

PENGARUH VARIASI SUHU PADA PROSES PIROLISIS SAMPAH PLASTIK LDPE SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Ahmad Fudloilul A'la^{1*)}, Margianto², Nur Robbi³

^{1*)}Universitas islam malang
email: ahmadfudloilulala@gmail.com

²Universitas Islam Malang
email: margianto@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang
email: nurrobby@unisma.ac.id

ABSTRAK

The pyrolysis method is one of the waste treatment techniques that has been developed. The aim of this research is to utilize plastic waste as pyrolysis fuel. The type of LDPE plastic waste used in this study was variable, and each experiment was run for 15 minutes at 100°C, 200°C and 300°C. Research with variations in temperature sample a produces yellow oil with a calorific value of 10230kl/kg, density value of 0.6 kg/m³, viscosity value of 0.40cp and total volume of 20ml, sample b produces brown turbid oil with a calorific value of 9411.6kl/kg mass value type 0.63 kg/m³ viscosity value 0.58cp and total volume 38ml, sample c produces clear brown oil with a heating value of 9002.4kl/kg density value of 0.65 kg/m³ viscosity value of 0.55cp and a total volume of 40ml. the best oil is produced at a temperature of 100°C which has a value almost the same as alternative fuels, namely with a calorific value of 10230kcal/kg. Because of its calorific value, the pyrolysis product can serve as a substitute for conventional fuel.

Keywords: Plastic Waste, Temperature Variations, Pyrolysis, Alternative Fuel

ABSTRAK

Metode pirolisis merupakan beberapa teknik pengerjaan limbah saat dicerna. Tujuan percobaan ini adalah melakukan sampah plastik sebagai bahan bakar pirolisis. Jenis sampah plastik LDPE yang digunakan dalam penelitian ini adalah variabel, dan masing-masing percobaan dijalankan selama 15 menit pada suhu 100°C, 200°C, dan 300°C. Penelitian dengan variasi suhu sampel a menghasilkan minyak berwarna kuning dengan nilai kalor 10230kkl/kg nilai masa jenis 0,6 kg/m³ nilai viskositas 0,40cp dan jumlah volume 20ml, sampel b menghasilkan minyak berwarna coklat keruh dengan nilai kalor 9411,6kkl/kg nilai masa jenis 0,63 kg/m³ nilai viskositas 0,58cp dan jumlah volume 38ml, sampel c menghasilkan minyak berwarna coklat jernih dengan nilai kalor 9002,4kkl/kg nilai masa jenis 0,65 kg/m³ nilai viskositas 0,55cp dan jumlah volume 40ml. minyak terbaik dihasilkan pada suhu 100°C yang memiliki nilai hampir sama dengan bahan bakar alternatif yaitu dengan nilai kalor 10230kkl/kg. Karena nilai kalornya, produk pirolisis dapat berfungsi sebagai pengganti bahan bakar konvensional

Kata Kunci: Sampah Plastik, Variasi Suhu, Pirolisis, Bahan Bakar Alternatif

PENDAHULUAN

Masyarakat di Indonesia menggunakan barang-barang plastik yang membuatnya sangat mudah untuk membawa atau mengemas makanan. Beberapa jenis plastik adalah jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) yang cukup populer di masyarakat Indonesia karena kekuatan, kelenturan, dan harganya yang murah. Plastik LDPE juga tidak kaku atau sobek. Jika diproses dengan tidak benar, plastik LDPE dapat berdampak parah terhadap lingkungan dan berpengaruh signifikan terhadap tanah. Ada beberapa teknik yang diciptakan, prosesnya bisa dimulai dengan pembakaran atau kremasi di udara terbuka atau dengan cara lain[1][2].

Plastik diketahui mempunyai 2 jenis adalah *termoplastik* dengan *termosets*. Termoplastik adalah plastik yang bila dibakar sampai suhu tinggi akan meleleh dan dapat dibentuk kembali sesuai kebutuhan. Termoplastik dapat didaur ulang dan sering digunakan sebagai bahan kemasan botol. Sebaliknya, bahan yang dikenal sebagai termoseting tidak dapat meleleh saat dipanaskan[3][4].

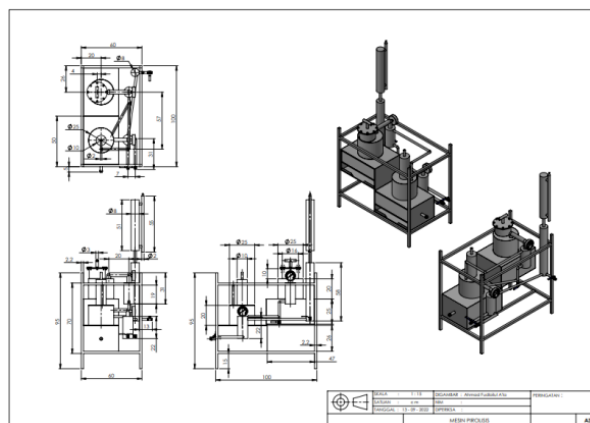
Dengan melarutkan molekul hidrokarbon kompleks dalam sampah plastik menjadi lebih kecil, teknik yang dikenal sebagai pirolisis biasanya dibuat menjadi minyak berbahan plastik. Produk cair, padat, dan gas adalah tiga keluaran utama dari proses pirolisis. Teknik pirolisis sampah plastik bisa menjadi minyak agar bisa dibuat minyak bensin, menurut penelitian Aprian et al. (2011). Berdasarkan pengujian diketahui bahwa Minyak paling banyak dihasilkan selama proses tersebut, yang dilakukan pada kisaran suhu 200-420°C dan memiliki kualitas yang hampir sama dengan minyak solar, ketika sampah plastik dipirolisis pada suhu 400°C selama 60 menit. Proses pirolisis pada limbah plastik LDPE akan diteliti oleh penulis untuk melihat apakah sampah plastik dapat dipakai sebagai bahan bakar alternatif [5][6][7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi suhu terhadap pirolisis limbah minyak plastik LDPE yang digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Boleh ditulis dalam beberapa sub bab. Jika ditulis dalam beberapa sub bab, penulisan menggunakan penomoran angka, dan huruf untuk anak sub bab.

METODE

Pendekatan ini memanfaatkan penelitian eksperimen (*experimental research*) berdasarkan observasi untuk menguji teori dan menentukan bagaimana hubungan kausal antara temuan penelitian akan terus berkembang. Untuk mengetahui karakteristik fisik dari minyak pirolisis, proses pirolisis plastik LDPE dengan variasi suhu pembentukan bahan bakar diuji dalam penelitian ini dan dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Sampah plastik LDPE, sampah kemasan plastik, *soft bottle*, kantong atau kantong plastik, dan plastik tipis menjadi bahan yang digunakan dalam penelitian ini. Sebelum digunakan dalam penelitian, sampah ditimbang dengan massa total 400 gram dan dilakukan percobaan selama 15 menit pada setiap percobaan dengan perbandingan variasi suhu terkecil yaitu 100, 200, dan 300°C.



Gambar 1. Reaktor Pirolisis

Langkah-langkah urutan proses pirolisis:

1. Memepersiapkan plastik dengan dengan kapasitas yang ditentukan
2. Buka tutup alat di reaktor pertama.
3. Masukkan plastik ke dalam reaktor.
4. Tutup kembali alat tersebut.
5. Mempersiapkan alat pemanas.
6. Menyambungkan alat pemanas ke stop kontak listrik untuk menjalankan komponene pada kompor/pemanas.
7. Buka nepel gas nitrogen untuk mengisi ruang pemanas dengan gas nitrogen.
8. Nyalakan alat pemanas/kompor di reaktor pertama.
9. Pada reaktor pertama menggunakan suhu 450°C.
10. Reaktor pertama akan melakukan prosedur pirolisis ini selama dua jam.
11. Jika dua jam telah berlalu maka berpindah ke reaktor kedua.
12. Pada reaktor kedua mengatur variasi suhu yaitu 100°C, 200°C, 300°C menempuh waktu 15 menit setiap percobaan.
13. Jika telah selesai pengujian pyrolyzer segera dimatiakan.
14. Gunakan gelas ukur untuk menghitung volume minyak.

Setelah limbah plastik LDPE dipirolisis, produk terbaik yang dihasilkan akan diukur nilai kalornya agar dapat digunakan pada motor bakar pada umumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan variasi suhu proses pembakaran pirolisis pada plastik berjenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) pada suhu reaktor 100°C, 200°C, dan 300°C, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Proses pengolahan plastik LDPE				
No	Jenis plastik	Suhu °C	Waktu (menit)	Hasil minyak (ml)
1	LDPE	100	15	20
2	LDPE	200	15	38
3	LDPE	300	15	40

Tabel 1. menunjukkan bahwa sedikit minyak diproduksi pada suhu rendah. Hal ini disebabkan reaktor masih memiliki sejumlah besar plastik tidak terkondensasi. Pemrosesan cepat karena suhu tinggi, yang menghasilkan lebih banyak minyak.

1. Hasil Pengujian Kalor

Pengujian merupakan tahapan selanjutnya setelah melakukan proses pirolisis pada plastik sifat fisik variasi suhu minyak pirolisis berbahan plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) nilai kalor yang hasilnya sebagai berikut:

$$Q = m \times c \times \Delta$$

T awal = sampel A = 28°C
 sampel B = 27°C
 sampel C = 26,5°C

T percobaan = sampel A = 40,5°C
 sampel B = 38,5°C
 sampel C = 37,5°C

$$C = 40,92$$

$$V \text{ minyak} = 20 \text{ ml}$$

$$q \text{ sampel A} = 20 \times 40,92 (40,5 - 28) \\ = 10230 \text{ kkal/kg}$$

$$q \text{ sampel B} = 20 \times 40,9 (38,5 - 27) \\ = 9411,6 \text{ kkal/kg}$$

$$q \text{ sampel C} = 20 \times 40,92 (37,5 - 26,5) \\ = 9002,4 \text{ kkal/kg}$$

Tabel 2. Nilai kalor minyak pirolisis

NO	Kode	Suhu °C			Nilai Kalor Kkal/kg
	Nama Sampel	Awal	Akhir	Δt	
1	A	28	40,5	12,5	10230
2	B	27	38,5	11,5	9411,6
3	C	26,5	37,5	11	9002,4
Rata Rata					9548

Dihasilkan pada suhu 100°C menunjukkan 10230 kkal/kg (42,83 MJ/kg), suhu 200°C menunjukkan 9411,6 kkal/kg (39,40 MJ/kg), suhu 300°C menunjukkan 9002,4 kkal/kg (37,69 MJ/kg) dengan hasil rata-rata 9548 kkal/kg (39,97 MJ/kg). Menghasilkan BBM siap pakai pada kendaraan bermotor yang ada dipasaran pada khususnya di negara indonesia. Tersebut diatas disebutkan agak mirip dikatakan minyak bengsin[8][9].

2. Hasil Pengujian Masa Jenis

Tabel 3 berisi hasil perhitungan densitas data minyak pirolisis. Densitas minyak hasil variasi suhu proses pirolisis plastik LDPE dari suhu terkecil 100°C, 200°C, dan 300°C adalah sebagai berikut:

Diketahui :

$$\text{Volume A} = 0,02 \text{ m}^3$$

$$\text{B} = 0,038 \text{ m}^3$$

$$\text{C} = 0,04 \text{ m}^3$$

$$\text{Masa A} = 0,012 \text{ kg}$$

$$\text{B} = 0,024 \text{ kg}$$

$$\text{C} = 0,026 \text{ kg}$$

Dimana :

$$\rho_A = \frac{m}{v} = \frac{0,012}{0,02} = 0,60 \text{ kg/ m}^3$$

$$\rho_B = \frac{m}{v} = \frac{0,024}{0,038} = 0,63 \text{ kg/ m}^3$$

$$\rho_C = \frac{m}{v} = \frac{0,026}{0,04} = 0,65 \text{ kg/ m}^3$$

Tabel 3. Masa jenis minyak pirolisis

No	Sampel	Suhu Reaktor	Densitas
		(°C)	(kg/ m ³)
1	A	100	0,60
2	B	200	0,63
3	C	300	0,65

Setelah dilakukan pengukuran nilai kalor, berat jenis minyak hasil pirolisis ditimbang dengan berat jenis terendah pada suhu 100°C dan tertinggi pada suhu 300°C. Karena proses pirolisis terpanas dalam penelitian ini terjadi pada suhu 300°C, suhu ini memiliki kerapatan

maksimum karena lebih banyak minyak pirolisis tercipta pada suhu yang lebih tinggi, yang menghasilkan massa cairan yang lebih berat. Saat cairan ditimbang, massanya sama dengan beratnya; misalnya, cairan pada suhu 100°C memiliki berat 0,60 kg/ m³, cairan pada suhu 200°C memiliki berat 0,63 kg/ m³, dan cairan pada suhu 300°C memiliki berat 0,65 kg/ m³. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu di mana proses pirolisis dengan fluktuasi suhu 100°C, 200°C, dan 300°C dilakukan, semakin tinggi densitas berat cairan yang dihasilkan dari penguraian. dari molekul yang lebih berat[10][11].

Lebih banyak gas yang dapat dihasilkan selama proses pirolisis semakin tinggi suhu pemanasan. Setelah berubah fase, gas yang terkondensasi akan berubah menjadi cair dan muat di dalam botol. Lebih banyak minyak dihasilkan ketika lebih banyak gas dapat terkondensasi, meningkatkan densitas minyak pirolisis sebagai hasilnya. Kepadatan minyak yang dihasilkan meningkat seiring dengan kenaikan suhu pirolisis[12].

3. Hasil Pengujian Viskositas

Hasil perhitungan viskositas cairan penelitian ini disajikan dalam Tabel 4. Viskositas minyak konsekuensi perubahan suhu selama pirolisis plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) pada kapasitas panas 100°C, 200°C, dan 300°C adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{sampel A } n &= \frac{2 (0,02)^2 10 (0,3 - 0,023)}{10 \times 0,02} \\ &= \frac{2 \times 0,04 \times 10 \times 0,277}{0,2} \\ &= 0,40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sampel B } n &= \frac{2 (0,02)^2 10 (0,3 - 0,024)}{10 \times 0,038} \\ &= \frac{2 \times 0,04 \times 10 \times 0,276}{0,38} \\ &= 0,58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{sampel C } n &= \frac{2 (0,02)^2 10 (0,3 - 0,026)}{10 \times 0,04} \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

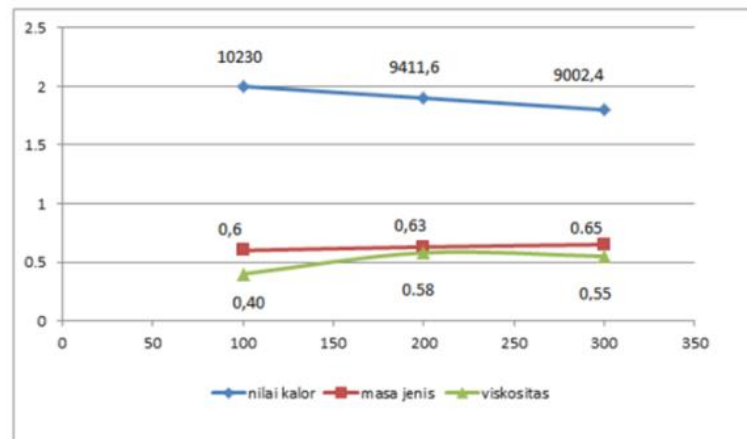
Tabel 4. viskositas dari hasil cairan pirolisis

No	Sampel	Suhu Reaktor	Viskositas
		(°C)	(cP)
1	A	100	0,40
2	B	200	0,58
3	C	300	0,55
Rata-rata			0,51

Data Viskositas dari hasil pirolisis plastik dapat dilihat menunjukkan bahwa kekentalan dengan suhu reaktor 100°C setara dengan 0,40 Cp, suhu reaktor 200°C setara dengan 0,58 Cp, suhu reaktor 300°C setara dengan 0,55 Cp, dan suhu rata-rata 0,51 Cp, plastik LDPE dapat dipirolisis[13].

Dari data pada tabel 4, viskositas terendah (setelah prosedur pirolisis 15 menit) dari cairan pirolisis plastik LDPE pada 100°C adalah 0,40 cP. Hal ini disebabkan viskositas minyak pirolisis dipengaruhi oleh suhu reaktor serta lama proses pirolisis berlangsung. Densitas juga mempengaruhi viskositas. Semakin tinggi viskositas, semakin banyak partikel yang terperangkap dalam cairan dan semakin banyak partikel yang bergesekan satu sama lain dan menghambat aliran fluida.

Analisa Hasil Pirolisis Variasi Suhu



Gambar 2. Analisis Minyak Hasil Pirolisis Dengan Suhu 100, 200, 300°C Pada Nilai Kalor, Masa jenis, Dan Viskositas

Hanya ada satu nilai kalor minyak pirolisis yang mendekati nilai kalor bahan bakar komersial, Di suhu 100°C dicapai memenuhi norma pasar untuk nilai bahan bakar konvensional di Indonesia (dept.ESDM RI,2008) soalnya kandungan kalor disuhu 100°C diatas 10000 kkal/kg (41,88 MJ/kg). Temperatur 100°C dianggap sebagai bensin premium karena mendekati nilai kalor bensin premium, yaitu 11245 kkal/kg.

Minyak yang dihasilkan oleh pirolisis plastik LDPE memiliki kerapatan yang kira-kira sama dengan bahan bakar minyak komersial. Perbandingan kerapatan minyak komersial dan minyak pirolisis disajikan pada Tabel 3. Kepadatan minyak pirolisis terbukti dipengaruhi oleh hal ini menunjukkan 0,60 (kg/m³) untuk suhu 100°C, 0,63 (kg/m³) untuk suhu 200°C dan 0,65 (kg/m³) untuk suhu 300°C.

Dari hasil viskositas pirolisis polimer plastik sama pada setiap temperatur dengan bahan bakar minyak komersial. kandungan viskositas hasil dipirolisiskan dengan panas 200°C masuk dalam kisaran viskositas minyak tanah, dan nilai viskositas pada 300°C masuk dalam kisaran viskositas solar.

Penyelidikan tersebut menunjukkan bahwa minyak pirolisis berbeda dari bahan bakar minyak biasa dalam hal sifat fisiknya. Hal ini menunjukkan bahwa untuk memberikan kualitas fisik yang lebih tepat dan mirip pada minyak komersial, bahan bakar pirolisis masih butuh dimurnikan untuk kedepannya dari status bahan bakar campurannya. Salah satunya memerlukan penggunaan metode pemurnian[14][15].

KESIMPULAN

Kesimpulan berikut dapat ditarik dari temuan pengamatan dan perdebatan bahwa jenis limbah LDPE adalah bahan bakar alternatif sebagai berikut:

1. Hasil pirolisis variasi suhu perbedaan dari segi warna sesuai suhu yang ditentukan diantara suhu 100°C menghasilkan minyak berwarna kuning jernih, suhu 200°C menghasilkan minyak berwarna coklat keruh, dan suhu 300°C menghasilkan minyak berwarna coklat jernih.
2. minyak terbanyak pada suhu 300°C dengan waktu 15 menit menghasilkan minyak sebesar 40 ml.
3. Jika nilai densitas rendah, nilai kalor yang dihasilkan tinggi karena nilai kalor berbanding terbalik dengan densitas.
4. Saat suhu reaktor naik, densitas minyak pirolisis plastik LDPE meningkat.
5. Semakin panas proses pirolisis dengan variasi suhu 100°C, 200°C, dan 300°C Semakin banyak molekul berat yang dipecah saat ini dilakukan, semakin padat cairan yang dihasilkan.

6. Masa jenis pada bahan bakar hasil plastik pirolisis LDPE panas 100°C sebesar 0,60 kg/L, suhu 200°C sebesar 0,63 kg/L dan suhu 300°C sebesar 0,65 kg/L
7. Viskositas dinamis rata-rata minyak pada plastik pirolisis LDPE menghasilkan 0,51 cp.
8. Kepadatan dan viskositas produk pirolisis meningkat dengan meningkatnya suhu pirolisis.
9. Hasil minyak variasi suhu 100°C, 200°C, dan 300°C menghasilkan bahan bakar yang lebih efektif dari percobaan di suhu tinggi karena lebih sedikit pula persen kadar abu yang nempel dibahan bakar.
10. Viskositas nilai minyak dari pirolisis plastik jenis LDPE pada suhu pemanasan 100°C tidak berbeda nyata dengan bensin. Sebaliknya, minyak viskositas yang sama dengan plastik LDPE yang telah mengalami pirolisis pada suhu pemanasan 200°C minyak tanah, dan pada suhu pemanasan 300°C hampir sama kentalnya dengan solar.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Aprian, R. P. (2011). Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Jawa Timur: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
- [2] Basu, P. (2010). Biomass Gasification and Pyrolysis. Oxford: Elsevier Inc.
<https://doi.org/10.33795/elkolind.v2i2.56>
- [3] Fatimura, M., Masriatini, R., Sepriyanti, R., & Yunita, R. (2019). Pengolahan Limbah Plastik Jenis Kantong. 4, 41–48.
- [4] Iswadi, D., Nurisa, F., Liastuti, E., Kimia, J. T., Teknik, F., Pamulang, U., Surya, J., No, K., & Selatan, T. (2017). Pemanfaatan Sampah Plastik Ldpe Dan Pet Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 1(2), 77–85.
<http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/view/718>
- [5] Jahirul, M. I. (2012). Biofuels Production through Biomass Pyrolysis. Energies. Australia: Central Queensland University
- [6] Jambeck, Jenna R. (2015). Plastic Waste Inputs from Land Into The Ocean. Athens: University of Georgia
- [7] Kurniawan, A., Basuki, B., & Irfa'i, M. A. (2021). Analisis jumlah volume bahan bakar yang dihasilkan pada alat pirolisis sampah plastik tipe LDPE. ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.24127/armatur.v2i1.338>
- [8] Kurniawan, E., & Nasrun. (2017). Karakterisasi Bahan Bakar dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE). Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 3(2), 41–52.
- [9] Miskah, S., Yusra, A., dan Permana, W.H. 2016. Pengaruh Penggunaan Katalis CU-AL2O3 Terhadap Pembuatan Bahan Bakar Cair Dari Bahan LDPE dan PET. Jurnal Teknik Kimia No.1, Vol.22.
- [10] Moavenzadeh, Taylor, 1995. Recycling and Plastics. Center for Construction Research and Education Departement of Civil and Enviromental Engineering Massachuett Institute of Technology. Cambridge. Massachuett, USA.
- [11] Permana, Y. A., Mulyadi, S., Sutjahjono, H., & Rosyadi, A. A. (2020). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Pemanasan Pada Proses Pirolisis Pet/Pp Terhadap Karakteristik Bahan Bakar. Rotor, 12(2), 1. <https://doi.org/10.19184/rotor.v12i2.15601>
- [12] Prasetyo, H. (2015). Mesin Pengolah Limbah Menjadi Bahan Bakar Alternatif. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- [13] Riandis, J. A., Setyawati, A. R., & Sanjaya, A. S. (2021). Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak. Jurnal Chemurgy, 5(1), 8. <https://doi.org/10.30872/cmg.v5i1.4755>
- [14] Sharuddin, F. A. (2016). A Review on Pyrolysis of Plastic Waste. Energy Conversion and Management. Malaysia: University of Malaya
- [15] Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., dan

Yoshikawa, K. (2014). Fuel Oil Production from Municipal Plastik Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy and Energy Conservation