

Analisis Konversi Lmbah Plastik LDPE (Low Density Polyethylen) Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif

Fauzan Tantika¹, As Natio Lasman¹, Eka Maulana¹

¹Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta

Email: efte77@gmail.com

ABSTRAK

Setiap hari sampah yang dihasilkan sebanyak 0,8 kg per orang. Berdasarkan total jumlah sampah yang dihasilkan per hari sebanyak 189 ribu ton sampah dan jika di presentasikan sampah yang diakibatkan oleh aktivitas manusia yaitu sebanyak 60-70%, sampah non organik 30 - 40%. Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jumlah variasi debit air pada 46 l/m, 53 l/m dan 60 l/m di kondenser serta menahan suhu selama 20 menit pada saat suhu mencapai 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C di reaktor terhadap karakteristik minyak pirolisis sampah plastik yang meliputi sifat fisis dan kimia minyak pirolisis beserta hasil (yield) dari pirolisis sampah plastik jenis Low Density Polyethylene (LDPE) . Hasil analisa minyak pirolisis di LEMIGAS adalah kinematic viskositas pada suhu 40 °C adalah 0,777 cSt , fire point < 19.5 °C, flash point <19.5 °C, pour point di bawah -36 °C, density pada suhu 15 °C 0.7532 g/cm³. Dari hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah debit air yang ditambahkan pada kondenser serta melakukan proses penahanan suhu selama 20 menit pada saat suhu mencapai 300 °C, 350 °C, 400 °C dan 450 °C di reaktor.

Kata kunci: Sampah plastik, Pirolisis, Efisiensi Kalor, Low Density Polyethylene (LDPE)

ABSTRACT

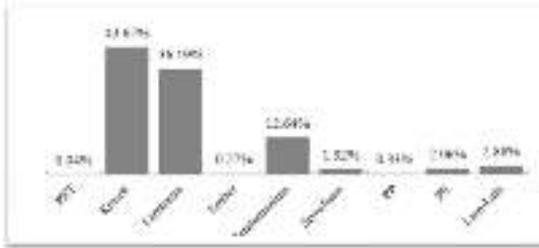
Every day, 0.8 kg of waste is generated per person. Based on the total amount of waste generated per day as much as 189 thousand tons of waste and if the presentation is made of waste caused by human activities as much as 60-70%, non-organic waste 30-40%. This research is to determine the effect of the amount of water flow variation at 46 l/m, 53 l/m, and 60 l/m in the condenser and to hold the temperature for 20 minutes when the temperature reaches 300 °C, 350 °C, 400 °C and 450 °C in the reactor. Characteristics of plastic waste pyrolysis oil include the physical and chemical properties of pyrolysis oil along with the yield of Low-Density Polyethylene (LDPE) plastic waste pyrolysis. The results of pyrolysis oil analysis at LEMIGAS are kinematic viscosity at 40 °C is 0.777 cSt, fire point <19.5 °C, flash point <19.5 °C, pour point below -36 °C, density at 15 °C 0.7532 g/cm³. The results of this study also show that the greater the amount of water discharge is added to the condenser and the temperature holding process is carried out for 20 minutes when the temperature reaches 300 °C, 350 °C, 400 °C, and 450 °C in the reactor.

Keywords: Plastic waste, Pyrolysis, Heat Efficiency, Low-Density Polyethylene (LDPE)

PENDAHULUAN

Sampah plastik termasuk sampah non organik yang tidak mudah terurai secara alami [1,2]. Saat ini total timbulan sampah plastik di Indonesia mencapai 5,4 ton per tahun yakni 14% dari total jumlah sampah rumah tangga [3,4]. Berdasarkan data dari Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Darah (BPLHD), pada tahun 2014 sampah plastik di Jakarta mencapai 13% dari total sampah 6000 ton per hari [5,6]. Sampah di Jakarta terdiri dari 89.71% sisa makanan, dan sampah plastik sebanyak 5.50% [7]. Sampah plastik pada rumah permanen adalah 5,17%, rumah semi pemanen 5,89 %, dan non permanen 5,45% [8]. Sampah plastik tersebut terdiri dari

21% PET, 32% PP, dan 30 % lainnya [9]. Pengolahan sampah plastik sesuai jenisnya atau kodenya dapat mengurangi timbulan sampah secara signifikan. Jumlah sampah plastik yang dapat diolah menjadi bahan bakar mencapai 89%, pellet 100%, dan kerajinan tangan 92% [10]. Ini berarti, bahwa pengolahan sampah plastik dapat mengurangi timbulan sampah hingga 90% [11]. Potensi daur ulang sampah plastik di TPA Cipayung (% berat terhadap total berat plastik) akan dijelaskan pada Gambar 1 [12].



Gambar 1. Potensi daur ulang sampah plastik di TPA Cipayung (%berat terhadap total berat plastik)

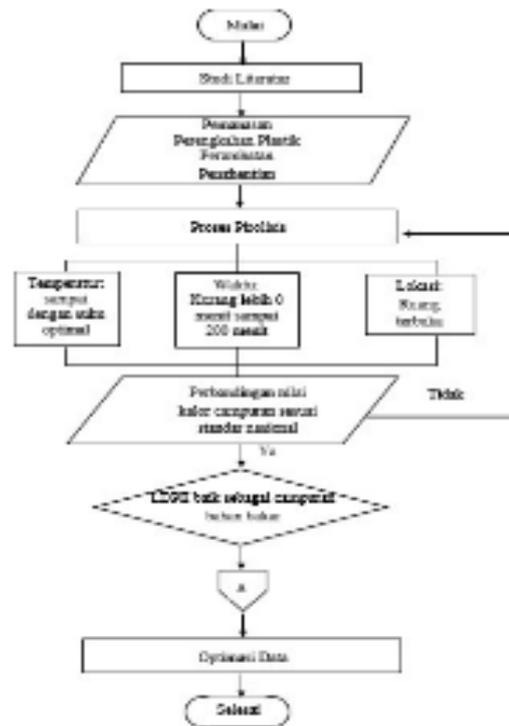
LDPE pertama kali di produksi oleh *Imperial Chemical Industries (ICI)* pada tahun 1933 menggunakan tekanan tinggi dan polimerisasi radikal bebas [13]. LDPE dicirikan dengan densitas antara 0.910-0.940 g/cm³ dan tidak reaktif pada suhu kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut dapat menyebabkan kerusakan [14]. LDPE dapat bertahan pada suhu 90 °C dalam waktu yang tidak terlalu lama [15]. Perolehan hasil pirolisis tergantung pada persen konversi yang di pengaruhi oleh suhu [16]. Persen konversi merupakan pengukuran banyaknya produk liquid dan gas yang terbentuk pada berbagai suhu, dimana persen konversi digunakan untuk memperlihatkan perbedaan jumlah produk yang terkonversi pada berbagai suhu [17]. Penelitian yang akan dilakukan berdasarkan masalah pada latar belakang ialah memilah sampah-sampah yang diperlukan (LDPE) lalu dibakar dalam reaktor hingga suhu 300 °C – 450 °C agar sampah benar-benar terbakar dan menjadi minyak mentah dari hasil pembakaran, setelah itu disimulasikan dengan data yang sudah ada yaitu nilai kalor, viskositas dan berat jenis agar LDPE layak secara realistis dan analitis sebagai bahan bakar yang relevan saat dicampur [18].

Tujuan penelitian yaitu sebagai berikut menguji kelayakan LDPE sebagai bahan bakar alternatif sebagai energi terbarukan pengganti bahan bakar fosil, menjadikan LDPE sebagai campuran bahan bakar yang relevan sehingga bisa digunakan di motor bakar, dan mendapatkan nilai komposisi perbandingan LDPE dengan bahan bakar kualitas rendah yang memenuhi kelayakan dari sisi nilai kalor, densitas dan viskositas.

METODE PENELITIAN

Langkah awal dalam penelitian ini yaitu membaca referensi yang terkait karena sebagai peningkatan penelitian sebelumnya yang terkait untuk di optimasi menjadi suatu kebaruan yang baik. Lalu mencuci sampah plastik, cacahkan dan keringkan. Kemudian proses pirolisis yang di analisa akan menghasilkan kalor dan minyak, jika tidak menghasilkan minyak dan kalor maka perlu

diperhatikan kembali perancangan kondensor dan reaktor pirolisis. Jika output sesuai ekspektasi, maka dapat dihitung nilai viskositas, massa jenis dan titik nyala sebagai parameter optimasi data. Alur penelitian sangat diperlukan untuk mengetahui rangkaian penelitian dari awal hingga akhir sehingga peneliti punya penjelasan yang lebih rinci untuk pembaca agar mudah menelaah proses penelitian ini. Berikut akan dijelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Urutan Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam perhitungan nilai kalor per satuan waktu akan digunakan beberapa parameter yaitu massa per satuan waktu dengan nilai massa dibagi nilai waktu, kalor jenis LDPE dan perubahan suhu pada LDPE. Didapat nilai daya listrik dengan mengkalikan nilai-nilai yang ada dan diklasifikasi berdasarkan nilai perubahan suhu dan waktu pada masing-masing debit aliran air [19]. Berikut perhitungan selisih suhu kondensor 1 rata-rata dengan suhu kondensor 2 pada masing-masing debit air. Untuk nilai debit, status penahanan, selisih suhu dan daya akan dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai perhitungan teoritis berdasarkan pengujian pirolisis

No	Q (l/min)	Status	ΔT (°C)	P (W)
1	45	Tanpa Penahanan	132	1,48
2	45	Dengan Penahanan	134,3	0,96
3	55		138,38	1,07
4	60		130,75	1,00

Penulis melakukan penelitian dengan membandingkan tabel antara hasil uji minyak pirolisis LDPE di LEMIGAS dengan spesifikasi BBM dari Dirjen Minyak & Gas Bumi di bawah ini untuk melihat apakah minyak pirolisis LDPE tersebut sudah memenuhi standar BBM yang telah beredar di Indonesia. Berikut akan dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Karakteristik dari Bahan Bakar Minyak Dirjen Minyak & Gas Bumi, ESDM

No	Karakteristik	Satuan	Batas				Metode Uji
			HQS-1		HQS-2		
			Min.	Max.	Min.	Max.	
1	Nilai Kalor	MJ/kg	41,87	-	41,87	-	D 240
2	Densitas pada 15°C	kg/m ³	-	911	-	911	D 1798
3	Viskositas kinematik pada 50°C	mm ² /s	-	180	-	393	D 445
4	Kandungan sulfur	% m/m	-	1,6	-	4,0	D 1552/0672
5	Titik tuang	°C	-	43	-	40	D 97
6	Titik nyala	°C	88	-	90	-	D 93
7	Residu karbon	% m/m	-	13	-	30	D 189

Penulis juga melakukan perbandingan hasil minyak LDPE dengan berbagai jenis BBM seperti jenis bensin dan solar yang ada di Indonesia seperti tabel di bawah ini. Tabel 3. Perbandingan hasil Pirolisis LDPE dengan standard BBM di Indonesia seperti yang dijelaskan pada tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan hasil Pirolisis LDPE dengan standard BBM di Indonesia

No	Characteristic	Unit	Heat Test Sample LDPE Lemagan	Test Method	Range (Premium)	Scale
1	Kinematic Viscosity at 40°C	cSt	0,777	ASTM D 445-12	1,30-2,40	1-4,5
2	Fire Point	°C	+19,5	IP 130	-30	52-96
3	Flash Point	°C	+19,5	IP 130	-33	Min 52
4	Pour Point	°C	-30	ASTM D 97-12	+4	Max 18

Untuk hasil campuran bahan bakar berdasarkan persentase LDPE dan premium yang mengacu kepada nilai viskoitas dinilai kalor akan dipaparkan pada Tabel 4 Sedangkan untuk nilai densitas, densitas minyak LDPE (742,5 kg/m³) telah sesuai dalam range Pertamina (715 –70 kg/m³) [20]. Penjelasan campuran berdasarkan persentase nilai kalor premium dan LDPE. Hasil campuran berdasarkan persentase nilai kalor premium dan LDPE akan dijelaskan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Campuran Berdasarkan Persentase Nilai Kalor Premium dan LDPE

Nilai Kalor (MJ/kg)		Rasio				Hasil Campuran (MJ/kg)
LDPE	Premium	LDPE		Premium		
44,67	47,76	0%	0	100%	47,76	47,76
44,67	47,76	10%	4,467	90%	42,984	47,851
44,67	47,76	20%	8,934	80%	38,208	47,142
44,67	47,76	30%	13,401	70%	33,432	46,833
44,67	47,76	40%	17,868	60%	28,656	46,524
44,67	47,76	50%	22,335	50%	23,88	46,215
44,67	47,76	60%	26,802	40%	19,104	45,906
44,67	47,76	70%	31,269	30%	14,328	45,597
44,67	47,76	80%	35,736	20%	9,552	45,288
44,67	47,76	90%	40,203	10%	4,776	44,979
44,67	47,76	100%	44,67	0%	0	44,67

Nilai kalor LDPE sebesar 10.674,3 kcal/g atau sama dengan 4,67 MJ/kg, untuk nilai kalor premium yaitu sebesar 47,6 MJ/kg [21]. Sehingga bila disimulasikan berdasarkan Tabel 2.1, Nilai kalor campuran harus diatas nilai kalor Pertamina yaitu 46,53 MJ/kg – 48,06 MJ/kg dan standar nilai kalor yang diijinkan dengan sebagai bahan bakar minyak dari ESDM yaitu minimum 41,80 MJ/kg. Berdasarkan hasil dari Tabel 4 tersebut didapatkan rasio persentase premium adalah 70-10 % dan LDPE sebesar 0-3 %. Hasil campuran berdasarkan persentase nilai viskositas premium dan LDPE akan dijelaskan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil campuran berdasarkan persentase nilai viskoitas premium dan LDPE

Nilai Viskositas (Cst)		Rasio				Hasil Campuran (Cst)
LDPE	Premium	LDPE		Premium		
0,77	1,3	0%	0	100%	1,3	1,3
0,77	1,3	10%	0,077	90%	1,17	1,247
0,77	1,3	20%	0,154	80%	1,04	1,194
0,77	1,3	30%	0,231	70%	0,91	1,141
0,77	1,3	40%	0,308	60%	0,78	1,088
0,77	1,3	50%	0,385	50%	0,65	1,035
0,77	1,3	60%	0,462	40%	0,52	0,982
0,77	1,3	70%	0,539	30%	0,39	0,929
0,77	1,3	80%	0,616	20%	0,26	0,876
0,77	1,3	90%	0,693	10%	0,13	0,823
0,77	1,3	100%	0,77	0%	0	0,77

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan observasi pembakaran LDPE tanpa penahanan suhu di reaktor sebagai tolak ukur kemudian dibandingkan dengan LDPE yang menggunakan penahanan suhu di reaktornya. Dengan adanya penahanan suhu di reaktor tersebut diharapkan semua zat LDPE dapat terurai sempurna sehingga dapat mengurangi arang sisa pembakaran. Debit air pendingin yang dipakai untuk kondenser 2 tanpa adanya penahanan suhu di reaktor adalah sebesar 46 l/m , maka minyak pirolisis yang dihasilkan yaitu 360 ml. Pada

penahanan suhu selama 20 menit di reaktor dan debit air sebesar 46 l/m, maka minyak pirolisis yang dihasilkan yaitu 360 ml. Kemudian untuk debit air sebesar 53 l/m, maka minyak pirolisis yang dihasilkan yaitu 385 ml. Serta bila debit air sebesar 60 l/m, maka minyak pirolisis yang dihasilkan yaitu 400 ml. LDPE bisa menjadi bahan bakar alternatif karena berdasarkan penelitian dan referensi literatur yang ada.

Tetapi diperlukan penelitian lebih mendalam lagi untuk menjadikan minyak pirolisis LDPE dapat memenuhi spesifikasi setara bensin atau solar sebagai bahan bakar kendaraan. Minyak pirolisis LDPE bisa disimulasikan untuk dicampur dengan bensin/premium. Sehingga peneliti melakukan simulasi rasio komposisi pencampuran bahan bakar jenis bensin/premium agar memenuhi kriteria nilai viskositas dan nilai kalor bahan bakar mendekati nilai pertalite/pertamax. Untuk mendekati nilai kalor, rasio persentase untuk premium sebesar 70 - 100 % dan LDPE sebesar 0-30 %, sedangkan untuk nilai densitas minyak LDPE (742,5 kg/m³) telah sesuai didalam range pertamax (715 – 770 kg/m³).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. T. Mesin, F. Teknik, and U. N. Semarang, "Pengaruh Arah Aliran Air Pendingin Pada Proses Pirolisis Limbah Plastik," 2015.
- [2] J. A. Mursito, I. G. K. Sukadana, I. G. Ngurah, and P. Tenaya, "Perancangan dan Pengujian Alat Destilasi Minyak Dari Limbah Sampah Plastik," vol. 6, no. 4, 2017.
- [3] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP (Polypropylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," vol. 03, no. 01, pp. 17–26, 2016.
- [4] J. Teknik, M. Universitas, and M. Metro, "Analisa Karakteristik Minyak Plastik Hasil Dua Kali Proses Pirolisis Untung Surya Dharma 1), Dwi Irawan 2)," no. 116, pp. 7-11.
- [5] M. Faizal, F. Wahyudi, 2017 Analisa Pengaruh Suhu dan Waktu Pemanasan Pada Nylon Film Terhadap Mampu Bentuk Zipper, Thesis, Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- [6] Fatimura, "Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, Vol. 4 No. 1 (Januari 2020) ISSN 2549 – 0699 Evaluasi Kinerja Reaktor Pirolisis Non Katalis Dalam Mengkonversikan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Performance Evaluation of Non-Catalyzed Pyrolysis Reaktor in Conve," vol. 4, no. 1, 2020.
- [7] J. Mekanika et al., "Penerapan Teknologi Pirolisis Untuk Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak di Kabupaten Bantul," no. May, 2017.
- [8] Thorat P.V. Dr, 2013 Thermofuel-Pyrolysis of Waste Plastic to Produce Liquid Hydrocarbons, Maharashtra State INDIA.
- [9] D. Iswadi et al., "Pemanfaatan Sampah Plastik LDPE dan PET Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis Utilization of LDPE and PET Plastic Waste into Oil Fuel by Pyrolysis Process," vol. 1, no. 2, 2017.
- [10] Santoso, J., 2010, Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik, Thesis, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Sebelas Maret, Surakarta.
- [11] T. Mesin and U. Pancasila, "Perancangan Hrsrg (Heat Recovery Steam Generator) Sebagai Pemanas Refrigerant R-134a Pada Siklus Organic Rankine Cycle," vol. 12, no. 1, pp. 35–43, 2020, doi: 10.33772/djtm.v12i1.12894.
- [12] E. Maulana, E. Djatmiko, and A. Saefudin, "Perancangan Alat Pengapian Pada Tungku Kapasitas 10 Kg," pp. 227–232, 2018.
- [13] E. Maulana, "Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (Rdf) Dari Sampah Pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Di Kabupaten," vol. 13, no. 1, pp. 51–59, 2019.
- [14] D. L. Zariatun, I. R. P., and K. Azzaam, "Analisis Kinerja Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Uap Skala Laboratorium yang Memanfaatkan Kalor Hasil Pembakaran Proses Pirolisis," pp. 70–75.
- [15] E. Maulana et al., "Desain Reaktor Biodigester untuk Pembangkit Listrik Kapasitas 0,6," pp. 76–85, 2008.
- [16] Basu, P." Biomassa Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory", Elsevier, New York", 2010
- [17] K. Endang, G. Mukhtar, A. Nego, and F. X. A. Sugiyana, "Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak," pp.1–7, 2016.
- [18] Untoro Budi Surono, 2011 Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak, Teknik Mesin Unversitas Janabadra Yogyakarta.
- [19] E. Maulana, E. Djatmiko, and S. D. T. S, "Perancangan Cyclone Untuk Menangkap Butiran Debu Pada Gas Buang Insenerator," Semin. Nas. Teknol. 2018, p. 2, 2018.
- [20] Holman, J.P., 2010, Heat transfer, McGraw-Hill Book Co.Inc., Boston.
- [21] E. Kurniawan and N. , "Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High

Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE)," Jurnal Teknologi Kimia Unimal, vol. 3, no. 2, pp. 41-52, 2014.