

ANALISIS PEMANFAATAN LIMBAH SAMPAH PLASTIK JENIS *POLYPROPYLENE* MENJADI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Muchammad*

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang 50275.

*Email: m_mad5373@yahoo.com

Abstrak

Permasalahan sampah di Indonesia khususnya sampah plastik sampai saat ini masih belum terselesaikan. Plastik sangat sulit untuk terurai secara alami, sehingga perlu adanya solusi untuk permasalahan tersebut, bahkan Indonesia menduduki peringkat kedua dunia pengguna plastik setelah Cina. Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semi sintetik yang berasal dari minyak bumi dan gas alam. Dari produk plastik, dihasilkan salah satunya polypropylene. Polypropylene sendiri merupakan polimer termoplastik yang dibuat dari hasil polimerisasi molekul propilena. Sebagian besar monomer polypropylene berasal dari proses perengkahan uap dengan menggunakan nafta yang merupakan percahan berharga minyak mentah. Salah satu solusi alternatif untuk menangani sampah plastik yang saat ini adalah mengkonversi sampah plastik tersebut menjadi bahan bakar minyak. Sehubungan dengan kondisi tersebut maka penelitian ini bertujuan mengolah sampah plastik jenis polypropylene menjadi minyak dengan metode pirolisis menggunakan tiga variasi suhu pirolisis yaitu 250 °C, 300 °C, dan 350 °C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pirolisis 250 °C menghasilkan volume minyak 420 ml, densitas 0,75 gr/ml, nilai kalor 39.221 J/gr, kemudian suhu 300 °C menghasilkan volume 480 ml, densitas 0,76 gr/ml, nilai kalor 38.870 J/gr, sedangkan pada suhu 350 °C menghasilkan volume 500 ml, densitas 0,77 gr/ml, nilai kalor 38.301 J/gr. Adapun nilai oktan minyak pirolisis adalah 83,5 dan nilai viskositasnya sebesar 0,034 Poise.

Kata kunci: Plastik polypropylene, pirolisis, nilai kalor, densitas, nilai oktan.

1. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia merupakan suatu fenomena yang belum terselesaikan hingga saat ini, sementara itu dengan bertambahnya jumlah penduduk maka bertambah pula volume timbunan sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Komposisi sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia adalah sampah organik sebanyak 60-70% dan sisanya adalah sampah non organik yaitu sebesar 30-40%, sementara itu dari sampah non organik tersebut komposisi sampah terbanyak kedua yaitu 14% adalah sampah plastik [1].

Peningkatan penggunaan plastik ini merupakan konsekuensi dari berkembangnya teknologi, industri dan juga bertambahnya 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. Pada tahun 2010 mencapai 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton. 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 [2].

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi atau proses penggabungan molekul sederhana (monomer) melalui proses kimia menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer). Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen, pada pembuatan plastik salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah bahan penyulingan minyak bumi atau gas alam [3].

Polypropylene diperkenalkan sejak tahun 1950 dan saat ini menjadi bahan utama yang banyak digunakan dalam pembuatan produk plastik. *Polypropylene* mempunyai simbol kimia $(C_3H_6)_n$. Karakteristik *polypropylene* antara lain: mempunyai modulus elastisitas 1400 Mpa, *tensile strength* 35 Mpa, dan elongation 10 sampai 500% [4]. *Polypropylene* mempunyai panas laten sebesar 210 J/gr [5].

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses pirolisis dimulai

pada temperatur sekitar 230 °C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan *volatile matters* pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya.

Alternatif penanganan sampah plastik yang diteliti adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Cara ini sebenarnya termasuk dalam *recycle* akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui temperatur optimum dari proses pengolahan sampah menggunakan metode pirolisis, (2) mengetahui besaran nilai kalor, densitas, nilai oktan, viskositas dari minyak (3) mengetahui konsumsi LPG dan minyak yang dihasilkan menggunakan variasi suhu 250 °C, 300 °C, dan 350 °C, (4) menganalisa perpindahan panas yang terjadi pada alat pirolisis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental yaitu untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Penelitian ini menggunakan alat pengolah sampah menjadi bahan bakar alternatif, gas LPG, kompor bakar, sampah plastik *Polypropylene*, dan air es untuk kondensasi. Penelitian ini dilakukan dengan metode pirolisis dimana sampah plastik jenis *polypropylene* sebanyak 0,5 kg, dibakar di dalam reaktor selama 30 menit untuk diuapkan materi hidrokarbonnya, kemudian setelah materi hidrokarbon ini diuapkan kemudian didinginkan di dalam kondensator untuk diembunkan. Pengembunan yang dilakukan ini bertujuan menjadikan uap tersebut menjadi minyak cair.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui faktor dan kondisi apa saja yang berpengaruh pada proses konversi sampah plastik *Polypropylene* menjadi bahan bakar alternatif. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah suhu pada reaktor, sebelum masuk kondensator, setelah melalui kondensator, suhu air pendingin pada kondensator, volume minyak yang dihasilkan dan yang terakhir menganalisa densitas, nilai kalor, viskositas, dan nilai oktan dari minyak tersebut.

Berikut adalah gambar alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengolah limbah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Perpindahan Panas pada Alat Pengolah Sampah

3.1.1 Analisa Perpindahan Panas pada Reaktor

Berdasarkan pengujian alat pengolah sampah limbah plastik dengan menggunakan bahan baku *polypropylene* sebanyak 0,5 kg dan waktu selama 30 menit, maka berikut adalah analisa perpindahan panas yang terjadi pada reaktor pirolisis.

Untuk contoh perhitungan digunakan variasi suhu 250 °C, selanjutnya dilanjutkan dengan menggunakan tabel perbandingan.

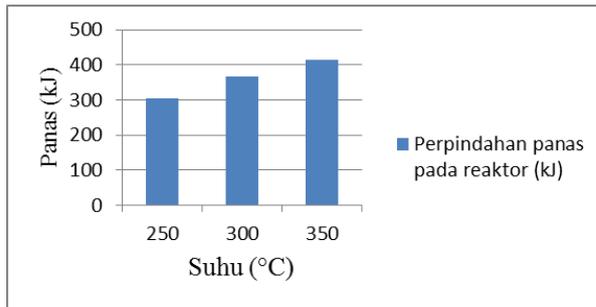
$$Q_{plastik} = m_{bb} C_p (T_{leleh} - T_{padat}) \quad (1)$$

$$Q_{uap} = m_{bb} L \quad (2)$$

$$Q_{dekomposisi} = m_{bb} C_p (T_{reaktor} - T_{cair}) \quad (3)$$

$$Q_{total} = Q_{plastik} + Q_{uap} + Q_{dekomposisi}$$

Setelah dilakukan perhitungan perpindahan panas pada suhu 250 °C, maka dengan cara yang sama untuk variasi suhu 300 °C dan 350 °C. Pada gambar 2 menunjukkan perpindahan panas pada reaktor pirolisis menggunakan tiga variasi suhu yaitu 250 °C, 300 °C, dan 350 °C.



Gambar 2. Perpindahan panas pada reaktor pirolisis

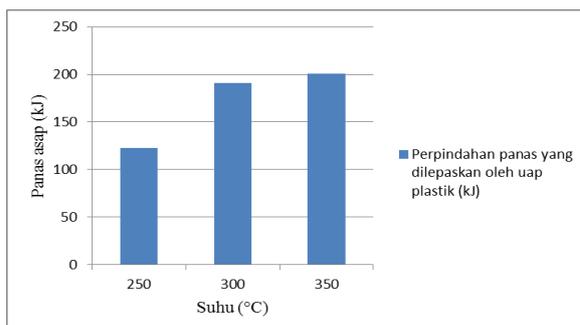
Gambar 2 menunjukkan perpindahan panas yang terjadi pada reaktor pirolisis, dari gambar terlihat semakin tinggi suhu yang digunakan reaktor semakin tinggi juga nilai perpindahan panasnya. Pada suhu 250 °C memiliki perpindahan panas sebesar 303,8 kJ, pada suhu 300 °C memiliki perpindahan panas sebesar 366 kJ, dan pada suhu 350 °C memiliki perpindahan panas yang tertinggi yaitu 414,6 kJ.

3.1.1 Analisa Perpindahan Panas pada Kondensor

Berdasarkan pengujian alat pengolah sampah limbah plastik dengan menggunakan bahan baku *polypropylene* sebanyak 0,5 kg dan waktu selama 30 menit, maka berikut adalah analisa perpindahan panas yang terjadi pada kondensor pada saat uap plastik melewati pipa tembaga sehingga menghasilkan minyak.

$$Q_{kondensor} = mC_p (T_{masuk} - T_{keluar}) \quad (5)$$

Pada gambar 3 menunjukkan perpindahan panas pada kondensor menggunakan tiga variasi suhu yaitu 250 °C, 300 °C, dan 350 °C.

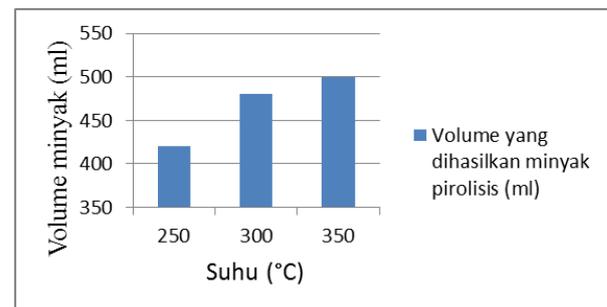


Gambar 3. Perpindahan panas pada kondensor

Gambar 3 menunjukkan perpindahan panas yang terjadi saat uap plastik melewati pipa dan air pendingin/kondensor, dari gambar terlihat semakin tinggi suhu yang digunakan reaktor semakin tinggi juga nilai perpindahan panas pada kondensornya. Pada suhu 250 °C memiliki perpindahan panas sebesar 122,4 kJ, pada suhu 300 °C memiliki perpindahan panas sebesar 191 kJ, dan pada suhu 350 °C memiliki perpindahan panas yang tertinggi yaitu 201 kJ.

3.2 Volume Minyak yang Dihasilkan

Gambar 3 adalah grafik perbandingan volume hasil minyak pirolisis dengan variasi suhu pirolisis pada reaktor:

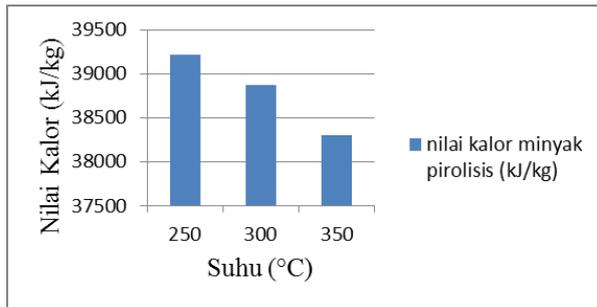


Gambar 4. Volume minyak pirolisis

Pada gambar 4 dapat dilihat perbandingan volume minyak yang dihasilkan dengan tiga variasi suhu pembakaran. Pada suhu 250 °C menghasilkan minyak sebanyak 420 ml, pada suhu 300 °C menghasilkan minyak 480 ml dan pada suhu 350 °C menghasilkan volume minyak yang terbanyak yaitu 500 ml. Dari gambar dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat pembakaran maka sampah plastik yang terbakar juga semakin sempurna sehingga sampah lebih cepat terbakar dan benar-benar habis dan menjadi minyak pirolisis.

3.3 Nilai Kalor yang Dihasilkan

Setelah dilakukan pengujian nilai kalor menggunakan alat bomb kalorimeter di lab perpindahan panas dan massa Universitas Gadjah Mada, maka diperoleh nilai kalor bawah (LHV) minyak pirolisis. Berikut adalah grafik perbandingan yang didapatkan antara nilai kalor bawah (LHV) yang dihasilkan dengan tiga variasi suhu pembakaran pirolisis:



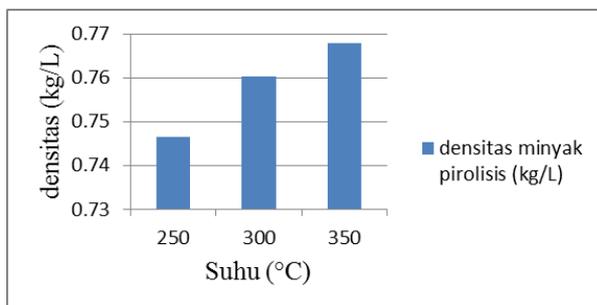
Gambar 5. Nilai kalor yang dihasilkan

Pada gambar 5 didapatkan hasil perbandingan nilai kalor bawah (LHV) yang dihasilkan minyak pirolisis dengan menggunakan tiga variasi suhu pembakaran dan didapat nilai tertinggi pada suhu 250 °C.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa nilai kalor bawah (LHV) minyak pirolisis tiap suhunya ada perbedaan nilai, tetapi perbedaan tersebut rentangnya tidak begitu jauh. Dari Gambar 5 terlihat bahwa dengan tiga variasi suhu pembakaran, semakin tinggi suhu pembakaran semakin rendah nilai kalornya. Pada suhu 250 °C nilai kalornya adalah 39.221 kJ/kg, pada suhu 300 °C nilai kalornya sebesar 38.870 kJ/kg, sedangkan pada suhu 350 °C memiliki nilai kalor sebesar 38.301 kJ/kg.

3.4 Nilai Densitas yang Dihasilkan

Setelah dilakukan tes nilai densitas di laboratorium perpindahan panas dan massa Universitas Gadjah Mada, maka diperoleh nilai densitas minyak pirolisis. Berikut adalah grafik perbandingan densitas yang didapatkan dengan tiga variasi suhu pembakaran pirolisis:



Gambar 6. Densitas minyak yang dihasilkan

Dari Gambar 6 terlihat bahwa hasil perbandingan densitas pirolisis didapat nilai tertinggi pada suhu 350 °C. Hasil nilai densitas ini berbanding terbalik dari volume yang dihasilkan dalam pirolisis. Nilai densitas

dengan variasi suhu tidak berbeda jauh, dengan nilai densitas adalah sebagai berikut: Suhu 250 °C sebesar 0,7464 kg/l, suhu 300 °C memiliki densitas 0,7604 kg/l sedangkan untuk suhu 350 °C nilai densitasnya sebesar 0,7679 kg/l.

3.5 Nilai Oktan yang Dihasilkan

Dari proses pirolisis dengan bahan baku plastik jenis *polypropylene* dengan massa 0,5 kg maka didapatkan hasil nilai oktan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai oktan yang dihasilkan

No	Nama Sampel	Parameter	Nilai		
			RON	MON	(R+M)/2
1	Minyak Piro lisis	Angka Oktan	83,5	78	80,8

Diketahui pada Tabel 1 terlihat bahwa minyak mempunyai nilai RON (*Research Octane Number*) sebesar 83,5, nilai MON (*Motor Octane Number*) sebesar 78 nilai rata-rata sebesar 80,8. Pengujian nilai oktan menggunakan metode ASTM D 613.

3.6 Nilai Viskositas yang Dihasilkan

Dari proses pirolisis menggunakan bahan baku plastik jenis *polypropylene* dengan massa 0,5 kg maka didapatkan hasil nilai viskositas seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Pengujian dilakukan pada sampel dengan suhu pirolisis sebesar 350 °C, adapun hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai viskositas yang dihasilkan

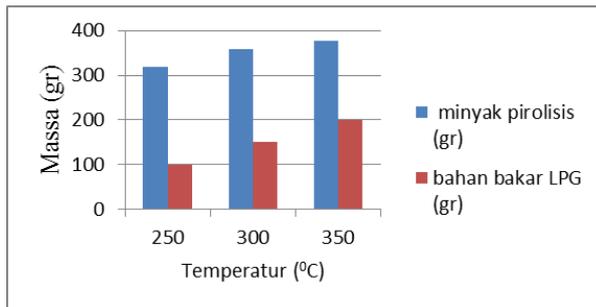
No	Nama Sampel	Parameter	Nilai	Satuan
1	Minyak Pirolisis	Viskositas	0,0335±0,0011	Poise

Dari Tabel 2 terlihat bahwa minyak pirolisis mempunyai nilai viskositas rata-rata 0,0335 Poise. Pengujian nilai viskositas menggunakan metode Gravimetri.

3.7 Perbandingan Masa Minyak dan LPG

Pembakaran plastik *polypropylene* sebanyak 0,5 kg selama 30 menit menghasilkan massa minyak dengan tiga variasi suhu, begitu juga massa yang dilepaskan oleh LPG berbeda-beda tiap suhunya, dari Gambar 7 terlihat

perbandingan massa yang dihasilkan minyak dan yang dilepaskan oleh LPG.



Gambar 7. Perbandingan masa minyak dan masa LPG

Pada gambar 7 dapat diketahui perbandingan hasil proses pirolisis dengan bahan baku plastik jenis *polypropylene* sebesar 0,5 kg dengan tiga variasi suhu pembakaran. Pembakaran dengan suhu 250 °C menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 318 gram, pembakaran suhu 300 °C yang menghasilkan minyak sebanyak 358 gram, sedangkan untuk pembakaran dengan suhu 350 °C menghasilkan minyak pirolisis sebanyak 377 gram. Bahan bakar yang digunakan untuk proses pirolisis adalah LPG dengan masa yang berbeda sesuai variasi suhu. Pada suhu 250 °C bahan bakar yang digunakan sebesar 100 gram, pada pembakaran suhu 300 °C digunakan bahan bakar sebesar 150 gram, sedangkan pada suhu 350 °C digunakan bahan bakar sebesar 200 gram. Jadi perbandingan antara bahan bakar LPG terhadap hasil minyak pirolisis yaitu 1:3,18 untuk suhu pembakaran 250 °C dan 1:2,4 untuk pembakaran dengan suhu 300 °C serta 1:1,9 untuk pembakaran 350 °C. Jadi dengan bahan bakar LPG sebesar 1 gram dapat menghasilkan kalor untuk proses pirolisis dengan bahan baku plastik jenis *polypropylene*, dan akan dihasilkan minyak pirolisis sebanyak 3,18 gram untuk suhu 250 °C dan 2,4 gram suhu 300 °C serta 1,9 gram untuk pembakaran dengan suhu 350 °C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan mengenai analisa pemanfaatan limbah plastik jenis *polypropylene* menjadi bahan bakar alternatif dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Temperatur optimum untuk menghasilkan minyak pirolisis yaitu pada suhu 250 °C ditinjau dari LHV minyak terbesar yaitu

39.220 kJ/kg, nilai densitas yang terbaik yaitu 0,74 kg/l, massa LPG yang digunakan paling sedikit yaitu 0,1 kg,

2. Volume minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan menggunakan bahan baku plastik jenis *polypropylene* dengan tiga variasi suhu yaitu 250 °C, 300 °C, dan 350 °C. Maka volume minyak yang paling banyak adalah pada suhu 350 °C yaitu 500 ml dan menghabiskan elpiji sebanyak 200 gr, pada suhu 300 °C sebanyak 480 ml, dan pada suhu 250 °C menghasilkan minyak sebanyak 420 ml.
3. Nilai densitas rata-rata minyak pirolisis adalah 0,76 kg/l, nilai Kalor rata-rata minyak pirolisis adalah 38.798 kJ/kg, nilai oktan minyak pirolisis adalah 83,5 dan nilai viskositas minyak pirolisis adalah 0,0335 Poise.

DAFTAR NOTASI

- V = volume bahan bakar yang dihasilkan (ml)
 P_t = tekanan Atmosferik (Pa)
 ρ = densitas bahan bakar (kg/l)
 Q_s = nilai Kalor (kJ/kg)
 m = masa (kg)
 T = suhu Pembakaran (°C)
 t = waktu (sekon)
 P_a = tekanan uap (kg/cm²)
 J = energi (Joule)
 p = panjang (meter)
 d = diameter (cm)
 A = luas Permukaan (m²)
 v = volume Fluida (m³)
 Q = perpindahan Kalor (kJ)
 m = masa gas (kg)
 LHV = nilai kalor spesifik (kJ/kg)
 C_p = spesifik perpindahan panas (kJ/kg.°C)
 L = kalor Laten material (kJ/kg)
 T_{in} = temperatur inlet (°C)
 T_{out} = temperatur outlet (°C)

DAFTAR PUSTAKA

- Purwaningrum P., (2016), Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8 (2), pp. 141-147
- Achyut K.P., (2011), Studies on process optimization for production of liquid fuels from waste plastics, *PhD Thesis*, National Institute of Technology, Rourkela.
- Groover M.P., (1996), *Fundamentals of Modern Manufacturing Materials*,

- Processes and Systems*, John Wiley & Sons Inc. New York
- Karger J. dan Korcis, (1999), *Polypropylene: an A-Z Reference*, Hungary, Springer.
- Sarker M., Rashid M.M., Rahman M.S., dan Molla M., (2012), Environmentally Harmful Low Density Waste Plastic Conversion into Kerosene Grade Fuel, *Journal of Environmental Protection*, 3, pp. 700 – 708.
- Yunus C., (2002), *Heat transfer: A Practical Approach 2nd Edition*, Nevada, Mcgraw-Hill.
- Osueke dan Ofundu, (2011), Conversion of Waste Plastics (Polyethylene) to Fuel by Means of Pyrolysis, *International Journal of Advanced Engineering Sciences and Technologies*, 4 (1), pp. 021 – 024.
- Sahwan F.L., Martono D.H., Wahyono S., dan Wisoyodharmo L.A., (2005), Sistem Pengolahan Limbah Plastik di Indonesia, *Jurnal Teknik Lingkungan BPPT*, 6 (1), pp. 311-318.