
POTENSI PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK KEMASAN AIR MINERAL DENGAN METODE PIROLISIS MENJADI MINYAK BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Andi Aladin ^{1,*}), Setyawati Yani¹⁾, Hijrah Amaliah Azis²⁾, Hasan³⁾,

¹⁾ Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl Urip Sumoharjo KM 5
Makassar, Sulawesi Selatan – Indonesia

²⁾ Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Jl AP. Pettarani, Makassar, Sulawesi Selatan – Indonesia

³⁾ SMK SMTI, Jl Pajjaiang 18A, Daya, Makassar, Sulawesi Selatan – Indonesia

*) Email: andi.aladin@umi.ac.id

INTISARI

Cadangan minyak bumi semakin menipis karena pemakaian bahan bakar minyak (BBM) semakin meningkat. Diperlukan bahan bakar alternatif yang murah dan ramah lingkungan. Limbah plastik kemasan air mineral jenis *polypropylene* (PP) dengan kandungan kimia utama adalah karbon-hidrogen memungkinkan untuk diproses dicairkan menjadi minyak sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar cair alternatif pengganti BBM Bumi. Makalah ini menguraikan potensi pengolahan limbah plastik kemasan air mineral menjadi bahan bakar cair dengan metode pirolisis. Dari hasil penelitian pendahuluan dengan kondisi pirolisis yaitu suhu 300 °C dan waktu 20 menit diperoleh produk minyak cair dengan yiel mencapai 45%. Konversi ini masih memungkinkan ditingkatkan bila beroperasi pada suhu pirolisis dan waktu optimum. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa minyak yang diperoleh memiliki kemiripan dengan bahan bakar premium (bensin), densitas 0,75 gr/ml, warna cairan kekuningan, sangat mudah terbakar dengan nilai kalor mencapai 11.000 kal/gr. Bila 50% dari total 2 juta ton limbah plastik PP di Indonesia potensi dikonversi menjadi minyak bahan bakar alternatif sebanyak 450 ribu ton/tahun atau setara dengan 434 ton minyak premium (bensin).

Kata kunci : plastik, polypropylene (PP), bahan bakar cair, pirolisis

ABSTRACT

Petroleum reserves are depleting as fuel oil (BBM) is increasing. Needed alternative fuels are cheap and environmentally friendly. The plastic waste of polypropylene (PP) mineral water packs with the main chemical content is carbon-hydrogen allowing it to be processed melted into oil so it can be utilized as an alternative liquid fuel for Earth's fuel. This paper describes the potential of waste water treatment of mineral water packaging into liquid fuels by pyrolysis method. From preliminary research with pyrolysis condition that is temperature 300 °C and time 20 minutes obtained liquid oil product with yiel reach 45%. This conversion may still be enhanced when operating at pyrolysis temperature and optimum time. Laboratory test results show that the oil obtained has similarity with premium fuel (gasoline), density 0.75 gr / ml, color of yellowish liquid, highly flammable with calorific value reach 11.000 cal / gr. If 50% of the total 2 million tons of PP plastic waste in Indonesia the potential is converted to alternative fuel oil of 450 thousand tons / year or equivalent to 434 tons of premium oil (gasoline).

Keywords : Plastic, polypropylene (PP), liquid fuel, pyrolysis.

PENDAHULUAN

Krisis energi dan lingkungan akhir-akhir ini menjadi isu global, hal ini terjadi pada negara maju maupun negara berkembang termasuk di Indonesia. Peningkatan penggunaan energi yang disebabkan pertumbuhan populasi penduduk, bertambahnya jumlah industri dan menipisnya jumlah cadangan minyak bumi di dunia serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan (*renewable energy*) dan teknologi bersih (*green technology*) pada semua proses teknologi dan energi. Selain peningkatan konsumsi energi, peningkatan timbulnya sampah merupakan permasalahan besar yang dihadapi Indonesia. Berdasarkan asumsi, Kementerian Lingkungan Hidup setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ton / hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik / hari (Pahlevi,2010).

Plastik merupakan bahan dari polimer yang non-biodegradable yang sulit diuraikan oleh alam, perlu ratusan tahun agar bisa terurai sehingga dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Sampah plastik juga dapat melepaskan senyawa karsinogenik (penyebab dan pemicu kanker) pada kondisi tertentu. Plastik merupakan polimer tinggi yang dibentuk dari proses polimerisasi. Polimer adalah rangkaian molekul panjang yang tersusun dari pengulangan kesatuan molekul yang kecil dan sederhana. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon (C) dan hidrogen (H). Untuk membuat plastik salah satu bahan baku yang sering digunakan adalah Naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Seperti gambaran, dalam membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar dkk, 2011).

Plastik dapat digolongkan berdasarkan Sifat fisiknya yaitu (1) Termoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur- ulang/dicetak lagi dengan proses pemanasan ulang. Contoh: polietilen (PE), polistiren (PS), acrolinitrit butadiene styrene (ABS), polikarbonat (PC), polipropilene (PP), nylon dan polyethylene tereftalat (PET), (2)

Termoset merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur-ulang/dicetak lagi. Pemanasan ulang akan menyebabkan kerusakan molekul-molekulnya. Contoh: resin epoksi, bakelit, resin melamin, urea-formaldehida, polyester, dan lain-lain (Mujiarto, 2005). Polipropilena merupakan polimer hidrokarbon yang termasuk ke dalam polimer termoplastik yang dapat diolah pada suhu tinggi. Polipropilena berasal dari monomer propilena yang diperoleh dari pemurnian minyak bumi. Oleh karena itu, limbah propilen dapat diolah kembali dengan metode termal untuk menghasilkan bahan bakar cair.

Menurut Widyatmoko, dkk (2015), 14% dari total dari jumlah sampah rumah tangga di Indonesia adalah timbunan sampah plastik, yaitu mencapai 5,4 juta ton per tahun (data tahun 2014). Sampah plastik tersebut terdiri dari 32% PP, dimana plastik PP termasuk jenis plastik yang bisa dikonversi menjadi minyak cair dengan metode pirolisis. Secara kuantitatif potensi limbah plastik PP di Indonesia mencapai $0,32 \times 5,4$ juta ton/tahun = 1,73 juta ton/tahun, sebuah angka yang sangat signifikan dipertimbangkan untuk untuk diproses menjadi bahan bakar minyak.





Gambar 1. Timbunan sampah plastik PP dari bekas gelas dan botol air mineral

Salah satu proses termal yang digunakan untuk mengolah limbah plastik adalah pirolisis (Aprian et al, 2009). Pirolisis adalah proses penguraian material organik secara thermal pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen (Setyawati Yani et al (2012) dan Mustofa et al, (2013)). Proses pirolisis dimulai pada suhu sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lain yang lebih mudah menguap (Aprian et al, 2009). Aprian dan Munawar, 2011, melakukan pengolahan HDPE dan LDPE secara pirolisis menggunakan reaktor dengan diameter 20 cm dan tinggi 40 cm, pada temperatur 250 - 420°C dan waktu reaksi selama 0-60 menit. Hasil dekomposisi dengan efisiensi yang terbaik dalam menguraikan sampah plastik terjadi pada suhu 420°C dengan waktu operasi 60 menit. Hasil produk minyak terbanyak pada plastik LDPE dan HDPE terjadi pada suhu 400 °C dengan waktu operasi 60 menit. Dan minyak pirolisis dari sampah plastik ini memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan karakteristik minyak diesel.

Penelitian dengan jenis plastik yang lain yaitu LDPE dan PP dilakukan oleh Endang, dkk. (2016) secara pirolisis pada suhu 350 °C, 300 °C serta 250 °C, dan dilakukan analisis minyak yaitu viskositas, densitas dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak pirolisis terbanyak dari sampah plastik PP diperoleh dari proses pirolisis suhu 400°C sedangkan sampah plastik LDPE

diperoleh dari proses pirolisis suhu 300 °C. Nilai densitas minyak hasil pirolisis plastik jenis PP dan LDPE mendekati nilai densitas dari minyak tanah dan solar. Nilai viskositas minyak hasil pirolisis PP dan LDPE mendekati nilai viskositas bensin dan nilai kalor minyak pirolisis hasil pirolisis PP dan LDPE mendekati nilai kalor solar.

Pada penelitian ini dilakukan proses pirolisis limbah plastik gelas minuman mineral yang merupakan plastik jenis Polypropylene (PP) yang bertujuan untuk mengetahui kemungkinan pengolahan limbah plastik tersebut menjadi bakar cair. Alat pirolisis didesain khusus menggunakan sistem kondensor yang efisien dalam pendinginan uap atau gas hasil pirolisis (Aladin, et al , 2017). Pembahasan di sini dibatasi pada penelitian pendahuluan uji coba pirolisis limbah plastik PP menghasilkan produk minyak cair. Pembahasan pengamatan kondisi optimum akan dibahas dalam artikel lain yang terpisah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan proses pirolisis untuk memproduksi bahan bakar cair dari limbah plastik jenis air kemasan mineral jenis *polypropylene* (PP). Pirolisis dilakukan dalam alat pirolisis yang dilengkapi dengan tanur dan pemanas listrik, pengatur suhu, cerobong gas, kondensor pendingin dan penampung produk cairan minyak (Aladin, et al , 2017). Pirolisis dicoba pada suhu 300 °C dan waktu pirolisis 20 menit (hingga tidak ada lagi cairan minyak yang menetes). Analisis nilai kalor dilakukan menggunakan alat bom kalorimeter, bobot jenis diukur dengan piknometer. Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Fakultas Teknologi Industri Universitas Muslim Indonesia (UMI) Makassar.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Tahap I adalah persiapan bahan baku. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan bahan baku plastik limbah gelas kemasan air mineral didapat dari limbah yang dibuang oleh masyarakat. Plastik tersebut dibersihkan terlebih dahulu, dicuci, dikeringkan dibawah terik sinar matahari, kemudian dipotong kecil – kecil.

Tahap II adalah proses pirolisis limbah plastik. Ke dalam reaktor pirolisis diisi dengan potongan-potongan limbah plastik gelas kemasan air mineral sebanyak 50 gr. Reaktor ditutup rapat, alat termokopel dan kontrol suhu dipasang, demikian

juga kondensor dipastikan telah terpasang dengan baik. Pada alat kontrol suhu, disetting suhu 300°C, pemanasan dimulai dengan menghidupkan power listrik, air kondensor dijalankan dengan bantuan pompa sirkulasi air apada suhu air pendingin tidak lebih 20 °C. Produk cairan melalui kondensor ditampung dalam botol penampung sebagai bahan bakar minyak (cairan hidrokarbon).

Tahap III yaitu pengukuran dan analisis minyak hasil pirolisis. Pengukuran densitas menggunakan pikometer, nilai kalor dengan menggunakan bomb kalorimeter. Dilakukan uji bakar dengan cara mencelupkan sepotong kayu kering ke dalam cairan minyak lalu dibakar langsung, disandingkan dengan bahan minyak premium (bensin). Yield produk minyak dihitung yaitu perbandingan massa produk minyak cair dengan massa bahan baku plastik dikalikan 100%.

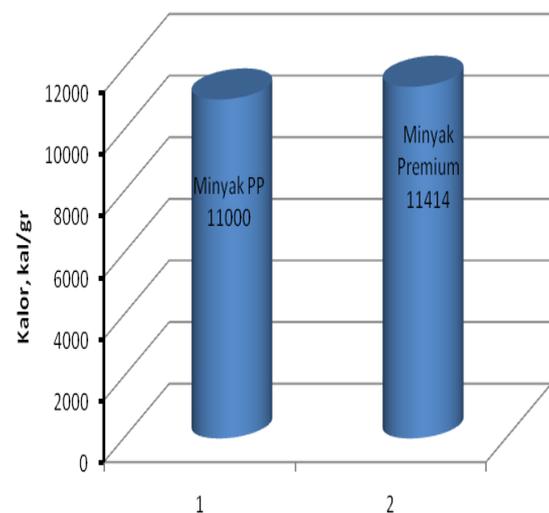
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian pendahuluan pirolisis limbah plastik PP dengan kondisi pirolisis yaitu suhu 300°C dan waktu 20 menit diperoleh produk minyak cair dengan yiel mencapai 45%. Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa minyak yang diperoleh memiliki kemiripan dengan bahan bakar premium (bensin), densitas 0,75 gr/ml, warna cairan kekuningan, sangat mudah terbakar dengan nilai kalor mencapai 11.000 kal/gr. Informasi terpenting dari penelitian pendahuluan ini bahwa limbah plastik berbahan baku PP terbukti memungkinkan untuk diproses dengan metode pirolisis menghasilkan produk minyak cair yang mudah terbakar mirip seperti bahan bakar premium (bensin). Sekalipun konversi pirolisis pada suhu 300°C memberikan yield 45%, namun menurut Wanchai dan Chaisuwan (2013) bahwa semakin tinggi suhu maka konversi limbah menjadi bahan bakar cair yang dihasilkan juga semakin banyak, maka dengan demikian perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mencari suhu pirolisis optimum yang memberikan konversi atau yield maksimum.

Densitas yang diperoleh dari limbah plastik PP adalah 0,75 gr/ml. Rentang densitas bahan bakar jenis Bensin 88 adalah 0,715 – 0,780 gr/ml, kerosin 0,790 – 0,835 gr/ml, minyak solar (Automotive Diesel Oil/ADO) 0,815 – 0,870 gr/ml (Melyna, 2013). Terlihat bahwa densitas yang dihasilkan dari penelitian ini cukup rendah, merupakan salah satu parameter kualitas bahan

bakar cukup baik. Densitas yang tinggi dari suatu minyak menandakan kualitas bahan bakar yang kurang bagus, karena kemungkinan mengandung lilin. Densitas produk minyak hasil pirolisis ini masuk dalam range densitas bahan bakar premium (bensin) yang menandakan bahwa minyak yang dihasilkan memiliki kualitas yang cukup tinggi (Ismail, 1998).

Menurut standar, nilai kalor bahan bakar di atas 41,870 J/gr (10.000 kal/gr). Berdasarkan hasil pengujian dalam penelitian pendahuluan ini, nilai kalor yang dihasilkan mencapai 11.000 kal/gr, maka disimpulkan bahwa bahan bakar cair yang dihasilkan memenuhi standar nilai kalor bahan bakar. Dibandingkan nilai kalor produk minyak hasil pirolisis limbah plastik PP yaitu mencapai 11.000 kal/gr, hampir mendekati nilai kalor premium (bensin) mencapai 11.414 kal/ gr (Agrariksa, 2013) (gambar 2). Jika menggunakan hasil penelitian pendahuluan ini pun sudah dapat diprediksi potensi nilai energi minyak cair yang dapat diperoleh dari hasil olahan pirolisis limbah plastik PP yang semakin hari semakin meningkat pula jumlahnya. Sekaligus dapat diprediksi potensi nilai ekonomi limbah plastik PP, yang selama ini pengolahan dan pemanfaatannya belum maksimum bahkan cenderung terbuang sebagai limbah merusak lingkungan dan estetika kota.



Gambar 2. Nilai kalor minyak dari limbah plastik PP (1) dan premium/bensin (2)

Seperti pustaka yang telah dikutip di atas, potensi limbah plastik PP dari sampah rumah tangga di Indonesia mencapai 1,73 juta ton/tahun (data tahun 2014), sebuah angka yang sangat signifikan dipertimbangkan untuk untuk diproses menjadi bahan bakar minyak (Widyatmoko, dkk, 2015). Belum lagi adanya kecenderungan limbah plastik PP meningkat pertahun, sehingga bisa diprediksi secara ekstrapolasi tahun sekarang (2017) mencapai 2 juta ton. Bila 50% dari total limbah PP tersebut (1 juta ton) dipirolisis akan menghasilkan minyak bahan bakar sebanyak 450 ribu ton (konversi 45%) atau kira-kira setara dengan $11/11,414 \times 450$ ribu = 434 ribu ton minyak premium (bensin). Potensi pemanfaatan limbah plastik PP ini tentu saja sangat signifikan dari sisi ekonomi, dan terlebih lagi sangat menguntungkan dari sisi lingkungan, mengeliminir dampak pencemaran, juga dari sisi pengangguran dan dampak-dampak sosial yang akan turut tereliminir.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian potensi hasil penelitian pendahuluan pengolahn limbah plastik PP secara pirolisis membentuk produk minyak cair sebagai bahan bakar alternatif dapat disimpulkan :

1. Limbah plastik jenis *Polypropylene (PP)* secara kuantitatif sangat melimpah di Indonesia dipredikasi mencapai 2000 ton/tahun dan potensi diproses untuk dikonversi menjadi bahan bakar minyak
2. Pirolisis limbah plastik PP pada suhu 300°C dan waktu 25 menit, menghasilkan produk minyak cair dengan yeld 45%, nilai kalor mencapai 11.000 kal/gr, densitas 75 gram/mL
3. Berdasarkan analisis fisik poin 2, produk minyak hasil pirolisis limbah plastik PP memiliki kemiripan dengan bahan bakar premium (bensin), sehingga produk minyak tersebut bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM bumi dan gas alam.
4. 50% dari total 2 juta ton limbah plastik PP di Indonesia potensi dikonversi menjadi minyak bahan bakar alternatif sebanyak 450 ribu ton/tahun atau setara dengan 434 ton minyak premium (bensin).

DAFTAR PUSTAKA

- Achilias, D. S., Roupakias, C., Megalo-konomos, P., Lappas, A. A., Antonakou, E. V. (2007). Chemical recycling of plastic wastes made from polyethylene (LDPE and HDPE) and polypropylene (PP), *Journal of Hazardous Materials*, 149, 536 – 542
- Aladin, A., Ratna Surya Alwi and Takdir Syarif, 2017, *Design of Pyrolysis Reactor For Production Of Bio-Oil and Bio-Char Simultaneously*
- Aprian Ramadhan, Munawar, A., (2011). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”. Jawa Timur
- Agrariksa, F.A., Bambang Susilo, dan Wahyunanto Agung Nugroho, 2013, *Uji Performansi Motor bakar Bensin (On Chassis) Menggunakan Campuran Premium dan Etanol*, Jurnal keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, Vol 1, No 3 (2013)
- Endang K, Mukhtar G, Abed Nego dan F X Angga Sugiyana. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Yogyakarta
- Houshmand, D., Roozbehani, B., Badakhshan, A. (2013) Thermal and catalytic degradation of polystyrene with a novel catalyst, *International Journal of Science & Emerging Technologies*, 5(1), 234-238.
- Ismail, Ali Fasya. 1998. *Teknologi Minyak dan Gas Bumi*. Universitas Sriwijaya: Inderalaya
- Javier, Ignacio. (2006). *Pyrolysis of PolyPropylene By Ziegler-Natta Catalysts*. Hamburg
- Kumar S., Panda, A.K., and Singh, R.K. (2011) *A Review on Tertiary Recycling of High-Density Polyethylene to Fuel*, Resources, Conservation and Recycling Vol. 55 893–910
- Melyna, E. (2013) Perengkahan sampah plastik (HDPE, PP, PS) menjadi *precursor* bahan bakar dengan variasi perbandingan bahan baku/katalis H-zeolit, *Skripsi*, Universitas Riau, Pekanbaru.

- Mujiarto I.(2005).Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, Traksi.Vol. 3, No.2.
- Mustofa K., D. (2013). Polytech: Conversion Machine of Plastik Into Oil Fuel With Continuous System And Reservoir Wet-Steam Oil With 20 Kg Capacities. Proceedings of AISC Taiwan 2013. ISSN:2337-442X
- Napitupulu, F. H. (2006) pengaruh nilai kalor (heating value) suatu bahan bakar terhadap perencanaan volume ruang bakar ketel uap berdasarkan metode penentuan nilai kalor bahan bakar yang dipergunakan.*Jurnal Sistem Teknik Industri* , 7(1), 60 – 65.
- Pahlevi, M.R. (2012). Sampah Plastik (file:///I:/Artikel%20plastic%20to%20oil/twit-sampah-plastik.html)
- Panda, A.K.(2011).*Studies on Process Optimization for Production of Liquid Fuels from Waste Plastics*, Thesis,Chemical Engineering DepartmentNational Institute of TechnologyRourkela
- Sriningsih, W., Saerodji, M. G., Trisunar-yanti, W., Triyono, Armunanto, R., Falah, I. I. (2014). Fuel production from LDPE plastic waste over natural zeolite supported Ni, Ni-Mo, Co and Co-Mo metals, *Procedia Environmental Sciences*, 20, 215 – 224.
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., Yoshikawa, K. (2014).Fuel oil production from municipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors, *Energy Procedia*, 47, 180 – 188.
- Wanchai, K., & Chaisuwan, A.(2013).*Catalytic Cracking of PolypropyleneWaste over Zeolite Beta.Chemistry andMaterials Research*. Vol. 3 No. 4
- Widiyatmoko, Pramiati Purwaningrum, dan Febrina Putri Arum P , 2015, Analisis Karakteristik Sampah Plastik Di Permukiman Kecamatan Tebet Dan Alternatif Pengolahannya, JTL Juni 2015, Vol. 7 No. 1, 24 – 33.
- Zhang, D. and Yani, S., 2011, Sulphur transformation during pyrolysis of an Australian lignite, *Proc. Comb. Inst*, 33 (2), 1747-1753