

PIROLISIS SAMPAH PLASTIK HINGGA SUHU 900°C SEBAGAI UPAYA MENGHASILKAN BAHAN BAKAR RAMAH LINGKUNGAN

D. Mustofa K.¹⁾, Fuad Zainuri²⁾

^{1), 2)}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G.A Siwabessy, Kampus UI, Depok (16242), Indonesia
dmustofa@ymail.com

Abstrak

Salah satu alternatif penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar. Tujuan penelitian ini adalah melakukan untuk memperoleh bahan bakar cair dari pirolisis sampah plastik yang aman bagi manusia dan lingkungan, dengan nilai kalor dan mutu bahan bakar minyak yang sesuai standar. Metode yang digunakan adalah pirolisis sampah plastik pada suhu 900 °C, lalu uap yang dihasilkan dikondensasi melalui crossflow kondensor. Metode ini menghasilkan bahan bakar cair dengan nilai kalor 46.848 J/g yang lebih besar dari pada pengolahan sampah plastik pada suhu 425 °C yang hanya 41.870 J/g, disamping itu sifat lebih aman dari pengolahan sampah plastik pada suhu 425°C karena kadar senyawa yang berpotensi bersifat karsinogenik (asam borat dan siklopentanon) berkurang persentasenya.

Kata kunci: sampah plastik, bahan bakar, pirolisis, ramah lingkungan

Pendahuluan

Penelitian mengenai penggunaan berbagai sampah plastik menjadi bahan bakar cair dengan cara pirolisis masih terus dikembangkan saat ini (Moinuddin et al, 2013) dan dapat digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar fosil (Suryo et al, 2011). Sebelumnya Tri Anggono (2009) telah melakukan penelitian tentang sampah plastik dari jenis pembungkus makanan (*Low Density Polyethylene* atau LDPE) pada temperatur pemanasan 425°C, dan hasilnya ditampilkan senyawa-senyawa yang memiliki sifat mudah terbakar antara lain aseton dan siklopentanon (1,68 % Area). Di tahun yang sama, Damanhuri (2009) menyatakan bahwa senyawa siklopentanon merupakan senyawa keton siklik yang berpotensi menimbulkan gas bersifat karsinogenik (beracun). Selain itu asam borat juga berbahaya jika terhirup, dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa disertai nyeri tenggorokan, batuk, dan pernapasan menjadi pendek.

Masalah krisis energi yang dihadapi dunia saat ini merupakan masalah pula bagi Indonesia yang merupakan negara dengan konsumsi bahan bakar fosil tertinggi, dapat dilihat konsumsi minyak bumi tahun 2005 sekitar 1,6 juta barel per hari, sedangkan pada tahun 2006 mencapai 1,84 barel per hari, padahal negara-negara lain seperti Jepang dan Jerman pada tahun yang sama hanya mengonsumsi kurang dari 1 juta barel per hari (Zuhra et al, 2003). Pada tahun 2013, di Amerika Serikat diproduksi sekitar 30 juta ton total plastik setiap tahunnya, namun dengan hanya sekitar 4% saja yang didaur ulang (Sarker, 2013). Selain menghasilkan energi, pembakaran sumber energi fosil juga melepaskan gas-gas, antara lain karbon dioksida (CO₂), nitrogen oksida (NO_x), dan sulfur dioksida (SO₂) yang menyebabkan pencemaran udara (Damanhuri, E. 2009). Sehingga perlu dilakukan upaya penelitian terhadap bahan bakar alternatif yang diharapkan bisa dipakai secara luas bagi masyarakat ramah lingkungan.

Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bahan bakar cair dari pirolisis sampah plastik yang aman bagi manusia dan lingkungan, dengan nilai kalor dan mutu bahan bakar minyak yang sesuai standar.

Tinjauan Pustaka

Pirolisis atau devolatilisasi adalah proses fraksinasi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada suhu sekitar 230 °C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan volatile matters pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya (Aprian et al, 2009). Pirolisis merupakan proses penguraian material organik secara thermal pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen (Mustofa et al., 2013).

Plastik adalah suatu material organik sintetik atau material organik semi sintetik yang berasal dari minyak bumi dan gas alam. Dari produk plastik, dihasilkan *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), *polyvinyl chloride* (PVC), *low density polyethylene* (LDPE), *polypropylene* (PP), *polistirena* (PS),

polyurethane dan *polifenol*, menghasilkan limbah plastik yang kira-kira terdiri dari 50-60% jenis PE, 20-30% dari PP, 10-20% PS dan, 10% PVC (Sarker, 2013).

Polietilena (PE) *polietilena* berdensitas menengah dan tinggi, titik lelehnya berkisar 120°C hingga 135°C. Titik leleh *polietilena* berdensitas rendah berkisar 105°C hingga 115°C. (HDPE) dicirikan dengan densitas yang melebihi atau sama dengan 0,941 g/cm³. HDPE memiliki derajat rendah dalam percabangannya dan memiliki kekuatan antar molekul dan kekuatan regang sangat tinggi. Kegunaannya adalah sebagai bahan pembuat botol susu, botol/kemasan deterjen, kemasan margarin, pipa air dan tempat sampah. LDPE dicirikan dengan densitas 0,910-0,940 g/cm³. LDPE memiliki derajat tinggi terhadap percabangan rantai panjang dan pendek, yang berarti tidak akan berubah menjadi struktur kristal. Ini juga mengindikasikan bahwa LDPE memiliki kekuatan regangan yang rendah. Kegunaannya adalah sebagai container yang agak kuat dan dalam aplikasi film plastik seperti sebagai kantong plastik dan plastik pembungkus. LLDPE dicirikan dengan densitas antara 0,915-0,925 g/cm³. LLDPE adalah polimer linier dengan percabangan rantai pendek dengan jumlah yang cukup signifikan. Kegunaannya adalah sebagai pembungkus kabel, mainan, tutup kemasan, ember, container dan pipa (Aprian et al, 2011). Menurut Triana (2006), reaksi pirolisis pada temperatur 475 °C dalam reaktor yang terbuat dari stainless steel dan dialiri gas nitrogen (100 mL/menit) menghasilkan kecepatan reaksi dekomposisi perengkahan sampah plastik jenis polipropilena (PP).

Agus Sapriyanto (2011) telah melakukan pengujian terhadap mesin pengubah sampah plastik menjadi BBM. Proses pengujian dilakukan pada 1 kg sampah plastik dengan suhu pemanasan 530 °C. Jenis plastik yang dimasukkan ialah semua jenis plastik. Kemudian dalam waktu 2 jam sehingga menghasilkan bahan bakar cair sebanyak 300 ml. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai kalor bahan bakar tersebut sampah plastik sebesar 10.519 Cal/g atau 44.040,95 J/g, setara dengan nilai kalor premium yaitu 10.285 Cal/g atau 43061,24 J/g. Di tahun yang sama, Aprian dkk (2011) juga meneliti minyak yang diperoleh dari proses pirolisis pengolahan sampah plastik. Penelitian ini menggunakan dua jenis plastik sebagai variabel tetap yaitu *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan menggunakan reaktor dengan diameter 20 cm dan tinggi 40 cm. Pirolisis dilangsungkan pada temperatur 250 - 420 °C dan waktu reaksi selama 0 - 60 menit. Minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis dapat dibandingkan dengan minyak tanah dan minyak ini merupakan sumber dari bahan kimia yang berharga misalnya alkohol, asam organik, eter, keton, alipatik dan hidrokarbon aromatik. Dan gas yang dihasilkan berupa CO_x, NO_x, H₂ dan Alkana (Damanhuri, 2009).

Suryo dkk (2011) dalam penelitiannya tentang sifat minyak pirolisis campuran sampah biomassa dan sampah plastik *polypropylene* (PP). Di dalam penelitian ini diteliti mengenai massa jenis, viskositas dan nilai kalor. Selanjutnya, minyak hasil pirolisis dimanfaatkan untuk memasak air dengan menggunakan kompor. Efisiensi kompor berbahan minyak pirolisis diuji dengan menggunakan metode standar *water boiling tes* (wbt). Dari penelitian ini diperoleh hasil efisiensi kompor berbahan bakar minyak yang terbaik pada komposisi 30% biomassa : 70% plastik pada temperatur 400 °C yaitu sebesar 24%.

Berdasarkan Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi tahun 2008, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis minyak bakar yang dipasarkan di dalam negeri adalah sebagai berikut (ESDM, 2008).

Tabel 1 Spesifikasi bahan bakar minyak

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan				Metode Uji
			IFO-1		IFO-2		
			Min.	Maks.	Min.	Maks.	
1	Nilai Kalori	MJ/kg	41.87	-	41.87	-	ASTM
2	Densitas pada 15 °C	kg/m ³	-	991	-	991	D 1298
3	Viskositas kinematik pada 50 °C	mm ² /dt	-	180	-	380	D 445
4	Kandungan sulfur	% m/m	-	3.5	-	4.0	D 1552 / 2622
5	Titik tuang	°C	-	30	-	40	D 97
6	Titik nyala	°C	60	-	60	-	D 93
7	Residu karbon	% m/m	-	16	-	20	D 189
8	Kandungan abu	% m/m	-	0.10	-	0.15	D 482
9	Sedimen total	% m/m	-	0.10	-	0.10	D 473
10	Kandungan air	% v/v	-	0.75	-	1.0	D 95
11	Vanadium	mg/kg	-	200	-	-	AAS
12	Aluminium + silikon	mg/kg	-	80	-	-	D 5184/AAS

(Sumber: SK Dirjen Minyak & Gas Bumi, ESDM, 2008)

Pada awalnya teknologi pirolisis dianggap sebagai metode yang ramah lingkungan (Mujiarto et al, 2005) sebab produk akhirnya menghasilkan CO₂ dan H₂O, yang merupakan gas non toksik. Namun dalam perkembangannya, senyawa siklopentanon dalam sebagai hasil pirolisis merupakan senyawa keton siklik yang berpotensi menimbulkan gas bersifat karsinogenik (beracun). Selain itu asam borat juga berbahaya jika terhirup, dapat menyebabkan iritasi pada membran mukosa disertai nyeri tenggorokan, batuk, dan pernapasan menjadi

pendek (Damanhuri et al, 2009). Senyawa siklopentanon tersebut dapat diidentifikasi melalui gas kromatografi (Pavia et al, 2006).

2. Metode Penelitian

Sampah plastik dicacah dan dimasukan dalam konverter dan dipanaskan hingga suhu 900 °C, lalu uap yang dihasilkan dikondensasi melalui *crossflow* kondensor. Bahan bakar minyak yang dihasilkan pada suhu pemanasan 900°C tersebut diuji nilai kalornya menggunakan Bom Kalorimeter dan pengujian Gas Chromatografi (GC). Pengujian nilai kalor dilakukan menggunakan bom-kalorimeter yang terdapat di Laboraturium Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta. Metode analisis GC-MS (*Gas Chromatografy Mass Spectrometry*) adalah dengan membaca spektra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut.



Gambar 1 Konverter sampah plastik menjadi bahan bakar

3. Hasil dan Pembahasan

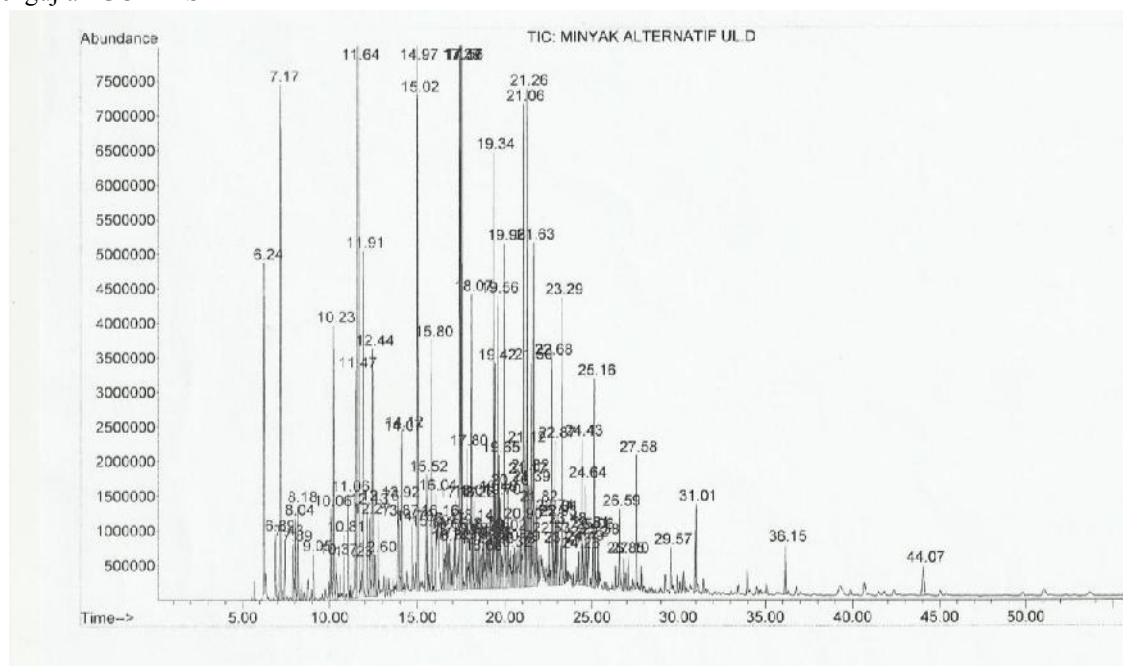
Hasil pengujian GC jika terdapat sampel mengandung banyak senyawa, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spektra GC tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa apa saja yang ada dalam sampel (Pavia et al, 2006). Selanjutnya adalah dengan memasukkan senyawa yang diduga tersebut ke dalam instrumen spektroskopi massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spektra spektroskopi massa pada grafik yang berbeda.

Nilai kalor yang diperoleh dibandingkan nilainya dengan Standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak jenis minyak bakar yang dipasarkan di dalam negeri (Dept. ESDM RI, 2008), untuk memenuhi standar nilai kalor bahan bakar harus di atas 41.870 J/g. Berdasarkan hasil pengujian, nilai kalor yang dihasilkan sebesar 11.189 cal/g atau 46.848 J/g, sehingga memenuhi standar nilai kalor bahan bakar yang dipasarkan di dalam negeri.

Tabel 2 Nilai Kalor Hasil Pengujian (1 gram massa Minyak Plastik)

NILAI KALOR	CV (Cal/g)	delta T
BBM plastik	11.189	8.915
Premium	11.245	3,993
standar mutu ESDM RI	10.000	-

Hasil Pengujian GC – MS



Tabel 3 Data senyawa penting bahan bakar cair dari sampah plastik

No.	Peak	% Area	Senyawa Yang Diduga	Rumus
1.	1	64,69	2-propanon/aseton	C ₃ H ₆ O
2.	2	27,08	Asam borat	H ₃ BO ₃
3.	3	0,09	-	-
4.	4	6,93	Asam asetat	C ₂ H ₄ O ₂
5.	5	1,2	Siklopentanon	C ₅ H ₈ O

Berdasarkan hasil pengujian bahan bakar yang dihasilkan pada suhu pemanasan 900°C diperoleh kadar senyawa yang mudah terbakar (2-propanon) bertambah, sedangkan senyawa yang berpotensi bersifat karsinogenik (asam borat dan siklopentanon) berkurang presentasinya.

4. Kesimpulan

1. Proses pengolahan sampah plastik pada suhu 900°C menghasilkan bahan bakar cair dengan nilai kalor 46.848 J/g yang berarti nilai ini lebih besar dari pada pengolahan sampah plastik pada suhu 425 °C yang menghasilkan nilai kalor sebesar 41.870 J/g.
2. Pengujian GCMS bahan bakar yang dihasilkan menunjukkan bahwa kadar senyawa yang berpotensi bersifat karsinogenik (asam borat dan siklopentanon) berkurang presentasinya sehingga yang berarti pengolahan sampah plastik pada suhu 900°C memiliki sifat lebih aman dari pengolahan sampah plastik pada suhu 425°C.

Daftar Pustaka

Agus Sapriyanto. (2011). Mesin Pengubah Sampah Plastik Menjadi Minyak. PKMT PNJ 2011.

- Aprian Ramadhan, Munawar, A., (2011). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran". Jawa Timur.
- Damanhuri, E. (2009). Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Institut Teknologi Bandung.
- Kreith, F., Black, Z., William. (1980). *Basic Heat Transfer*. New York.
- Kays, W. M. et al, (1955). *Compact Heat Exchanger*. National Press, Palo Alto, Calif. London.
- Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 14496 K/14/DMJ/2008. Standard an Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Bakar yang Dipasarkan Di Dalam Negeri.
- Lio Ban, Agus. (2012). *Automotive Tips and Sharing*. www.saft7.com (diakses: 2 november 2012)
- Mustofa K., D., dkk. (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
- Mujiarto, Imam. (2005). Sifat Dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif. AMNI Semarang
- Munson, Bruce R., Young, Donald F. dan Okiishi, Theodore H. (2002). *Fundamentals of Fluid Mechanics*. USA
- Napitupulu, Farel 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 Diperlukan. Departemen Teknik Mesin FT Universitas Sumatera Utara.
- Pavia, Donald L., Gary M. Lampman, George S. Kritz, Randall G. Engel. (2006). *Introduction to Organic Laboratory Techniques (4th Ed.)*. Thomson Brooks/Cole. pp. 797–817.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2009. Tentang Baku Mutu Emisi Kegiatan Industri Minyak Dan Gas Bumi Sumber E
- Rodiansono, Wega T., dan Triyono. (2007). Pembuatan, Karakterisasi dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/z dan NiMo/Z-Nb₂O₅ pada reaksi hidreregang fraksi sampah plastik menjadi fraksi bensin. Berkala MIPA Vol 17 No. 2.
- Sarker, M., Rashid, M. M. (2013). *Mixture of LDPE, PP and PS Waste Plastics into Fuel by Thermolysis Process*. International Journal of Engineering and Technology Research, Vol. 1, No. 1.
- Sarker, M., Rashid, M. M. (2013). *Container Waste Plastic Conversion Into Fuel*. International Journal of Engineering and Applied Sciences Vol. 3 No. 1
- Sari. (2011). Optimasi Nilai kalor Pembakaran Biobriket Campuran Batu Bara dengan Arang Tempurung Kelapa. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Suryo A.W., Adityo. (2011). Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plastik Polypropylene (PP). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Sinaga, E. (2006). Bahaya Zat Racun Dioksin dari Pembakaran Sampah. www.republika.or.id (diakses pada : 20 November 2012)
- Tri Anggono, et al. (2009). Pirolisis Sampah Plastik untuk Mendapatkan Asap Cair dan Penentuan Komponen Kimia Penyusunnya Serta Uji Kemampuannya Sebagai Bahan Bakar Cair. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru. misi Proses Pembakaran.
- Yasabie Abatneh, Omprakash Sahu. (2013). *Preliminary Study On The Conversion Of Different Waste Plastics Into Fuel Oil*. International Journal Of Scientific & Technology Research. Vol. 2, Issue 5.
- Zuhra, Cut Fatimah. (2003). Penyulingan, pemrosesan dan penggunaan minyak bumi. Universitas Sumatra Utara.