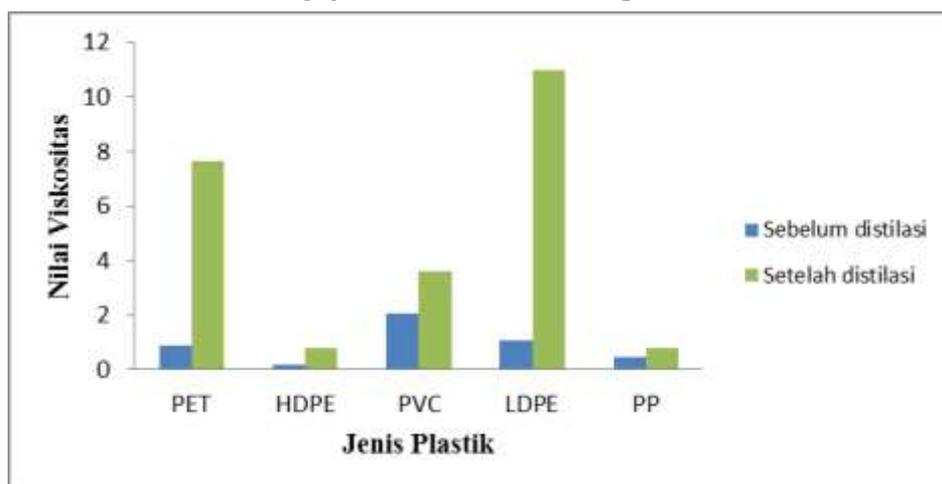
No.	Jenis bahan Bakar	Parameter	Nilai
1.	Minyak Solar	Viskositas	2.0 - 4.5
		Densitas (kg/m^3)	820 - 850
		Nilai kalor (J)	7020
2.	Bensin	Viskositas	0,652
		Densitas (kg/m^3)	715
		Nilai kalor (J)	47,3
3.	Minyak Tanah	Viskositas	0,294 - 3,34
		Densitas (kg/m^3)	0,78 - 0,81
		Nilai kalor (J)	43

Sumber: (SNI 7390, 2008).

5) Uji Viskositas

Pengujian Bahan bakar minyak hasil pembakaran semua jenis sampel dilakukan dengan menggunakan Viskometer Ostwald yang berguna untuk menguji besar nilai kekentalan dari bahan bakar minyak yang dihasilkan tersebut pemanasan dilakukan pada suhu alat sebesar 40°C . Viskositas (Kekentalan) adalah sifat yang menentukan besar gaya geser. Kekentalan terutama diakibatkan oleh saling berpengaruh antara molekul – molekul fluida. Semakin kental suatu cairan, maka semakin besar pula gaya yang dibutuhkan untuk membuatnya mengalir pada kecepatan tertentu. hasil pengujian kekentalan yang dihasilkan dapat dilihat pada grafik di bawah.

Grafik 2. Pengujian Viskositas Beberapa Jenis Plastik



Pada grafik 2. menunjukkan nilai yang berbeda pada setiap jenis plastik yang telah diuji. Untuk Jenis plastik PET, HDPE, PVC, LDPE dan PP didapatkan

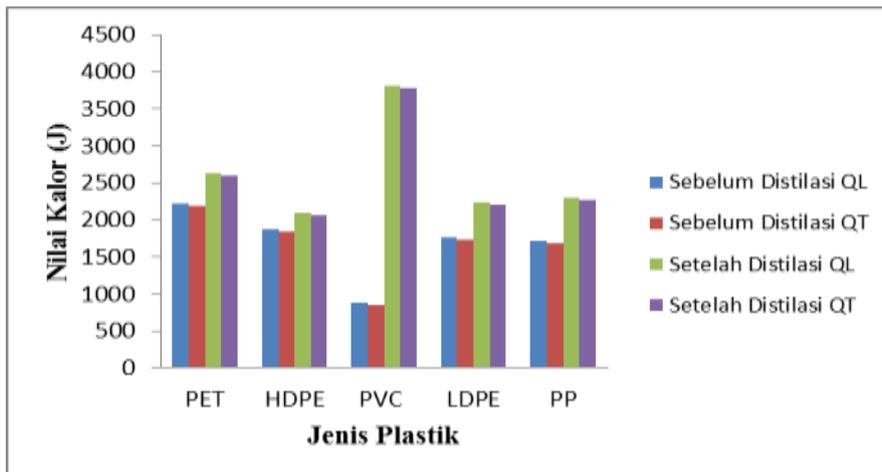
nilai viskositas sebelum distilasi lebih rendah dibandingkan dengan nilai viskositas setelah distilasi. Hal ini disebabkan karena masih banyaknya kandungan air dan pengotor pada sampel sebelum distilasi, sehingga pada saat proses distilasi dilakukan, terjadi penguapan pada air dan pengotor tersebut.

Dari proses yang dilakukan, didapatkan hasil pada pengujian nilai viskositas untuk jenis plastik PET, LDPE, PP dan PVC sebelum distilasi termasuk standar bahan bakar minyak tanah. Sedangkan Untuk jenis plastik HDPE dan PP setelah distilasi termasuk standar bahan bakar minyak tanah jika dibandingkan dengan nilai viskositas pada tabel IV.1. Pada jenis plastik LDPE memiliki nilai viskositas setelah distilasi lebih tinggi dibandingkan dengan jenis plastik yang lain. Hal ini disebabkan karena jenis plastik LDPE memiliki banyak kandungan air sehingga pada proses distilasi terjadi penguapan.

6) Uji Nilai Kalor

Pengujian nilai kalor bahan bakar dapat diketahui dengan menggunakan alat kalorimeter. Bahan bakar yang akan diuji nilai kalornya dibakar menggunakan kumparan kawat yang dialiri arus listrik dalam bilik yang disebut bom dan ditenamkan 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. Pengujian ini dimaksudkan untuk mendapatkan besar nilai kalor pada masing-masing sampel sehingga didapatkan hasil seperti pada grafik dibawah.

Grafik 3. Pengujian Nilai Kalor Beberapa Jenis Plastik



Pada uji nilai kalor untuk lima jenis sampel dengan dua perlakuan yaitu sebelum dan setelah distilasi diperoleh nilai sesuai dengan grafik 3. Besarnya nilai kalor dapat ditentukan dengan cara yaitu untuk jenis sampel PET, HDPE,

LDPE dan PP dilakukan pemanasan sampel selama 30 menit (konstan) dengan interval waktu setiap 1 menit, baik pada sampel sebelum maupun setelah distilasi. Untuk jenis PVC pada sampel dengan perlakuan sebelum distilasi dilakukan pengujian nilai kalor selama 30 menit (konstan). Sedangkan pada sampel PVC untuk perlakuan setelah distilasi dilakukan pemanasan selama 3 menit hal ini dikarenakan keterbatasan volume sampel.

Nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} sebelum distilasi untuk semua jenis plastik lebih rendah dibandingkan dengan nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} setelah distilasi. Hal ini disebabkan karena suhu mula – mula untuk sampel jenis plastik PET sebelum distilasi yaitu 32°C dengan nilai ΔT tertinggi 23°C mulai di menit ke 25 sampai menit ke 30 (konstan). Dan untuk sampel setelah distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 29°C dengan nilai ΔT tertinggi 30°C mulai di menit 26 sampai menit ke 30 (konstan). Sehingga nilai Q_{lepas} maupun Q_{terima} mengalami peningkatan tertinggi mulai pada menit tersebut.

Untuk sampel jenis plastik HDPE sebelum distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 35°C dengan ΔT tertinggi 21°C dan untuk sampel setelah distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 32°C dengan ΔT tertinggi 22°C, sehingga pada sampel sebelum dan setelah distilasi nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} mengalami peningkatan tertinggi pada menit ke 26 sampai menit 30 (konstan).

Untuk sampel jenis plastik LDPE sebelum distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 32°C dengan ΔT tertinggi 25°C pada menit ke 29 sampai menit ke 30 (konstan) dan untuk sampel setelah distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 34°C dengan ΔT tertinggi 19°C mulai di menit ke 27 sampai menit ke 30 (konstan), sehingga pada sampel sebelum dan setelah distilasi nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} yang didapatkan mengalami peningkatan tertinggi pada data menit tersebut.

Untuk sampel jenis plastik PP sebelum distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 32°C dengan ΔT tertinggi 25°C dan untuk sampel setelah distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 33°C dengan ΔT tertinggi 20°C. Sehingga nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} sebelum distilasi mengalami peningkatan mulai pada menit ke 28 sampai menit ke 30 (konstan) sedangkan untuk sampel setelah distilasi mengalami peningkatan tertinggi mulai pada menit ke 27 sampai menit ke 30 (konstan).

Sedangkan untuk sampel jenis plastik PVC sebelum distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 55°C dengan ΔT tertinggi 9°C dan untuk sampel setelah distilasi suhu mula – mula yang diperoleh yaitu 33°C dengan ΔT tertinggi 64°C. Sehingga sampel sebelum distilasi nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} telah mengalami peningkatan mulai pada menit ke 22 sampai menit ke 30 (konstan) sedangkan

sampel setelah distilasi nilai Q_{lepas} dan Q_{terima} cepat mengalami peningkatan tertinggi pada menit ke 3. Jenis plastic PVC memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap perubahan suhu sehingga memiliki nilai kalor yang tinggi.

Hasil pengujian nilai kalor yang didapatkan untuk jenis plastik PET, HDPE, PVC, LDPE dan PP sebelum dan setelah distilasi jika dibandingkan dengan nilai kalor pada tabel 1 belum memenuhi standar bahan bakar.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Proses pengolahan limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif dilakukan dengan proses pembakaran menggunakan alat sederhana yang didesain sendiri. Setelah proses pembakaran, minyak yang didapatkan dilakukan dengan pengujian parameter fisis yaitu densitas, viskositas dan nilai kalor.

2. Kualitas fisis bahan bakar alternatif limbah plastik yaitu sebagai berikut:

- a) Untuk jenis plastik PET, HDPE, LDPE, PVC dan PP pada pengujian densitas hasil yang didapatkan sebelum dan setelah distilasi belum memenuhi standar bahan bakar.
- b) Hasil yang didapatkan pada pengujian nilai viskositas untuk jenis plastik PET, LDPE, PP dan PVC sebelum distilasi termasuk standar bahan bakar minyak tanah.
- c) Sedangkan Untuk jenis plastik HDPE dan PP setelah distilasi termasuk standar bahan bakar minyak tanah. Sedangkan hasil pengujian nilai kalor yang didapatkan untuk jenis plastik PET, HDPE, PVC, LDPE dan PP sebelum dan setelah distilasi belum memenuhi standar bahan bakar

DAFTAR RUJUKAN

Ermawati, Rahyani. 2011. *Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif*. Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementrian Perindustrian.

Kadir. 2012. *Kajian Pemanfaatan Sampah Plastik Sebagai Sumber Bahan Bakar Cair*. Kendari: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Haluoleo.

Nugroho, Stefan Raharjo. 2012. *Identifikasi Fisis Viskositas Oli Mesin Kendaraan Bermotor terhadap Fungsi Suhu dengan Menggunakan Laser Helium Neon*. Surabaya: Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

- Norsujianto, Tinton, dkk. 2013. *Performa Motor Diesel Menggunakan Bahan Bakar Campuran Minyak Hasil Pirolisis Limbah Plastik dan Biosolar Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin dan Industri FT-UGM.
- Nova Nurfauziawati. 2010. “*Laporan Praktikum Fisika Dasar Modul 8 Kalorimeter*”. Universitas Padjajaran Jatinagor.
- Pratiwi, Irma Hardi, dkk. 2007. *Sistem Pengelolaan Sampah Plastik Terintegrasi Dengan Pendekatan Ergonomi Total Guna Meningkatkan Peran Serta Masyarakat*. Surabaya: Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- Santoso, Joko. 2010. *Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari sampah Plastik*. Surakarta: Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknis Universitas Sebelas Maret.
- Suharto. 2009. *Rancangan Produk Bahan Plastik Daur Ulang Sebaga Upaya Peningkatan Industri*. Semarang: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
- Sumantri, Arif. 2010. *Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Kencana.
- Surono, Untoro Budi. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta.
- Tipler, Paul A. 1998. *FISIKA untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: Erlangga