

PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK DENGAN METODE PIROLISIS MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

PLASTIC WASTE PROCESSING USING PYROLYSIS METHOD INTO FUEL OIL

Juliya Ascha Riandis^{1*}, Agus Restu Setyawati¹, dan Ari Susandy Sanjaya¹

¹Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Mulawarman University, Jl. Sambaliung No. 9, Gunung Kelua, Samarinda, Indonesia

*Email: juliyaascha.ja@gmail.com

(Received: 20 November 2020; Reviewed: 15 Maret 2021; Accepted: 20 May 2021)

Abstrak

Masyarakat membakar plastik untuk mengurangi jumlah sampah plastik di lingkungan, padahal sampah plastik jika dibakar akan menghasilkan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang dapat menjadi racun bagi lingkungan. Sehingga dari itu dibutuhkan solusi untuk menanggulangi jumlah sampah plastik diantaranya dengan mengolah sampah plastik sebagai bahan bakar alternatif dengan pirolisis. Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi material dengan temperatur tinggi serta tanpa adanya O_2 . Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan volume minyak di dalam sampah plastik berdasarkan jenis plastik yang diteliti serta mengetahui pengaruh suhu terhadap densitas, dan berat abu. Penelitian ini menggunakan dua jenis plastik yaitu jenis LDPE dan plastik campuran yaitu plastik bekas kemasan makanan dan minuman instan dengan massa setiap sampel yaitu 150 g dan perbandingan suhu $350^\circ C$, $400^\circ C$, $450^\circ C$. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan suhu terhadap densitas pada plastik LDPE, semakin tinggi suhu maka densitas semakin tinggi sedangkan pada plastik campuran apabila semakin tinggi suhu maka semakin rendah densitas. Perbandingan suhu terhadap berat abu yang didapatkan adalah pada temperatur rendah wax cenderung terbentuk dari minyak pirolisis yang dihasilkan dimana semakin besar temperatur pada proses pirolisis wax yang dihasilkan akan berkurang sedangkan sisa abu/lapisan film dari plastik campuran ada di semua variasi suhu. Perbandingan suhu terhadap volume minyak yang diperoleh adalah suhu berbanding lurus dengan volume minyak yang diperoleh.

Kata Kunci: pirolisis, LDPE, densitas, abu, volume minyak

Abstract

People often burn plastic waste to reduce the amount of plastic waste in the environment, even though plastic waste, when burned, will produce hydrogen sulfide (H_2S) gas which can be toxic to the environment. Therefore, a solution is needed to overcome plastic waste, including by processing plastic waste as an alternative fuel by pyrolysis. Pyrolysis is a material decomposition process with high temperatures and in the absence of O_2 . This study aimed to determine the ratio of the oil volume from plastic waste based on the type of plastic studied and determine the effect of temperature on the density and weight of the ash. This study uses two types of plastic, namely LDPE and mixed plastic, namely plastic packaging for instant food and drinks with a mass of 150 g for each sample and a temperature ratio of $350^\circ C$, $400^\circ C$, $450^\circ C$. The results showed that the ratio of temperature to density in LDPE plastic, the higher of temperature, the higher the density, while in mixed plastics, the higher the temperature, the lower the density. The ratio of temperature to the weight of ash obtained is that at low temperatures, the wax tends to be formed from the pyrolysis oil produced where the higher temperature in the pyrolysis process, the resulting wax will decrease while the remaining ash/film layer of the mixed plastic is present in all temperature variations. The ratio of temperature to the volume of oil obtained is directly proportional to the volume of oil obtained.

Keywords: pyrolysis, LDPE, density, wax/ash, oil volume

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu limbah domestik masyarakat yang semakin meningkat di setiap tahunnya. Banyaknya sampah plastik yang sering tidak terangkut meningkat dari sebelumnya menimbulkan masalah baik dari segi kesehatan dan pencemaran lingkungan. Perlunya pemanfaatan yang tepat untuk sampah plastik oleh teknologi pengolahan yang relatif mudah dan efisien untuk menurunkan limbah domestik ini.

Pengolahan yang lain yaitu dengan mengelola sampah plastik menjadi bahan plastik yang baru. Tetapi proses daur ulang ini hanya merubah sampah plastik menjadi wujud baru tidak mengatasi jumlah sampah plastik sebab pada saat produk daur ulang plastik telah kehabisan perannya akan kembali lagi menjadi sampah plastik. Hingga dari itu dibutuhkan tata cara yang lain untuk mengatasi jumlah sampah plastik salah satunya dengan merubah sampah plastik jadi bahan bakar alternatif dengan proses pirolisis. Kelebihan dari proses pirolisis dapat bekerja pada tekanan atmosfer dan di temperatur 500°C.

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi bahan oleh temperatur. Proses pirolisis diawali pada temperatur besar serta tanpa O₂. Produk cair menguap memiliki tar serta polimatic hydrocarbon. Produk pirolisis biasanya terdiri dari 3 tipe, ialah gas (H₂, CO, CO₂, H₂O serta CH₂), tar (*pyrolytic oil*), serta arang. Umpan untuk proses pirolisis bisa berbentuk bahan-bahan alam tanaman, biomassa, ataupun berbentuk polimer. Dengan proses pirolisis, biomassa serta polimer mengalami pemutusan jalinan membentuk molekul- molekul dengan dimensi serta stuktur yang lebih ringkas. Pirolisis biomassa secara universal ialah dekomposisi bahan organik menciptakan bahan padat berbentuk arang aktif, gas serta uap dan aerosol. Gas yang bisa dikondensasikan selaku bahan cair dan stabil pada temperatur kamar ialah senyawa hidrokarbon yang dikenal dengan biofuel ataupun bio- oil (Ristianingsih, Ulfa, dan Syafitri, 2015).

Ada sejumlah penelitian tentang pirolisis satu jenis plastik dan plastik campuran seperti PP/PE, PP/PS, PE/PS dicampur dengan dan tanpa PVC menjadi produk cair. Pirolisis dari plastik campuran yang mengandung PVC menghasilkan senyawa anorganik dan senyawa klorin organik selama tahap awal proses pirolisis. Senyawa halogen seperti yang terkandung dalam produk cair tidak diinginkan untuk digunakan sebagai bahan bakar. Minyak dari pirolisis dapat dikonversi menjadi industri petrokimia, jika klorin tidak melebihi 10 ppm. (Bhaskar *et.al.*, 2003).

Secara umum plastik dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik golongan thermoplast dan plastik golongan termoset. Plastik thermoplast adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Yang termasuk plastik golongan *thermoplast* antara lain : *Polethylene* (PE), *Polypropylene* (PP), *Acrolynitrit Butadiene Styrene* (ABS), *Polystyrene* (PS), *nylon*, *Polyetylenetereftalat* (PET), *Polyacetal* (POM), *Poly Carbonate* (PC) dan lain-lain. Sedangkan plastik golongan termoset adalah plastik dimana telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena komposisi polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk plastik golongan termoset adalah: *Poly Urethane* (PU), *Urea Formaldehyde* (UF), *Melamine Formaldehyde* (MF), *polyester*, epoksi dan lain-lain (Tharir *et al.*, 2013).

Menurut (Rodiansono *et al.*, 2007). Proses penanganan sampah plastik menjadi bahan alternatif meliputi beberapa proses, diantaranya:

1. Pirolisis yaitu dekomposisi kimia material organik dengan proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen kimia lainnya dimana bahan mentah akan mengalami penguraian stuktur kimia menjadi fase gas. Teknik seperti ini dapat menghasilkan gas pembakaran dimana berguna dan aman untuk lingkungan. Proses pirolisis ini memecah hidrokarbon rantai karbon panjang dari polimer plastik menjadi rantai hidrokarbon rantai pendek, selanjutnya molekul- molekul ini didinginkan menjadi fase cair.
2. Distilasi yaitu pemisahan campuran berdasarkan perbedaan titik didih dalam suatu larutan.

Bio-Oil atau *pyrolysis oil* adalah sejenis minyak bakar yang memiliki berat jenis tinggi, dibuat dari bahan nabati khususnya dari bahan berlignoselulosa, seperti biomassa limbah kehutanan, industri hasil hutan, dan pertanian. Bio-Oil terbuat dari berbagai senyawa oksigenat organik yang berbeda-beda dan tidak bercampur dengan bahan bakar minyak pada umumnya. Hal ini karena tingginya kadar air, yakni sekitar 15–20% yang berfungsi juga sebagai pengikat ratusan molekul yang berbeda sehingga disebut sebagai emulsi mikro (Wibowo dan Hendra, 2015).

Menurut (Tjokrowisastro *et al.*, 1990), dengan bertambah tingginya suhu pemanasan maka zat-zat yang terkandung dalam plastik akan terurai dengan sempurna. Zat-zat tersebut akan terurai menjadi gas dan cair (minyak) (Nasrun *et al.*, 2015). Menurut (Wahyudi, 2001) faktor-faktor atau situasi yang dapat mempengaruhi proses pirolisis adalah :

1. Waktu

Waktu mempengaruhi produk yang akan diperoleh karena, semakin lama waktu pada proses pirolisis berlangsung. Produk yang diperoleh (residu padat, tar, dan gas) semakin meningkat. Kenaikan waktu mencapai waktu tak hingga (t) yaitu waktu yang dibutuhkan sampai hasil padatan residu, tar, dan gas mencapai posisi konstan. Nilai t dihitung sejak proses isothermal berjalan. Tetapi jika melebihi waktu optimal maka karbon akan teroksidasi oleh oksigen (terbakar), menjadi karbondioksida dan abu. Oleh sebab itu pada proses pirolisis penentuan waktu optimal sangat penting.

2. Suhu

Suhu mempengaruhi produk yang akan diperoleh karena sesuai dengan persamaan Arrhenius, suhu makin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal makin besar sehingga menyebabkan laju pirolisis bertambah dan konversi naik.

3. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap akan diperoleh, semakin besar skala partikel. Luas permukaan per satuan berat semakin kecil, sehingga proses menjadi lambat.

4. Berat Partikel

Semakin banyak material yang dimasukkan, mengakibatkan hasil dari bahan bakar cair (tar) dan arang akan meningkat (Nasrun, Kurniawan & Sari, 2015).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah rangkaian alat pirolisis dimana didalamnya terdapat tabung tertutup untuk wadah bahan yang akan dipirolisis sehingga meminimalisir keberadaan O_2 , piknometer, pompa, selang, wadah penampung minyak, *Viscometer Ostwald, bulb, stopwatch*, corong kaca, neraca analitik, gelas ukur, gelas kimia.

Bahan utama yang diperlukan adalah plastik jenis LDPE, sampah plastik bekas kemasan makanan/minuman instan (bahan metalize/laminasi, kemasan mie instan), bahan bakar (solar), arang, air, korek api.



Gambar 1. Rangkaian alat pirolisis

2.2 Persiapan Bahan

Sampah plastik yang telah dikeringkan dan dipilah dari zat pengotor, dipotong dengan ukuran rata-rata 9 cm^2 . Kemudian ditimbang dengan berat awal 150 gram.

2.3 Persiapan Alat

Memastikan semua rangkaian telah terpasang dengan baik. Plastik yang sudah dipotong dimasukkan kedalam silinder/*reactor* pirolisis. Tempat pembakaran telah diisi arang dan ditambah solar sebagai bahan bakar. Dinyalakan *blower* saat bahan bakar mulai terbakar. Pemanas reaktor di *setting* sesuai suhu proses yaitu pada suhu masing-masing 350°C , 400°C , 450°C . Setelah mencapai suhu yang ditentukan, maka saat itu waktu mulai dihitung sebagai waktu awal. Setelah terjadi pembakaran matikan *blower* dan ditutup tempat pembakaran pada alat pirolisis hingga suhu mulai meningkat. dan operasi dihentikan ketika tidak ada lagi cairan minyak yang dihasilkan, kemudian dibiarkan hingga dingin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

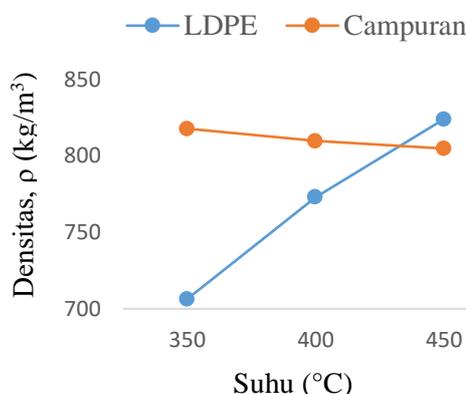
Penelitian ini bertujuan untuk menguji hasil pengaruh suhu terhadap densitas, berat abu, dan volume minyak yang dihasilkan dari sampah plastik kemasan makanan/minuman instan dengan menggunakan perbandingan hasil pengujian dari plastik LDPE. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa suhu memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap densitas, berat abu dan volume minyak yang dihasilkan.

3.1 Pengaruh Suhu Terhadap Densitas

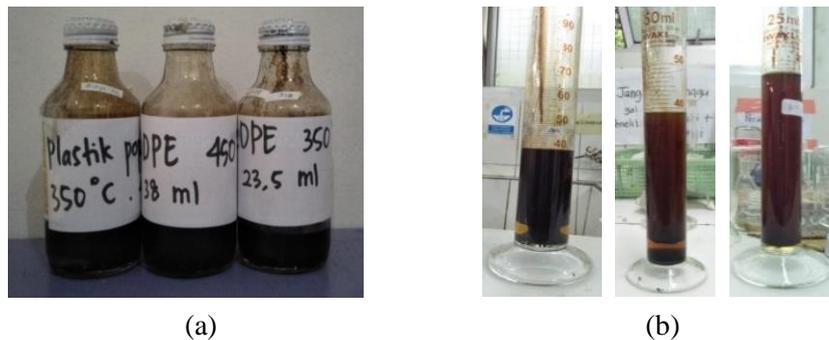
Pengujian untuk menghitung densitas masing-masing minyak hasil pirolisis dengan jenis plastik LDPE dan campuran pada suhu 350°C, 400°C, 450°C hasil pengujian masing-masing sampel terdapat pada Tabel 1. Pada grafik menunjukkan densitas LDPE dengan plastik campuran berbanding terbalik secara eksponensial. Warna dari minyak hasil pirolisis plastik LDPE lebih kekuning-kuningan daripada plastik campuran yang berwarna lebih kecoklatan dan memiliki densitas lebih besar daripada plastik jenis LDPE. Dari data yang diperoleh dapat diketahui densitas plastik LDPE mendekati densitas bensin yaitu sekitar 710-770 kg/m³, sedangkan densitas plastik campuran kemasan makanan/minuman instan mendekati densitas solar yaitu sekitar 832-850 g/m³.

Tabel 1 Hasil Pengujian Densitas

| Jenis Plastik | Suhu (°C) | Densitas, ρ (kg/m ³) |
|------------------|-----------|---------------------------------------|
| LDPE | 350 | 706.346 |
| | 400 | 772.880 |
| | 450 | 823.708 |
| Plastik Campuran | 350 | 817.556 |
| | 400 | 809.496 |
| | 450 | 804.572 |



Gambar 2. Hubungan suhu dengan densitas



Gambar 3. (a) Minyak hasil pirolisis plastik dari kiri plastik bekas kemasan 350 °C, plastik bekas kemasan 450 °C, dan LDPE 350°C, (b) LDPE 450 °C, LDPE 350 °C, dan plastik bekas kemasan 350 °C

3.2 Pengaruh Suhu Terhadap Berat Abu

Berat abu masing-masing minyak hasil pirolisis dengan jenis plastik LDPE dan campuran pada suhu 350°C, 400°C, 450°C terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Densitas

| Jenis Plastik | Suhu (°C) | Berat Awal (gram) | Berat Abu/Wax (gram) | % Konversi Abu |
|------------------|-----------|-------------------|----------------------|----------------|
| LDPE | 350 | 150 | 30.7000 | 20.47 |
| | 400 | 150 | - | - |
| | 450 | 150 | - | - |
| Plastik Campuran | 350 | 150 | 34.8138 | 23.21 |
| | 400 | 150 | 40.0849 | 26.72 |
| | 450 | 150 | 52.2993 | 34.87 |



Gambar 4. Sisa lapisan film dari pirolisis minyak jenis campuran



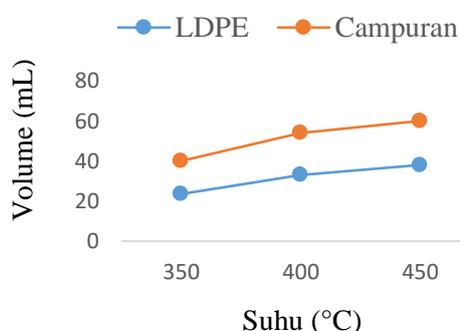
Gambar 5. Wax dari pirolisis minyak jenis LDPE pada suhu 350 °C

Pada penelitian ini *wax*/lilin hanya ada pada LDPE Suhu 350 °C, sesuai dengan (Ademiluyi, 2007) pada suhu rendah minyak pirolisis yang dihasilkan akan cenderung membentuk lilin dimana semakin tinggi suhu operasi pirolisis maka produksi lilin akan semakin berkurang. Sedangkan sisa abu/lapisan *film* dari plastik campuran ada di semua suhu.

3.3 Pengaruh Suhu Terhadap Volume Minyak

Tabel 3. Hasil Volume Minyak

| Jenis Plastik | Suhu (°C) | Volume Minyak (mL) | % Konversi Minyak |
|------------------|-----------|--------------------|-------------------|
| LDPE | 350 | 23.5 | 11.07 |
| | 400 | 33 | 17.00 |
| | 450 | 38 | 20.87 |
| Plastik Campuran | 350 | 40 | 21.80 |
| | 400 | 54 | 29.14 |
| | 450 | 60 | 32.18 |



Gambar 6. Hubungan suhu dengan volume minyak hasil pirolisis

Pada penelitian ini volume minyak hasil pirolisis semakin meningkat berbanding lurus dengan kenaikan suhu, sesuai dengan (Wahyudi, 2001) karena sesuai dengan persamaan Arrhenius, suhu makin tinggi nilai konstanta dekomposisi termal makin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi naik. Pada saat uji nyala api, hasil pirolisis minyak plastik jenis LDPE dan plastik makanan/minuman instan (bahan metalize/laminasi, kemasan mie instan) dapat terbakar sehingga berpotensi menjadi bahan bakar. Diperlukan proses penyulingan serta pengujian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik bahan bakar dari plastik.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa volume minyak tertinggi pada jenis plastik plastik campuran pada suhu 450°C yaitu 60 mL, nilai densitas tertinggi pada jenis plastik LDPE di suhu 450° sedangkan pada plastik campuran di 350°C. Perubahan suhu berpengaruh pada volume minyak yang dihasilkan dan berat abu/lilin (*wax*) yang dihasilkan. Minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis plastik LDPE dan plastik campuran dapat terbakar sehingga berpotensi menjadi bahan bakar. Pada penelitian lanjutan terkait pirolisis plastik ada baiknya memisahkan terlebih dahulu lapisan minyak bagian atas dengan lapisan minyak bagian bawah sehingga data lebih akurat. Mengestimasi waktu maksimal proses pirolisis dimulai dari ketika suhu pada termostat mencapai titik suhu yang ditentukan dan menjaga suhu tetap, sehingga tidak menunggu hingga tetes minyak terakhir.

DAFTAR PUSTAKA

Ademiluyi, T. (2007) 'Preliminary Evaluation of Fuel Oil Produced from Pyrolysis of Waste Sachets', Nigeria: University of Science and Technology.

- Adachi, M., Hlaing, Z.Z., Suzuki, S., Kodama, S., Nakagome, H. (2009) 'Study of an Oil Recovery System for Waste Plastic', *The 5th ISFR*. Chengdu China.
- Aditama, Bagus Kurnia. (2018) 'Pemanfaatan Sampah Plastik sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Pirolisis dan Reformin', *Departemen Kimia Fakultas Ilmu Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*.
- Bhaskar, T., Uddin, A., Murai, K., Kaneko, J., Hamano, K., Kusaba, T., Muto, A., dan Sakata, Y. (2003), 'Comparison of Thermal Degradation Product from Real Municipal Waste Plastic and Model Mixed Plastics', *J. Analytical and Applied Pyrolysis*, 70, p. 579–587.
- Budi, G. (2016) 'Pembuatan Bahan Bakar dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polietilen, Poliester', *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, 8(2), Februari 2016. Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.
- Nasrun, Kurniawan, E., dan Sari, I. (2015) 'Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis', *Jurnal Energi Kinetik*, 4(1), 1–5.
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., dan Syafitri, R. (2015) 'Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Perakat Terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Pirolisis', *Konversi*, 4, 17.
- Rodiansono, Trisunaryanti, W., dan Triyono. (2007) 'Pembuatan dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik menjadi Fraksi Bensin', *Berkala MIPA*, 17, 2.
- Sarker, M., Rashid, M.M., Molla, M., dan Rahman, M. S. (2012) 'Thermal Conversion of Waste Plastic (HDPE, PP and PS) to Produce Mixture of Hydrokarbons', *Journal of Environmental Engineering*, 2(5), p.128–136.
- Scheirs (2006) 'Pyrolysis of Plastic Waste: Engineering Principles and Issues', *McGraw Hill International Editions*.
- Thahir, Ramli, Alwathan, dan Mustafa (2013) 'Spesifikasi dan Analisa Kualitas Bahan Bakar Hasil Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polypropylene', *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah (Journal of Waste Management Technology)*, 16 Edisi Suplemen 2013, p. 153-158.
- Wahyudi, I. (2001) 'Pemanfaatan Blotong Menjadi Bahan Bakar Cair Dan Arang Dengan Proses Pirolisis', *Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UPN "Veteran" Jatim*.
- Wibowo, S., dan Hendra, D. (2015), 'Seri Paket Iptek Teknik Pengolahan Bio-Oil dari Biomassa', Bogor, Indonesia: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Badan Penelitian, Pengembangan dan Inovasi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.