

PROSES PIROLISIS PLASTIK *LOW DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) DAN LIMBAH B3 (OLI BEKAS) SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Nandang Mulyono ¹⁾ ✉ , Bambang Sugiantoro ²⁾.

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -
53134
nandangmulyono0@gmail.com

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT WIWOROTOMO PURWOKERTO
Jl. semingkir No. 01 Purwokerto,
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA -
53134
blotech.machining@gmail.com

Abstract

This study aims to evaluate the efficiency and product characteristics of oil produced through the pyrolysis process from two types of raw materials: LDPE (Low-Density Polyethylene) plastic waste and B3 waste (hazardous and toxic waste). The tests included oil yield, flash point, fire point, density, and viscosity. The experimental results show that B3 waste has a higher oil yield (49.29%) compared to LDPE (36.59%), although both values are lower than the optimal results found in the literature, which can reach 84.32% (LDPE) and 90% (used oil). Analysis of the physical properties of the products showed significant variations. The flash point ranged from 122.4°C to 425.5°C, and the fire point from 212.6°C to 554.9°C, with the lowest values obtained from LDPE collected at the final condenser. This variation indicates that the resulting oil product is a mixture of heavy and light hydrocarbon fractions. Meanwhile, the product's density values (0.7824 - 0.8377 g/ml) and viscosity (4.382 - 8.903 cStokes) show good consistency with data reported in scientific journals, validating these experimental results

Keywords: Pyrolysis of waste, LDPE, B3 Waste, pyrolysis oil.

1. PENDAHULUAN

Masalah sampah di Kabupaten Banyumas, yang mencapai sekitar 600 ton per tahun¹, semakin memprihatinkan karena didominasi oleh limbah plastik dan limbah B3 berupa oli bekas. Sampah anorganik ini sulit terurai secara alami sehingga menimbulkan dampak lingkungan serius, mulai dari pencemaran tanah, air, hingga membahayakan kesehatan manusia. Metode penanganan konvensional seperti pembakaran terbuka dan daur ulang terbukti kurang efektif, karena pembakaran menghasilkan gas beracun yang mencemari udara serta berkontribusi terhadap pemanasan global, sementara daur ulang sering kali hanya menghasilkan produk dengan kualitas rendah dan bernilai ekonomi kecil.

Diperlukan solusi yang lebih inovatif, berkelanjutan, dan mampu memberikan nilai tambah, salah satunya melalui teknologi pirolisis. Proses ini mampu mengolah limbah plastik maupun oli bekas pada suhu tinggi tanpa oksigen menjadi produk yang lebih bermanfaat, seperti bahan bakar cair, gas energi yang dapat digunakan kembali, serta residu padat berupa arang. Selain mengurangi volume sampah, pirolisis juga lebih ramah lingkungan karena menekan emisi berbahaya, sekaligus membuka potensi pemanfaatan energi alternatif yang memiliki nilai ekonomi². Dengan demikian, penelitian mengenai teknologi pirolisis perlu dilakukan agar dapat menjadi solusi tepat dalam mengatasi permasalahan sampah di Banyumas, baik dari aspek lingkungan, sosial, maupun ekonomi.

2. METODE DAN BAHAN

a. Metodologi

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan bentuk penelitian yang dilakukan secara sistematis, terstruktur, serta terperinci. Pada pelaksanaannya, metode riset ini fokus pada penggunaan angka, tabel, grafik, dan diagram untuk menampilkan hasil data atau informasi yang diperoleh. Teknik pengambilan data penelitian berdasarkan minyak hasil pirolisis limbah sampah plastik yang dianalisis melalui serangkaian pengujian laboratorium. Pengujian ini mencakup karakteristik fisik seperti *densitas*, viskositas, titik nyala (*flash point*), nyala api (*fire point*), dan *nilai yield*³ kimia untuk mengidentifikasi komposisi senyawa hidrokarbon di dalamnya

b. Bahan

Untuk Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Plastik jenis LDPE dan Limbah B3 (Oli Bekas)⁴



Gambar 1. Plastik LDPE



Gambar 2. Oli Bekas

2.1. Pengujian Karakteristik Minyak Hasil Pirolisis

Pengukuran karakteristik minyak pirolisis dilakukan untuk mengetahui kualitas dan sifat dasar minyak yang dihasilkan⁴. Nilai *yield* ditentukan dengan cara menimbang massa minyak menggunakan timbangan digital, kemudian dibandingkan dengan massa bahan baku awal untuk menghitung persentase hasil. Selanjutnya, dilakukan pengujian *flash point* dan *fire point* dengan menggunakan alat uji seperti *Pensky-Martens Closed Cup Tester*, di mana *flash point* menunjukkan suhu terendah saat uap minyak dapat menyala sesaat, sedangkan *fire point* menunjukkan suhu saat uap minyak dapat terbakar terus-menerus. Untuk mengetahui *densitas*, digunakan alat piknometer atau hidrometer, yang berfungsi mengukur perbandingan massa terhadap volume minyak. Sedangkan *viskositas* atau tingkat kekentalan minyak diukur dengan menggunakan *viscometer* untuk mengetahui seberapa mudah minyak mengalir. Dengan melakukan pengukuran ini, sifat fisik minyak pirolisis dapat diketahui dan dibandingkan dengan bahan bakar konvensional.

2.2. Diagram Alur Penelitian

1. Mulai

Penelitian dimulai dengan menyusun rencana dan tujuan yang ingin dicapai.

2. Studi Literatur

Mengumpulkan teori, data, dan referensi dari berbagai sumber untuk memahami konsep dasar pirolisis, karakteristik LDPE, dan limbah oli bekas sebagai bahan penelitian.

3. Identifikasi Masalah

Menentukan masalah utama yang ada, yaitu tingginya jumlah sampah plastik LDPE dan limbah B3 (oli bekas) yang sulit ditangani dengan metode konvensional.

4. Metode Penelitian

Menetapkan langkah-langkah penelitian, teknik analisis, serta parameter yang akan diukur agar penelitian berjalan sistematis.

5. Proses Penelitian

Pelaksanaan penelitian sesuai metode yang telah disusun.

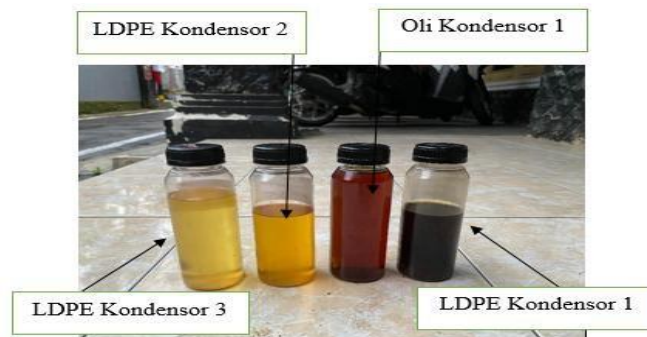
6. Persiapan Alat

Menyiapkan rangkaian alat pirolisis, termasuk reaktor, kondensor, serta peralatan pendukung seperti timbangan, termometer, dan alat pengukur lainnya.

7. Persiapan Bahan LDPE dan Oli
Menyiapkan bahan baku berupa sampah plastik LDPE yang telah disortir serta limbah oli bekas untuk dicampurkan sebagai media pirolisis.
8. Penyortiran dan Pengukuran Massa
Melakukan penyortiran LDPE agar bersih dari kotoran, kemudian menimbang massa bahan menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa awal (*input*).
9. Proses Pirolisis
Memasukkan bahan ke dalam reaktor, kemudian memanaskannya pada suhu tinggi tanpa oksigen. Pada tahap ini bahan akan terurai menjadi gas dan uap.
10. Kondensasi (Kondensor 1, 2, dan 3)
Uap hasil pirolisis dialirkan ke kondensor bertingkat (1, 2, dan 3) untuk didinginkan sehingga berubah menjadi minyak pirolisis.
11. Pengambilan Data
Mengumpulkan data hasil pirolisis, seperti jumlah minyak yang diperoleh dari masing-masing kondensor serta residu padat yang tertinggal.
12. Analisis Data
Data hasil penelitian dianalisis, meliputi pengukuran nilai *yield*, *flash point*, *fire point*, *densitas*, dan *viskositas* minyak pirolisis menggunakan alat pengujian yang sesuai.
13. Pembahasan
Membandingkan hasil analisis dengan teori atau penelitian terdahulu untuk menilai kualitas minyak pirolisis dan efektivitas metode yang digunakan.
14. Kesimpulan
Menarik kesimpulan mengenai hasil penelitian sebagai jawaban dari rumusan masalah, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.
15. Selesai
Tahapan penelitian dinyatakan berakhir.

2.3. Langkah Proses Pirolisis

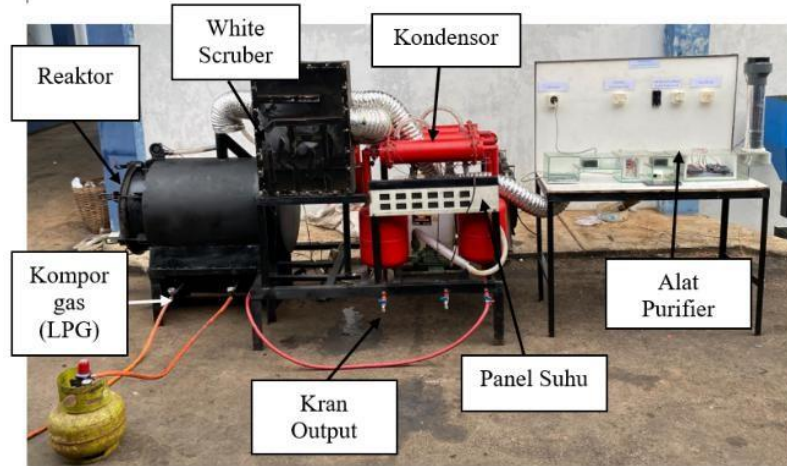
1. Setelah limbah plastik jenis LDPE disortir, langkah pertama yang dilakukan adalah penimbangan untuk mengetahui massa awal (*input*). Data massa ini menjadi dasar dalam perhitungan selanjutnya, termasuk perhitungan *yield* pirolisis.
2. Bahan plastik kemudian dimasukkan ke dalam reaktor untuk menjalani proses *pyrolysis*. Pemanasan dilakukan secara bertahap pada suhu 200–250°C. Selama proses berlangsung, suhu dipantau dengan *thermometer* atau sensor suhu, sedangkan tekanan dipantau dengan sensor tekanan untuk menjaga keamanan reaktor.
3. Gas hasil pirolisis dialirkan menuju sistem *condenser*. Kondensor pertama dan kedua menggunakan pendingin udara dengan bantuan *blower*, sedangkan kondensor ketiga menggunakan pendingin air. Hasil pendinginan ini berupa minyak pirolisis yang menetes ke wadah penampung.
4. Proses pirolisis dihentikan apabila aliran gas sudah berhenti atau laju tetesan minyak sangat sedikit. Setelah itu, sumber panas dimatikan dan reaktor dibiarkan mendingin secara alami.
5. Produk hasil pirolisis kemudian diukur. Volume minyak cair ditentukan dengan gelas ukur, sedangkan residu padat (*char*) ditimbang menggunakan timbangan digital. Perhitungan *yield* dilakukan dengan membandingkan massa produk terhadap massa bahan baku.



Gambar 2 Minyak Pirolisis

6. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik minyak pirolisis. Uji *flash point* dilakukan untuk mengetahui suhu terendah ketika uap minyak menyala sesaat, sedangkan *fire point* ditentukan dari suhu ketika minyak terbakar terus-menerus. Selain itu, sifat fisik lain seperti *density* (massa jenis) dan *viscosity* (kekentalan) diuji lebih lanjut di laboratorium.

7. Semua data yang diperoleh kemudian disusun secara sistematis dalam bentuk tabel maupun grafik agar memudahkan proses analisis dan pembahasan hasil penelitian.



Gambar 3 Alat Pirolisis

3. HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan uji coba pada proses pirolisis plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan limbah oli bekas untuk memperoleh data mengenai karakteristik minyak hasil pirolisis. Data yang dikumpulkan dalam pengujian ini mencakup nilai *yield*, *flash point*, *fire point*, densitas, serta viskositas minyak yang dihasilkan.

3.1. Data Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi dan karakteristik minyak hasil *pyrolysis* limbah plastik *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dan limbah B3 berupa oli bekas. Parameter yang diuji meliputi *yield*, *flash point*, *fire point*, densitas, dan viskositas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa limbah B3 menghasilkan *yield* lebih tinggi yaitu 49,29% dibandingkan LDPE sebesar 36,59%. Namun, keduanya masih lebih rendah dari hasil optimal dalam literatur, yang dapat mencapai 84,32% untuk LDPE dan 90% untuk oli bekas. Rendahnya nilai ini diduga dipengaruhi oleh kondisi operasi dan sistem pendinginan yang belum optimal.

Sifat fisik minyak pirolisis juga menunjukkan variasi cukup besar. Nilai *flash point* tercatat antara 122,4°C hingga 425,5°C, sedangkan *fire point* berkisar 212,6°C hingga 554,9°C. Nilai terendah diperoleh dari minyak LDPE di *condenser* akhir, yang menunjukkan adanya campuran fraksi hidrokarbon ringan dan berat.

Selain itu, densitas minyak berada pada kisaran 0,7824–0,8377 g/ml, sedangkan viskositas berkisar 4,382–8,903 cSt. Hasil ini konsisten dengan data dalam jurnal ⁵, sehingga dapat memvalidasi eksperimen.

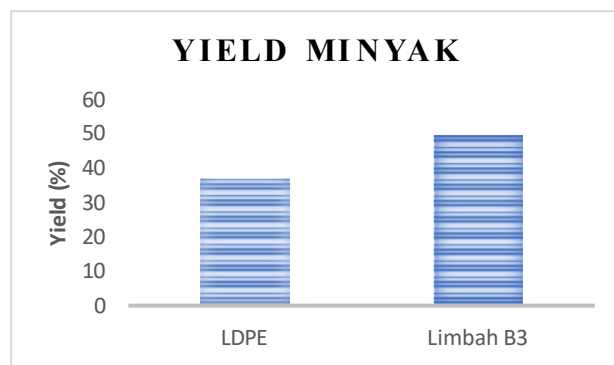
3.2. Analisa Data dan Pembahasan

3.2.1. Nilai Yield

Tabel 1. Nilai Yield

No	Jenis	Masa bahan baku (g)	Berat Minyak (g)	Yield Minyak (%)
1.	LDPE	8000	2925	36,59
2.	Limbah B3	4157	2049	49,29

Eksperimen *pyrolysis* untuk membandingkan efisiensi produksi minyak dari plastik *Low-Density Polyethylene* (LDPE) dan limbah B3. Dari 8.000 gram LDPE diperoleh 2.925 gram minyak dengan *yield* 36,59%, sedangkan dari 4.157 gram limbah B3 dihasilkan 2.049 gram minyak dengan *yield* 49,29%. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah B3 lebih efisien dibandingkan LDPE. Namun, bila dibandingkan dengan literatur, nilai yang diperoleh masih jauh lebih rendah. ⁶ melaporkan *yield* minyak LDPE sebesar 84,32%, sedangkan jurnal ⁷ mencatat pirolisis oli bekas mampu menghasilkan *yield* hingga 90%.



Grafik 1 *Yield Minyak*

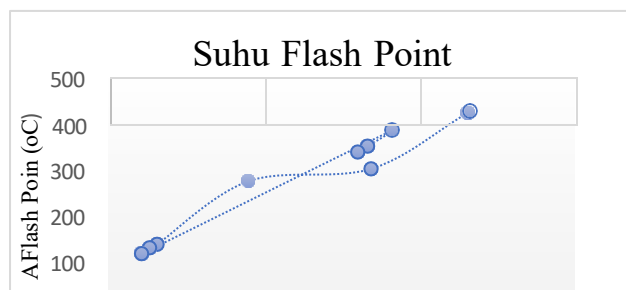
Perbedaan besar ini mengindikasikan bahwa proses pirolisis yang dilakukan belum optimal, kemungkinan disebabkan oleh suhu reaktor yang kurang sesuai sehingga dekomposisi polimer tidak berlangsung maksimal. Faktor lain yang juga memengaruhi rendahnya yield minyak pada LDPE adalah waktu tinggal (residence time) yang kurang lama, laju pemanasan tidak stabil, serta distribusi umpan yang kurang merata di dalam reaktor. Dengan demikian, meskipun limbah B3 menunjukkan hasil lebih potensial, diperlukan optimasi parameter proses, terutama suhu operasi, laju pemanasan, dan desain reaktor, agar produk minyak yang dihasilkan lebih tinggi serta mendekati data penelitian terdahulu. Optimasi ini penting dilakukan tidak hanya untuk meningkatkan kuantitas yield, tetapi juga memperbaiki kualitas minyak pirolisis sehingga dapat dimanfaatkan lebih luas sebagai bahan bakar alternatif bernilai ekonomi.

3.2.2. Flash Point

Tabel 2. *Flash Point*

No	Jenis	Waktu	Suhu Flash Point
1.	LDPE Kondensor 1 (Durasi 1 jam)	11,55	425,5
2.	LDPE Kondensor 1 (Durasi 2 jam)	8,45	305,2
3.	LDPE Kondensor 1 (Durasi 3 jam)	4,49	278,5
4.	LDPE kondensor 2 (Durasi 2 jam)	1,56	142,3
5.	LDPE kondensor 2 (Durasi 3 jam)	1,32	135,2
6.	LDPE kondensor 3 (Durasi 3 jam)	1,06	122,4
7.	Oli Kondensor 1 (Durasi 1 jam)	9,13	388,2
8.	Oli Kondensor 1 (Durasi 2 jam)	8,34	354,2
9.	Oli Kondensor 1 (durasi 3 jam)	8,02	341,6

Durasi proses *pyrolysis* terbukti sangat memengaruhi *flash point*, khususnya pada LDPE. Pada Kondensor 1, *flash point* LDPE turun dari 425,5°C (1 jam) menjadi 278,5°C (3 jam), menunjukkan semakin lama proses semakin banyak molekul terpecah menjadi fraksi ringan seperti bensin atau solar. Jenis kondensor juga berpengaruh, di mana Kondensor 3 menghasilkan *flash point* terendah (122,4°C) pada LDPE setelah 3 jam, lebih rendah dibanding Kondensor 1 (278,5°C) dan Kondensor 2 (135,2°C). Hal ini membuktikan Kondensor 3 lebih efisien dalam mendinginkan uap menjadi fraksi hidrokarbon pendek. Dibandingkan limbah B3, LDPE lebih mudah terurai menjadi fraksi ringan, terlihat dari perbedaan *flash point* pada durasi 3 jam (278,5°C untuk LDPE vs 341,6°C untuk B3). Kondisi optimal diperoleh dengan LDPE, Kondensor 3, dan durasi 3 jam.



Grafik 2. Flash Point

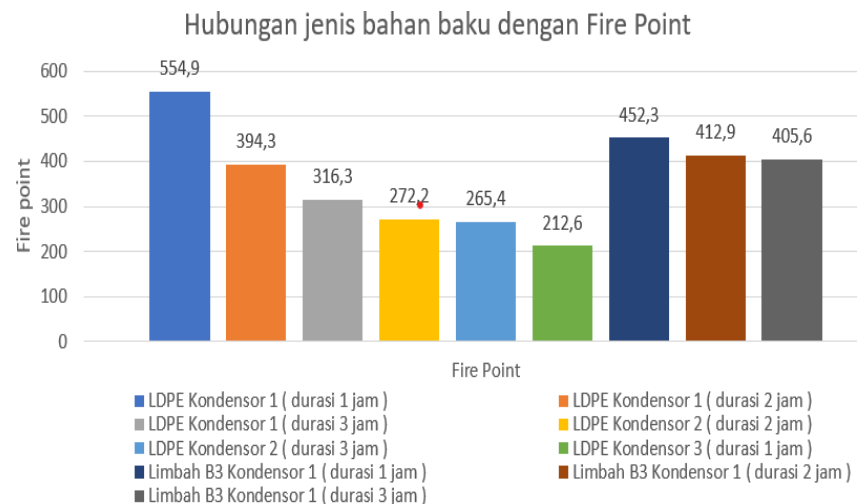
Jika dibandingkan dengan jurnal ⁸ yang menggunakan katalis pasir Merapi dan menghasilkan *flash point* 149,67°C, hasil ini cukup sebanding dengan produk pada Kondensor 2 (142,3°C). Namun, produk Kondensor 1 masih menunjukkan dominasi fraksi berat (hingga 425,5°C). Secara umum, rentang *flash point* masih di luar standar bensin, solar, maupun kerosin, tetapi hasil Kondensor 2 dan 3 mengindikasikan potensi besar sebagai bahan bakar alternatif setelah optimasi proses.

3.2.3. Fire Point

Tabel 3. Fire Point

No	Jenis	Fire Point (°C)
1	LDPE Kondensor 1 (durasi 1 jam)	554,9
2	LDPE Kondensor 1 (durasi 2 jam)	394,3
3	LDPE Kondensor 1 (durasi 3 jam)	316,3
4	LDPE Kondensor 2 (durasi 2 jam)	272,2
5	LDPE Kondensor 2 (durasi 3 jam)	265,4
6	LDPE Kondensor 3 (durasi 1 jam)	212,6
7	Oli Kondensor 1 (durasi 1 jam)	452,3
8	Oli Kondensor 1 (durasi 2 jam)	412,9
9	Oli Kondensor 1 (durasi 3 jam)	405,6

Berdasarkan hasil analisis, *fire point* produk pirolisis dipengaruhi oleh durasi proses dan efektivitas kondensor. Semakin lama durasi dan semakin baik pendinginan kondensor, semakin rendah *fire point* yang dihasilkan karena rantai hidrokarbon panjang terpecah menjadi fraksi yang lebih ringan dan mudah terbakar. Pada LDPE dengan Kondensor 1, *fire point* turun dari 554,9°C (1 jam) menjadi 316,3°C (3 jam), sedangkan pada limbah B3 menurun dari 452,3°C menjadi 405,6°C. Efektivitas kondensor terlihat jelas, misalnya pada durasi 2 jam, Kondensor 2 menghasilkan *fire point* 272,2°C, lebih rendah dibanding Kondensor 1 (394,3°C). Hal ini membuktikan bahwa sistem pendinginan berperan penting dalam mengendalikan sifat termal produk akhir, sekaligus menentukan kualitas bahan bakar cair hasil pirolisis.

**Grafik 3. Fire Point**

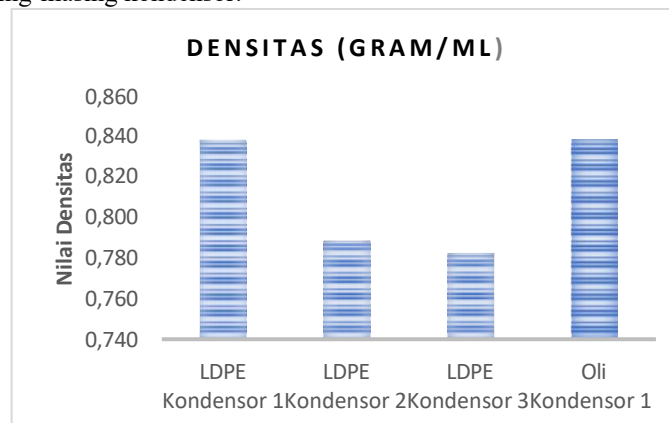
Tren ini menunjukkan bahwa LDPE lebih mudah diuraikan menjadi fraksi ringan dibanding limbah B3. Kondisi optimal diperoleh pada LDPE, Kondensor 3, dan durasi 1 jam dengan *fire point* 209,3°C. Perbandingan dengan jurnal ⁹ menunjukkan perbedaan. Pada pirolisis PP, peningkatan suhu dari 250°C ke 350°C justru menaikkan *fire point* dari 338,9°C menjadi 349,7°C. Sebaliknya, pada LDPE, durasi dan sistem kondensor memberikan pengaruh lebih signifikan. Produk Kondensor 1 (1 jam) memiliki *fire point* sangat tinggi (554,9°C), sedangkan Kondensor 3 (3 jam) jauh lebih rendah (212,6°C).

3.2.4. Densitas

Tabel 4. Densitas

No	Jenis	Pikno kosong	Volume pikno (gram)	Berat pikno isi	Densitas (gram/ml)
1.	LDPE kondensor 1	15,8060	10	24,1715	0,8365
2.	LDPE kondensor 2	15,8060	10	23,6851	0,7879
3.	LDPE kondensor 3	15,8060	10	23,6304	0,7824
4.	Oli Kondensor 1	15,8060	10	24,1836	0,8377

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan pengukuran *density* menggunakan *pycnometer* untuk dua jenis sampel, yaitu produk *pyrolysis* dari LDPE (*Low-Density Polyethylene*) dan oli. *Pycnometer* yang digunakan memiliki massa kosong 15,8060 gram dan volume 10 ml. Massa bersih sampel dihitung dengan cara mengurangi massa *pycnometer* berisi dengan massa kosongnya, kemudian dibagi volume untuk mendapatkan nilai *density*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *density* minyak hasil pirolisis LDPE dari kondensor 1 adalah 0,8365 g/ml. Sementara itu, produk dari kondensor 2 dan 3 memiliki *density* yang sedikit lebih rendah, yaitu 0,7879 g/ml dan 0,7824 g/ml. Menariknya, nilai *density* sampel oli yaitu 0,8377 g/ml, hampir sama dengan *density* sampel LDPE dari kondensor 1. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan variasi komposisi kimia atau tingkat *polymerization* yang dipengaruhi kondisi proses pada masing-masing kondensor.



Grafik 4. Densitas

Jika dibandingkan dengan penelitian ¹⁰ sebelumnya, hasil ini menunjukkan konsistensi. Nilai *density* minyak dari percobaan, yaitu berkisar antara 0,7824 – 0,8377 g/ml, sejalan dengan temuan yang melaporkan rentang *density* sekitar 0,780 – 0,810 g/ml. Hal ini memperkuat bahwa minyak pirolisis, khususnya dari LDPE, memiliki karakteristik mendekati oli dan dapat dipertimbangkan sebagai bahan bakar alternatif.

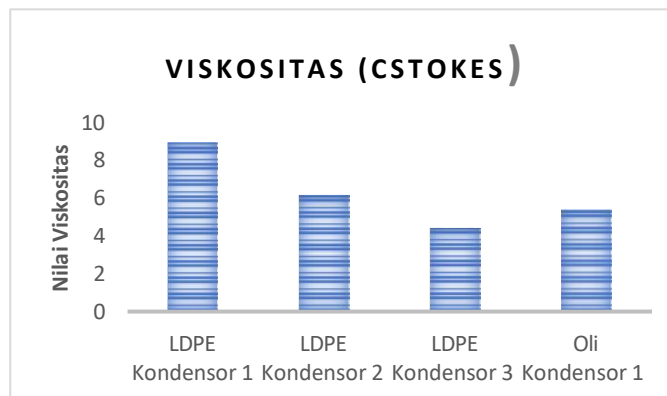
3.2.5. Viskositas

Tabel 5. Viskositas

No	Jenis	Viskositas (cStokes)
1.	LDPE kondensor 1 (3 jam)	8,903
2.	LDPE kondensor 2 (3 jam)	6,121
3.	LDPE kondensor 3 (3 jam)	4,382
4.	OLI Kondensor 1 (3 jam)	5,356

Berdasarkan data yang diperoleh, nilai *viscosity* produk *pyrolysis* dari LDPE dan oli menunjukkan variasi yang menarik. Sampel LDPE dari kondensor 1 memiliki

viscosity tertinggi, yaitu 8,903 *cStokes*, sedangkan kondensor 2 dan 3 menghasilkan produk yang lebih rendah, masing-masing 6,121 *cStokes* dan 4,382 *cStokes*. Sementara itu, sampel oli dari kondensor 1 memiliki *viscosity* 5,356 *cStokes*, berada di antara nilai dua sampel LDPE terakhir. Pola penurunan ini mengindikasikan bahwa produk dengan rantai karbon lebih pendek dan lebih ringan cenderung terkondensasi pada tahap akhir proses.



Grafik 5 Viskositas

Jika dibandingkan dengan studi ¹¹, nilai *viskositas* hasil pirolisis LDPE dan PS (*Polystyrene*) dilaporkan berkisar 3,381–4,510 *cSt*. Hasil pengujian ini, khususnya pada sampel LDPE dari kondensor 2 dan 3 serta oli, cukup konsisten dengan literatur ilmiah yang menyebutkan bahwa minyak pirolisis plastik umumnya memiliki *viscosity* 1,6–5,8 *cSt*. Meskipun sampel LDPE dari kondensor 1 menunjukkan nilai lebih tinggi, hal ini masih dapat diterima karena *viscosity* sangat dipengaruhi oleh komposisi spesifik minyak, terutama keberadaan fraksi hidrokarbon rantai panjang.

4. KESIMPULAN

Penelitian Pirolisis plastik Low density Polyethelyne (LDPE) dan Limbsh B3 (Oli bekas) yang telah dilakukan oleh penulis memperoleh hasil sebagai berikut :

1. Kinerja Proses Pirolisis dan Karakteristik Produk

Hasil analisis menunjukkan bahwa yield minyak dari pirolisis limbah B3 mencapai 49,29%, lebih tinggi dibandingkan LDPE (36,59%). Hal ini mengindikasikan bahwa limbah B3 memiliki potensi konversi yang lebih baik. Parameter sifat fisik minyak pirolisis juga menunjukkan konsistensi dengan literatur, di mana densitas berkisar 0,7824–0,8377 g/ml dan viskositas 4,382–6,121 *cSt*, meskipun terdapat variasi kecil pada beberapa sampel (contohnya LDPE kondensor 1 dengan 8,903 *cSt*).

2. Sifat Pembakaran dan Potensi sebagai Bahan Bakar

Titik nyala dan titik bakar minyak pirolisis menurun seiring lamanya proses serta efektivitas kondensor, dengan LDPE menunjukkan kecenderungan lebih mudah terurai menjadi fraksi ringan dibandingkan limbah B3. Namun, meskipun titik bakar terendah berhasil dicapai (209,3°C pada LDPE kondensor 3), nilainya masih lebih tinggi dari standar BBM komersial (bensin, kerosin, solar). Hal ini menunjukkan bahwa minyak pirolisis masih didominasi fraksi hidrokarbon berat, sehingga diperlukan proses lanjutan seperti distilasi agar dapat memenuhi standar bahan bakar yang berlaku.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Bambang Sugiantoro S.T., M.T. yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan artikel pada jurnal ITEKS.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aulia, A. H., Utami, S. T., Ma'rifah, T. U. & Kresna A, I. Optimalisasi Manajemen Sampah Banyumas melalui Desain UI/UX Mobile Berbasis Design Thinking. *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.* **4**, 299–310 (2024).
2. Adoe, D. G. H., Gusnawati & Ernanto, N. Analisis Pengaruh Temperatur pada Metode Pirolisis dari Sampah Plastik PP (Polypropylene) terhadap Kapasitas dan Kuantitas Minyak Pirolisis. *J. Penelit. Enj.* **24**, 175–182 (2020).
3. Istoto, E. H. & Puspitasari, P. Produksi Bahan Bakar dari Limbah Plastik HDPE dan LDPE Menggunakan Metode Pirolisis. *J. Technol. Eng.* **2**, 108–113 (2025).
4. Mayora, E. M., Arifin, A. & Nugraheni, P. W. Pirolisis Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) dan Polypropylene (PP) Menggunakan Katalis Zeolit Alam. *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah* **11**, 773–779 (2023).
5. Adoe, D. G. H., Satria, D. Y. & Sanusi, A. Karakterisasi Minyak Hasil Pirolisis Berbahan Dasar Limbah Plastik Jenis Polypropylene (PP). *LONTAR J. Tek. Mesin Undana* **10**, 15–22 (2023).
6. Saputro, M. A. Studi Pirolisis Bersama Limbah Plastik HDPE dan Oli Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif. (2021).
7. Tantika, F., Lasman, A. N. & Maulana, E. Analisis Konversi Lmbah Plastik Ldpe (Low Density Polyethylen) Dengan Metode Pirolis Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin* **11**, 75–79 (2021).
8. Sunyoto. Pengaruh Temperatur Pada Proses Pirolisis Plastik Ldpe. *J. Presisi* **26**, 23–31 (2024).
9. Dharma, U. S. & Irawan, D. Analisa Karakteristik Minyak Plastik Hasil Dua Kali Proses Pirolisis. *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin* **4**, 7–11 (2021).
10. Rahmadanty, N. Pirolisis Sampah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) menggunakan Katalis Pasir Merapi sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak (BBM). *Tugas Akhir* 1–39 (2022).
11. Mesin, S. T. *et al.* PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK JENIS LDPE (LOW DENSITY POLYETHYLENE) SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MELALUI PROSES PIROLISIS Muhammad Hasan Febriansyah Muhaji Abstrak. (2020).