

KARAKTERISTIK PELARUT DAN SOLAR HASIL PROSES PIROLISIS LIMBAH PLASTIK POLIETILEN

(SOLVENT AND DIESEL FUEL CHARACTERISTICS PRODUCED FROM PLASTIC
WASTE PYROLYSIS)

Siti Naimah, Silvie Ardhane Aviantharie, dan Novi Nur Aidha

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian
Jalan Balai Kimia No.1, Pekayon Pasar Rebo, Jakarta Timur 13690

E-mail : st.naimah@gmail.com

Received: 8 Juli 2016; revised: 22 Agustus 2016; accepted: 19 September 2016

ABSTRAK

Proses pirolisis dapat mengatasi permasalahan limbah plastik yang tidak dapat didaur ulang dan sulit terurai di lingkungan. Bahan baku yang digunakan adalah limbah plastik polietilen (PE). Proses pirolisis dilakukan dalam reaktor pada suhu 300 °C sampai dengan 450 °C dengan penambahan katalis bekas *Residual Cathalytic Cracking (RCC)*. Rangkaian alat yang digunakan dalam menghasilkan fase cair menggunakan 2 jenis yaitu kondensor dan tangki air. Produk cair kedua rangkaian alat pirolisis tersebut difraksinasi dan dikarakterisasi. Karakterisasi dilakukan dengan cara menganalisis menggunakan metode ASTM untuk pelarut dan solar sesuai spesifikasi PT. Pertamina. Syarat mutu pelarut yang digunakan adalah mendekati produk pelarut *Pertasol* dan *LAWS*. Solar dari proses fraksinasi produk cair hasil pirolisis kedua rangkaian alat tersebut memiliki mutu lebih tinggi daripada solar tipe 51. Pelarut P diperoleh pada suhu 40 °C sampai dengan 140 °C sedangkan pelarut L pada suhu 140 °C sampai dengan 190 °C. Hasil karakteristik pelarut P dan L dengan rangkaian alat menggunakan tangki air memberikan mutu lebih tinggi dibandingkan menggunakan kondensor. Rangkaian alat menggunakan tangki air juga lebih hemat listrik dibandingkan dengan menggunakan kondensor.

Kata kunci : Pirolisis, Limbah plastik, Pelarut, Solar

ABSTRACT

The pyrolysis process can solvent the problems of plastic waste that cannot be recycled and difficult to decompose in the environment. The raw material used is plastic waste polyethylene (PE). Pyrolysis process is carried out in a reactor at a temperature of 300 °C to 450 °C with the addition of the catalyst Residual Cathalytic Cracking (RCC). A suite of tools used in generating the liquid phase using two types of condenser and water tank. The liquid product from both suite of tools pyrolysis be fractionated and characterized. Characterization is done by analyzing using ASTM method for solvent and diesel according to the specifications PT. Pertamina. Quality requirement of solvent used is approaching Pertasol and LAWS solvent products. Diesel fuel of the fractionation process liquid products of pyrolysis of both sets of these tools have a higher quality of solar-type 51. Solvent P is obtained at 40 °C to 140°C, while the solvent L at 140 °C to 190°C. The characteristics solvent P and L with a suite of tools using water tank provides higher quality than using condenser. The suite of tool use water tank also more power efficient than using a condenser.

Key words: Pyrolysis, Plastic waste, Solvent, Diesel

PENDAHULUAN

Limbah plastik merupakan sumber masalah karena tidak dapat membusuk, tidak dapat menyerap air dan pada akhirnya tidak dapat diuraikan/didegradasi dalam tanah. Limbah plastik mempunyai nilai ekonomis sebagai sumber energi karena plastik berasal dari minyak bumi. Limbah plastik jika diolah

dengan tepat akan menghasilkan hidrokarbon sebagai bahan dasar energi (Chanda 2000; Williams dan Slaney 2007; Sharma *et al.* 2014).

Salah satu teknologi untuk mengolah limbah plastik adalah pirolisis. Teknologi pirolisis merupakan teknologi terbaru dalam mengkonversi limbah plastik menjadi fase cair

dan gas yang dapat dimanfaatkan kembali (Lopez *et al.* 2010; Demirbas 2004; Harshal *et al.* 2013; Miskolczi *et al.* 2016). Teknologi pirolisis adalah proses degradasi termal tanpa adanya oksigen. Limbah plastik dimasukkan ke dalam reaktor pada suhu 400°C sampai dengan 550°C sehingga terjadi proses perengkahan dan produk yang dihasilkan berupa gas dan minyak pirolisis (Cleetus *et al.* 2013; Miskolczi and Nagy 2012). Syamsiro *et al.* (2014) mempelajari perbandingan hasil proses pirolisis dari limbah plastik PE dengan menggunakan katalis dan tanpa katalis. Penggunaan katalis pada proses pirolisis dapat memutus rantai hidrokarbon dengan sempurna dan cepat sehingga tidak perlu suhu yang terlalu tinggi. Katalis yang digunakan dalam sistem akan mencegah pembentukan semua dioxin dan furan (Panda *et al.* 2010).

Penelitian pirolisis limbah plastik PE Ermawati *et al.* (2016) memanfaatkan RCC (*Residual Catalytic Cracking*) bekas pengolahan minyak bumi menjadi bahan bakar dan zeolit sebagai katalis. Penggunaan RCC menghasilkan fase cair 13,75% lebih tinggi dibandingkan dengan zeolit. RCC bekas masih memiliki kemampuan dalam proses perengkahan.

Fase cair hasil pirolisis plastik menggunakan katalis RCC dapat difraksinasi menghasilkan bahan bakar dan pelarut yaitu dengan pengaturan suhu sesuai dengan kualitas pelarut yang diinginkan. Jenis pelarut yang banyak digunakan oleh industri adalah Pertasol dan *Low Aromatic White Spirite (LAWS)*. Pelarut Pertasol dan LAWS banyak digunakan di industri cat, *lacquer* dan *vanish*, industri tekstil (*printing*), industri tinta cetak, sebagai komponen di dalam proses pembuatan bahan karet pada pabrik ban, vulkanisir, *adhesive* (lem), industri farmasi dan kosmetik.

Pelarut Pertasol dan LAWS merupakan pelarut dari jenis hidrokarbon. Pelarut tersebut memiliki rantai karbon C₅ hingga C₂₀ dan mengandung gugus iso, siklik, alifatik, serta aromatik (Suryana 2013). Pelarut Pertasol diproduksi oleh Pertamina Kilang Cepu dengan produksi rata-rata sebesar 7.300 ton/tahun, sedangkan LAWS diproduksi oleh Pertamina Kilang Plaju dengan kapasitas 23.000 ton/tahun. Produksi tersebut masih belum memenuhi permintaan industri sehingga dilakukan impor. Tahun 2010 Indonesia mengimpor pelarut LAWS sebesar 23.640 ton dan kebutuhannya semakin meningkat sehingga pada tahun 2015 sebesar 25.570 ton (Pusdatin, Kemenperin 2016).

Penelitian ini membandingkan hasil karakteristik pelarut dan solar dari hasil pirolisis menggunakan metode kondensasi yang dilakukan oleh Ermawati (2016) dan metode menggunakan tangki air dengan bantuan katalis RCC. Metode menggunakan tangki air merupakan modifikasi dari metode kondensasi. Tujuan penggunaan metode tangki air adalah untuk efisiensi energi listrik yang digunakan. Bahan baku yang digunakan dari limbah plastik PE yang merupakan jenis plastik paling banyak digunakan masyarakat sebagai plastik kemasan seperti kantong belanja. Fase cair hasil pirolisis kedua metode tersebut difraksinasi berdasar perbedaan suhu titik didih untuk menghasilkan fraksi pelarut dan solar.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan adalah plastik (PE), katalis RCC (*Residual Catalytic Cracking*) dari limbah bekas proses *cracking* Pertamina, CaCO₃ teknis, es batu, dan air. Peralatan yang digunakan adalah *crusher*, rangkaian alat proses pirolisis, timbangan analitik merk Kern, gelas piala, alat fraksinasi merk *b/r instrument* tipe *Spinning Band Distillation*, dan botol sampel 500 ml.

Metode

Proses pirolisis dimulai dengan mengatur suhu reaktor 300 °C sampai dengan 450 °C. Saat suhu mencapai 200 °C, dimasukkan limbah plastik PE dan katalis RCC. Pada suhu di atas 300 °C, plastik dalam reaktor akan *dicracking* membentuk gas. Gas yang terbentuk akan diubah menjadi fase cair menggunakan dua rangkaian alat yang berbeda yaitu dengan kondensor dan dengan tangki air. Proses menggunakan kondensor dilakukan pada suhu 20 °C dengan bantuan es dan produk cair ditampung pada tangki produk. Metode kondensor ini mengacu pada Ermawati (2016), sedangkan metode tangki air merupakan hasil modifikasi metode tersebut. Pada metode ini tidak lagi menggunakan kondensor tapi menggunakan tangki air sehingga produk cair diperoleh dengan memisahkan produk cair pada bagian atas permukaan air. Rangkaian alat proses pirolisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

Produk cair dari kedua metode masing-masing difraksinasi menggunakan alat fraksinasi tipe *Spinning Band Distillation*. Proses fraksinasi dilakukan dengan dua kondisi yaitu kondisi atmosferik dan vakum. Kemudian dilakukan analisis standard dan mutu (spesifikasi) bahan

bakar minyak jenis solar-51 serta pelarut sesuai syarat mutu Pertamina.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan kondensor dan tangki air pada rangkaian proses untuk mengubah fase gas menjadi fase cair. Pada proses pirolisis dengan kondensor, fase cair ditampung dalam tangki produk sedangkan pada proses dengan tangki air, fase cair terpisah pada permukaan air karena adanya perbedaan berat jenis.

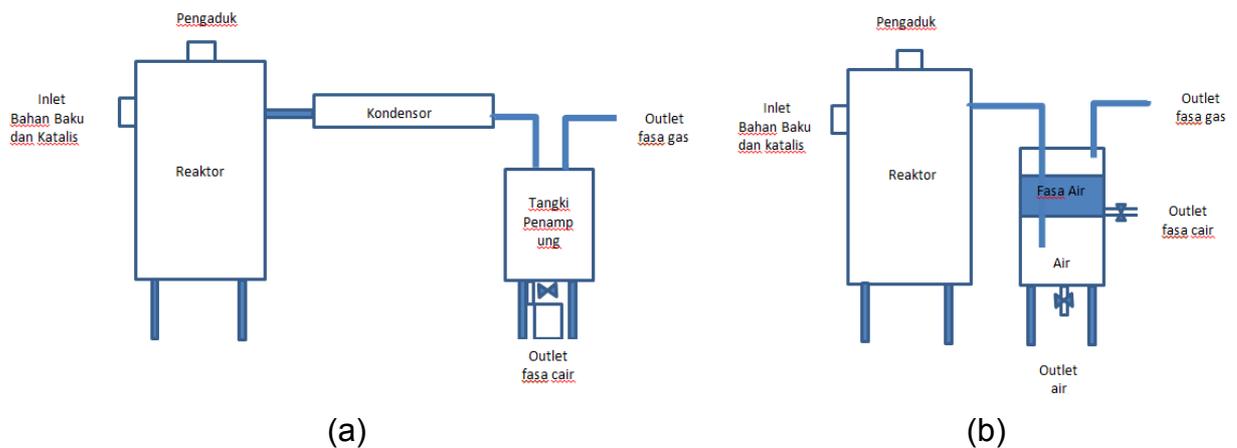
Produk cair dengan kondensor menghasilkan 4000 mL untuk setiap 4 kg bahan plastik sedangkan dengan tangki air sebesar 3800 mL untuk setiap 4 kg bahan plastik. Produk lain yang terbentuk berupa fase gas dan fase padat sisa pembakaran.

Fraksinasi dari produk cair pirolisis limbah plastik beroperasi dengan prinsip dasar pemisahan berdasarkan titik didih komponen penyusunnya. Fraksinasi dengan kondisi atmosferik menghasilkan fraksi pelarut yaitu pelarut P dan L. Pelarut P diperoleh pada suhu 40 °C sampai dengan 140 °C, sedangkan pelarut L pada suhu 140 °C sampai dengan 190 °C. Fraksi solar diperoleh dengan kondisi vakum

pada suhu 200 °C sampai dengan 370 °C.

Persentase hasil fraksinasi untuk proses yang menggunakan kondensor masing-masing fraksi yaitu pelarut P sebesar 19,3%, pelarut L 16,6%, solar 50,76% dan residu 13,34%. Pada proses penggunaan tangki air diperoleh pelarut P 17%, pelarut L 22%, solar 52% dan residu 9%. Perbandingan spesifikasi fraksi pelarut P menggunakan dua rangkaian alat dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil uji spesifikasi Pertasol hasil pirolisis limbah plastik untuk parameter *specific gravity* 60/60°F pada metode kondensor adalah 0,7119 g/cm³ lebih rendah dari syarat mutu spesifikasi produk Pertasol. Minimum warna say *bolt* adalah +25 sedangkan fraksi pada metode kondensor nilai warna say *bolt* nya +4 dan pada metode tangki air adalah -16. Warna tersebut kemungkinan ditimbulkan dari zat aditif/pewarna dari bahan baku plastik yang digunakan. Pada proses pirolisis digunakan beraneka warna jenis kantong plastik karena menyesuaikan kondisi limbah kantong plastik yang tercampur. Masalah warna dapat diatasi dengan mengadsorpsi menggunakan karbon aktif, kaolin atau batu mineral lainnya.



Gambar 1. Rangkaian alat pirolisis plastik untuk menghasilkan fase cair dengan metode a) melewati kondensor, b) melewati air dalam tangki

Tabel 1. Hasil uji spesifikasi fraksi pelarut P dibandingkan dengan syarat mutu produk Pertasol

Uraian	Satuan	Hasil			Metode uji
		Metode kondensor	Metode tangki ar	Syarat mutu Pertasol	
Specific Gravity at 60/60°F	-	0,7119	0,7371	0,7200-0,7350	ASTM D.4052
Colour Say Bolt	-	+4	-16	Min. +25	ASTM D.156
Doctor Test	-	Negatif	Negatif	Negatif	IP. 30
Distillation ASTM					
Initial Boiling Point (IBP)	°C	39	48	Min.45	ASTM D.86-11a
Final Boiling Point (FBP)	°C	191.5	140	Maks.140	

Parameter *Initial Boiling Point (IBP)* pada metode kondensor yaitu 39 °C sedikit dibawah syarat mutu *pertasol* yaitu minimum *IBP* 45 °C. *End Point* pada metode kondensor 191,5 °C lebih besar dibandingkan syarat mutu *pertasol* yaitu 140 °C. Fraksi pada metode tangki air mempunyai parameter *IBP* dan *end point* yang memenuhi syarat mutu masing-masing sebesar 48 °C dan 140 °C. Hal ini disebabkan zat-zat pengotor dalam gas yang terbentuk telah terlarut dalam air.

Perbandingan spesifikasi fraksi pelarut L menggunakan dua metode dapat dilihat pada Tabel 2. Densitas hasil fraksinasi pada metode kondensor 0,7658 g/cm³ sedikit di bawah syarat mutu minimum 0,7700 g/cm³ sedangkan pada metode tangki air 0,7700 g/cm³ sudah memenuhi syarat yang ditetapkan. Warna

produk pelarut L yang dihasilkan pada kedua metode belum memenuhi syarat yaitu minimum 25. Hal ini disebabkan masih banyak fraksi di atas 190 °C. Kadar aromatik sedikit lebih tinggi yaitu 11,724% yang seharusnya 10%. *IBP* pada kedua metode masih rendah yaitu 110 °C dan 121°C dibandingkan syarat mutu *LAWS* yaitu min. 140 °C. *End point* pada metode kondensor masih terlalu tinggi yaitu 252,5 °C sedangkan pada metode tangki air sudah memenuhi syarat yaitu maksimum 190 °C. Parameter *flash point* pada kedua metode masih terlalu rendah yaitu 14,5 dan 27, sedangkan syarat mutu minimum adalah 28 °C. Hal ini disebabkan nilai *IBP* masih rendah. Perbandingan spesifikasi fraksi solar menggunakan dua metode dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil uji spesifikasi fraksi pelarut L dibandingkan dengan syarat mutu produk *LAWS*

Uraian	Satuan	Hasil			Metode Uji
		Metode kondensor	Metode tangki air	Syarat mutu <i>LAWS</i>	
Density at 15 °C	g/cm ³	0,7658	0,770	0,770-0,810	ASTM D.4052
Flash Point Abel	°C	14,5	27	Min.28	IP. 1270
Colour Say Bolt	-	Darker than -16	-16	Min.+25	ASTM D.156
Aniline Point	°C	-	37,2	53-58	ASTM D.611
Doctor Test	-	Negatif			IP. 30
Aromatic Content	% Vol	11,7249		Maks.10	
Total Heavies Compound	% Vol	3,47277			ASTM D.6730
Distillation ASTM	°C				ASTM D.86-11a
Initial Boiling Point	°C	110,0	121,0	Min.140,0	
Final Boiling Point	°C	252,5	188,0	Maks.190,0	

Tabel 3. Hasil uji spesifikasi fraksi solar proses pirolisis dibandingkan dengan syarat mutu solar tipe 51

Uraian	Satuan	Hasil			Metode Uji
		Metode kondensor	Metode tangki air	Syarat mutu Solar-51	
Specific Gravity at 60/60°F	-	-			
Density at 15°C	g/cm ³	0,8050	0,8084	0,820-0,860	ASTM D.4052
Flash Point "PMCC"	°C	74,0	97	Min 55	ASTM D.93
Colour ASTM	-		1,5	Maks.1	
Angka Cetana	-	~55-58	58	Min.51	
Indeks Cetana/diesel	-	62,1	62,8	Min.48	ASTM D.976
Sulphur Content	ppm	80	150	Maks.500	
Kin. Viscosity at 40 °C	cSt	2.721	2,457	2-4.5	ASTM D.445
Aniline Point	°C	69,0	63,4		ASTM D.611
Distillation ASTM					ASTM D.86-11a
Initial Boiling Point	°C	175,5			
Final Boiling Point	°C	327,5	287	Maks.370	

Dari semua fraksi yang dihasilkan, fraksi solar dari plastik memiliki potensi untuk dikembangkan karena memiliki kelebihan dibandingkan solar di pasaran (jenis solar-48) dengan kandungan sulfur yang bahkan lebih rendah dari produk Pertamina Dex (jenis solar-51) maupun biosolar. Kualitas solar yang baik dilihat dari kandungan sulfur yang rendah. Semakin tinggi kandungan sulfur maka harga bahan bakarnya makin murah karena sulfur mengganggu kinerja *catalytic converter*, memperpendek usianya serta merusak komponen seperti pompa dan mengakibatkan korosi. Densitas hasil fraksinasi kedua metode masih lebih rendah dibandingkan syarat mutu namun hal ini tidak terlalu krusial karena masih dapat diatasi dengan menaikkan pematangan suhu distilasi. Viskositas kinetik dengan menggunakan metode kondensor dan tangki air telah memenuhi syarat mutu. *Flash point* hasil metode kondensor yaitu 74 °C dan metode tangki air adalah 97 °C telah memenuhi syarat karena nilainya jauh di atas nilai minimum yang ditentukan. Kinetik viskositas berpengaruh pada sistem injeksi bahan bakar, sedangkan semakin tinggi *flash point* akan lebih aman dalam proses penyimpanan dan pengangkutan (Syamsiro 2014).

Nilai indeks setana pada metode kondensor 62,1 dan metode tangki air 62,8 lebih tinggi daripada syarat mutu solar 51 yaitu minimal 48. Hal ini merupakan tolok ukur mutu pembakaran dalam mesin diesel yang berarti semakin tinggi nilai indeks setana semakin baik mutu pembakaran mesin diesel. Angka setana pada metode kondensor adalah 56 dan metode tangki air sebesar 58 lebih tinggi dari angka setana pada solar 51 yaitu minimal 51. Kandungan sulfur dan indeks setana merupakan salah satu sifat fisik yang paling penting pada bahan bakar solar. Semakin rendah sulfur dan semakin tinggi indeks setana maka semakin baik mutu bahan bakar solar serta akan semakin tinggi harga jual dari solar tersebut. Solar dari plastik ini memiliki kandungan sulfur 80 ppm yang jauh lebih rendah dari syarat mutu solar Indonesia yaitu maksimum 500 ppm. Sementara itu solar yang ada di pasaran umumnya memiliki kandungan sulfur bervariasi karena setiap kilang memiliki kemampuan yang berbeda dalam meminimalisir kandungan sulfur. Dari data pengujian spesifikasi solar hasil pirolisis limbah plastik, jika diolah dan diproses dengan tepat dapat memenuhi solar standar Eropa yaitu Euro 4 atau EN 590 yang memiliki kandungan sulfur dibawah 10 ppm.

Pertasol dan *LAW5* merupakan pelarut

yang banyak digunakan pada industri cat, katalis, resin, dan sebagainya. Kedua pelarut ini hanya diproduksi PT. Pertamina dengan jumlah terbatas sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan industri di Indonesia. Oleh karena itu, kedua pelarut ini masih banyak diimpor dari negara lain. Adanya pelarut P dan L dari proses pirolisis sampah plastik dapat menjadi alternatif substitusi impor kedua pelarut ini.

Dari hasil perbandingan uji spesifikasi, metode tangki air memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan metode kondensor. Selain itu, metode tangki air tidak menggunakan listrik untuk pendinginnya sehingga lebih hemat listrik dibandingkan dengan metode kondensor.

KESIMPULAN

Solar dari proses fraksinasi produk cair hasil pirolisis dari metode kondensor dan tangki air memiliki kualitas lebih tinggi daripada solar tipe 51 karena memiliki indeks setana lebih tinggi dan kandungan sulfur lebih rendah. Hasil uji spesifikasi pelarut P dan L menunjukkan metode tangki air memberikan hasil lebih baik dibandingkan metode kondensor. Metode tangki air juga lebih hemat karena tidak menggunakan listrik untuk menyalakan kondensor. Syarat mutu yang digunakan dalam penelitian ini merupakan pendekatan terhadap mutu produk Pertamina di pasaran sebagai satu-satunya produsen lokal sehingga masih ada nilai spesifikasi belum sesuai standar seperti *colour Say Bolt, IBP, FBP, Aniline Point*. Hal ini disebabkan karakteristik bahan baku yang berbeda. Bahan baku Pertamina dari minyak bumi alam sedangkan pirolisis ini menggunakan bahan baku plastik yang dalam proses pembuatannya ditambahkan berbagai bahan pengisi dan aditif lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Kimia dan Kemasan atas dukungan finansial yang telah diberikan dan sarana prasarana penelitian yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Chanda, M. 2000. *Advanced polymer chemistry: problem solving guide*. New York: Marcell Dekker.
- Cleetus, C., S. Thomas, and S. Varghese. 2013. *Synthesis of petroleum-based fuel from waste plastics and performance*

- analysis in A CI engine. *Journal Of Energy Conservation and Recycling* 51(4): 754-769.
- Demirbas, A. 2004. Pyrolysis of municipal waste for recovery of gasoline range hydrocarbons. *J. Anal. Applied Pyrolysis* 72 :97-102
- Ermawati, R., B. N. Jati, I. Rumondang, E. Oktarina, and S. Naimah. 2016. Pengaruh Residu Catalytic Cracking (RCC) dan zeolit terhadap kualitas crude oil hasil pirolisis limbah plastik polietilena. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 38 (2): 47-54.
- Harshal, P. and L. Shailendra. 2013. Waste plastic pyrolysis oil antervative fuel for CI engine- a review. *Research Journal of Engineering Sciences* 2 (2): 26-30.
- Lopez. A., I. de marco, B.M. Caballero, M.F. Laresgoiti, and A. Adrados. 2010. Pyrolysis of municipal plastic waste : influence of raw material composition. *Waste Management* 30 : 620-627.
- Miskolczi. N., A. Angyal, L. Bartha, and I. Valkai. 2009. Fuel by pyrolysis of waste plastic from agricultural and packaging sectors in a plastic in a pilot scale reactor. *Fuel Processing Technology* 90: 1032-1040
- Miskolczi, N. and R. Nagy. 2012. Hydrocarbons obtained by waste plastic pyrolysis : comparative analysis of decomposition described by different kinetic models. *Fuel Processing Technology* 104 : 96-104.
- Panda, A. K., R. K. Singh, and D. K. Mishra. 2010. Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: a suitable method for plastic waste management and manufacture of value added product a world prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (01) : 233-248.
- Pusat Data dan Informasi Kementerian Perindustrian. 2016. *Data Impor Produk Pelarut LAWS Di Indonesia*.
- Sharma, B. K., B. R. Moser, K. E. Vermillion, K. M. Doll, and N. Rajagopalan. 2014. Production, characterization and fuel properties of alternative diesel fuel from pyrolysis of waste plastic grocery bags. *Fuel Processing Technology* 122 :79-90.
- Suryana, D. 2013. Cara membuat cat: kategori dan aplikasi teori. <https://books.google.co.id/books?id=uYlnJUyvHoMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>. (diakses pada 31 Maret 2016)
- Syamsiro, M., H. Saptoadi, T. Narsujianto, P. Noviasri, S. Cheng, Z. Alimuddin and K. Yoshikawa. 2014. Fuel oil producsion from minicipal plastic wastes in sequential pyrolysis and catalytic reforming reactors. *Energy Procedia* 47 : 180-188.
- Williams, P. T. and E. Slaney. 2007. Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures. *Resources Conservation and Recycling* 51(4): 754-769.