PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK JENIS PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP), *HIGH-DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE), *POLYETHYLENE TEREPHTALATE* (PET) DAN *LOW-DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) ALTERNATIF DENGAN PROSES PIROLISIS DALAM UPAYA PENGURANGAN SAMPAH AN-ORGANIK

UTILIZATION OF PLASTIC WASTE OF POLYPROPYLENE (PP), HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE), POLYETHYLENE TEREPHTALATE (PET) AND LOW-DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) INTO ALTERNATIVE FUEL OIL BY PYROLYSIS PROCESS IN AN EFFORT TO REDUCE INORGANIC WASTE

Muhammad Abrar Firdausy, Nabella Safitri, Wulannika Listiara, dan Andy Mizwar
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Jend A. Yani KM 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia
Email: abrar.firdausy@ulm.ac.id

ABSTRAK

Plastik memiliki kelemahan sulit terurai, diperlukan solusi mengatasi hal tersebut dengan mengubah menjadi BBM. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi proses pengolahan minyak yang dihasilkan sampah plastik serta menganalisis kualitas minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik jenis Polypropylene (PP) dan High-Density Polyethylene (HDPE), Polyethylene Terephthalate (PET) dan Low-Density Polyethylene (LDPE). Proses pirolisis dilakukan selama 60 menit pada suhu 400^oC sebanyak 500 gram dengan dua kali pengulangan. Pengujian hasil minyak didapatkan berdasarkan nilai densitas, nilai kalor dan titik nyala serta dibandingkan dengan standar dan mutu (spesifikasi) bahan bakar minyak. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa plastik PP mendekati bahan bakar minyak tanah, minyak yang dihasilkan sebanyak 31,1%, nilai densitas 778 kg/m^3, nilai kalor 41,2 Kj/g dan titik nyala 37^oC. Plastik HDPE mendekati bahan bakar minyak jenis solar, minyak yang dihasilkan sebanyak 24,7%, nilai densitas 751 kg/m^3, nilai kalor 44,17 Kj/g dan titik nyala 47^oC. Plastik LDPE mendekati bahan bakar minyak jenis solar, minyak yang dihasilkan sebanyak 62%, nilai densitas 736 kg/m^3, nilai kalor 44,7 Kj/g, dan titik nyala 50^oC. Sedangkan plastik PET mendekati bahan bakar minyak jenis bensin, minyak yang dihasilkan sebanyak 9%, nilai densitas 726 kg/m^3, nilai kalor 40 Kj/g dan titik nyala 48,5^oC.

Kata Kunci: bahan bakar minyak, pirolisis, *Polypropelene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polyethylene Terephthalate (PET)*

ABSTRACT

Plastic has the disadvantage of being difficult to decompose, a solution is needed to overcome this by turning it into fuel. This study aims to identify the oil processing process produced by plastic waste and analyze the quality of oil produced from the pyrolysis process of plastic waste types of Polypropylene (PP) and High-Density Polyethylene (HDPE), Polyethylene Terephthalate (PET) and Low-Density Polyethylene (LDPE). The pyrolysis process was carried out for 60 minutes at 400^oC for 500 grams with two repetitions. Testing of oil results is based on density value, calorific value and

flash point and compared with the standards and quality (specifications) of fuel oil. The results obtained show that PP plastic is close to kerosene fuel, the oil produced is 31.1%, density value of 778 kg/m3, calorific value of 41.2 Kj/g and flash point of 37°C. HDPE plastic is close to diesel fuel oil, the oil produced is 24.7%, density value 751 kg/m3, heating value 44.17 Kj/g and flash point 47°C. LDPE plastic is close to diesel fuel oil, the oil produced is 62%, density value 736 kg/m3, calorific value 44.7 Kj/g, and flash point 50°C. While PET plastic is close to gasoline fuel oil, the oil produced is 9%, density value 726 kg/m3, heating value 40 Kj/g and flash point 48.5°C.

Keywords: fuel oil, Polypropelene (PP), Polyethylene (PE), Polyethylene Terephthalate (PET), pyrolysis

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan kenaikan konsumsi barang-barang yang berbahan plastik di masyarakat, sehingga produksi sampah plastik meningkat (Damayanti dkk., 2023). Plastik banyak digunakan di masyarakat karena kelebihannya seperti mudah dibentuk sesuai kebutuhan, mudah dibawa, dan harga yang terjangkau. Plastik memiliki kelemahan yaitu sulit terurai oleh tanah sehingga dapat mencemari lingkungan (Armenise dkk., 2021).

Krisis minyak bumi sangat mempengaruhi perekonomian dunia, termasuk Indonesia. Tidak hanya dapat mengurangi jumlah sampah plastik, juga dapat menghemat persediaan minyak bumi di alam. Karena pada dasarnya sampah plastik berasal dari minyak bumi. Salah satunya kebutuhan manusia untuk menggunakan bahan bakar minyak semakin meningkat, sedangkan persediaan minyak bumi terbatas (Masfitra dkk., 2021). Kebutuhan rumah tangga dan sebagainya memerlukan bahan bakar minyak, maka diperlukan solusi mengatasi hal tersebut yaitu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak bersih dan layak pakai (Arwizet, 2017).

Jenis plastik yang dapat didaur ulang menjadi bahan bakar minyak adalah plastik jenis *thermoplastic*. T*hermoplastic* merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang atau dicetak kembali melalui proses pemanasan. Plastik yang termasuk ke dalam jenis *thermoplastic* dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pembuatan bahan bakar minyak ada beberapa macam, diantaranya seperti *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low-Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS), dan *Other* (Sumartono, 2012).

Sampah plastik menjadi bahan bakar minyak merupakan penanganan yang banyak diteliti dan dikembangkan. Dengan cara ini permasalahan penting dapat diatasi yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperoleh kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik (Lesmana & Apriyani, 2019). Penanganan sampah plastik dilakukan dengan proses pirolisis. Proses degradasi atau penguraian bahan baku padat menjadi minyak atau gas dengan bantuan panas tanpa adanya oksigen disebut dengan proses pirolisis (Bow dkk., 2018). Pirolisis menghasilkan tiga produk utama yaitu minyak plastik, abu, dan gas (Sharuddin dkk., 2016). Pirolisis merupakan metode yang signifikan untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar (Muthukumar dkk., 2020). Menurut (Hendrawati dkk., 2023) pembentukan bahan bakar dari plastik lebih menguntungkan dengan pirolisis daripada proses lain seperti pembakaran, gasifikasi, dan pencairan. Pendekatan ini membutuhkan suhu tinggi dari 300°C sampai 900°C.

Pengurangan pembuangan sampah plastik ke TPA, dapat dilakukan daur ulang untuk mengolah sampah plastik (Sharuddin dkk., 2016). Pengurangan sampah plastik pada TPA Gunung Kupang salah satunya proses pirolisis yaitu mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Penelitian ini menggunakan sampah plastik jenis PP, HDPE, PET dan LDPE yang diambil dengan TPA Gunung Kupang Banjarbaru. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 400ºC selama 60 menit. Hasil pirolisis dikarakterisasi untuk memperoleh jenis bahan bakar minyak seperti bensin, minyak tanah, dan solar dengan pengujian densitas, nilai kalor, dan titik nyala.

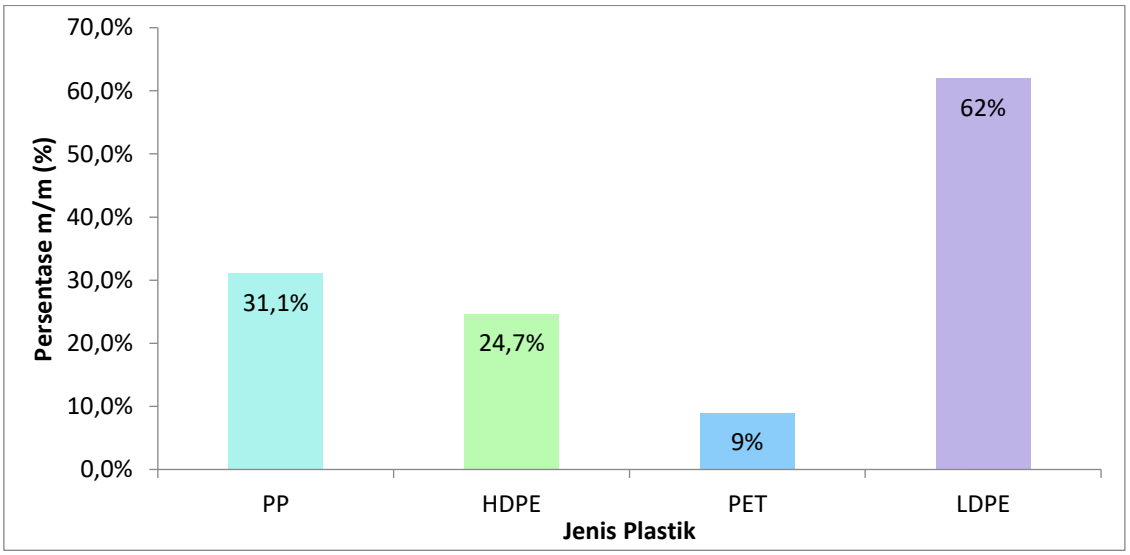
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Tahap pertama merupakan persiapan awal. Tahap ini dilakukan pemilahan sampah plastik PP, HDPE, PET dan LDPE, kemudian membersihkan sampah plastik dan dikeringkan, lalu mencacah menggunakan alat. Tahap kedua yaitu proses atau mekanisme pirolisis. Proses dilakukan dengan memasukkan sampah plastik jenis PP, HDPE, PET dan LDPE yang telah dicacah kedalam reaktor masing-masing sebanyak 500 gram pada suhu 400ºC dan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Hasil minyak dari proses pirolisis ditampung dan disaring. Tahap ketiga merupakan analisis hasil minyak dari proses pirolisis. Analisis minyak dilakukan dengan pengujian kimia berupa kalor dan titik nyala yang dilakukan di laboratorium Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri Banjarbaru, dan pengujian fisika berupa nilai densitas. Hasil minyak proses pirolisis dilakukan pengujian nilai densitas dengan massa minyak ditimbang menggunakan neraca digital dan volume diukur menggunakan gelas ukur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Minyak Pirolisis

Hasil dari penelitian ini bahwa proses pirolisis menggunakan jenis PP, HDPE, PET dan LDPE dapat menghasilkan minyak yang berbeda.



Gambar 1. Grafik Hasil Minyak Pirolisis

Berdasarkan **Gambar 1** hasil minyak dari proses pirolisis plastik terbanyak di dapatkan dari sampah plastik jenis LDPE dari 500 gr sampah plastik menghasilkan minyak sebesar 62% (m/m) dan jumlah hasil minyak plastik paling sedikit didapatkan dari plastik PET sebesar 9%. Perhitungan persen ini di dapat dari berat minyak dibagi dengan berat plastik sebesar 500 gr. Penurunan berat ini mungkin disebabkan oleh pelepasan hidrokarbon yang memiliki angka karbon rendah yang tidak dapat terkondensasi ke udara dan karena kehilangan bahan plastik dalam reaktor selama gasifikasi, yang tidak semuanya dapat diubah menjadi fase gas karena minyak plastik cukup kotor (Rangkuti & Rijani., 2019). Perbedaan jumlah hasil minyak antara plastik PP, HDPE, PET dan LDPE dipengaruhi karena jenis bahan baku plastik yang berbeda beda dan kandungan plastik yang berbeda.

Pada PP kandungan minyak pirolisis menghasilkan sifat alifatik hidrokarbon dengan komponen senyawa sikloheksana dan heptana, dimana komponen ini merupakan komponen yang mudah terbakar dan merupakan komponen bagian penyusun dari BBM (Aziz & Rante., 2021). Pada plastik HDPE kandungan alifatik hidrokarbon berupa komponen parafin dan olefin. Pada PET menghasilkan minyak sedikit, disebabkan hasil gas yang dapat terkondensasi lebih sedikit karena pada dasarnya PET memiliki sifat menyublim saat proses dekomposisi. PET bersifat menyublim karena mengandung *Terephthalic Acid* terdiri dari benzena dan gugus karboksilat (Rokhim *dkk*., 2020). LDPE merupakan polimer dari rantai panjang monomer etilena. Pirolisis LDPE berupa senyawa alifatik memiliki kandungan monomer yang banyak dan mengandung lebih banyak minyak bumi, sehingga minyak yang dihasilkan akan lebih banyak (Wijaya *dkk*., 2015).

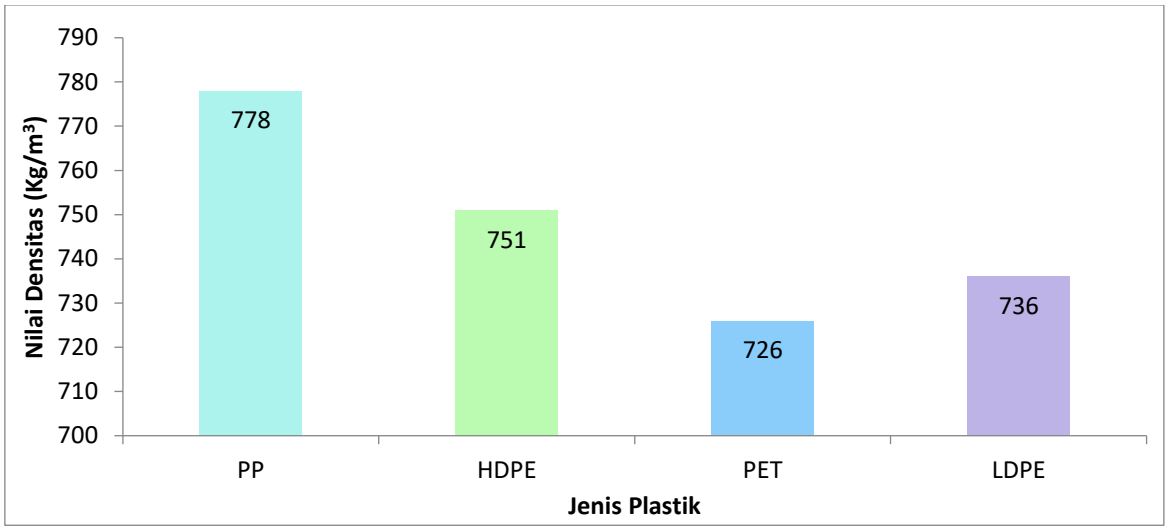
Berdasarkan **Gambar 2** warna minyak dari pirolisis plastik LDPE lebih terang dibandingkan dengan warna minyak dari plastik lainnya, hal ini disebabkan karena bahan baku yang berbeda. Mengutip dari (Anom & Jhon., 2020) yang menyatakan bahwa perbedaan warna tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan senyawa kimia pada bahan tersebut.

Warna yang dihasilkan dari minyak pirolisis plastik jenis PP, HDPE, PET dan LDPE dapat dilihat dibawah ini:

Gambar 2. Hasil minyak pirolisis plastik
(a) minyak plastik PP (b) minyak plastik HDPE (c) minyak plastik PET (d) minyak plastik LDPE

3.2 Nilai Densitas

Setelah mendapatkan hasil minyak, diperoleh nilai densitas dari masing-masing sampah plastik jenis PP, HDPE, PET dan LDPE.

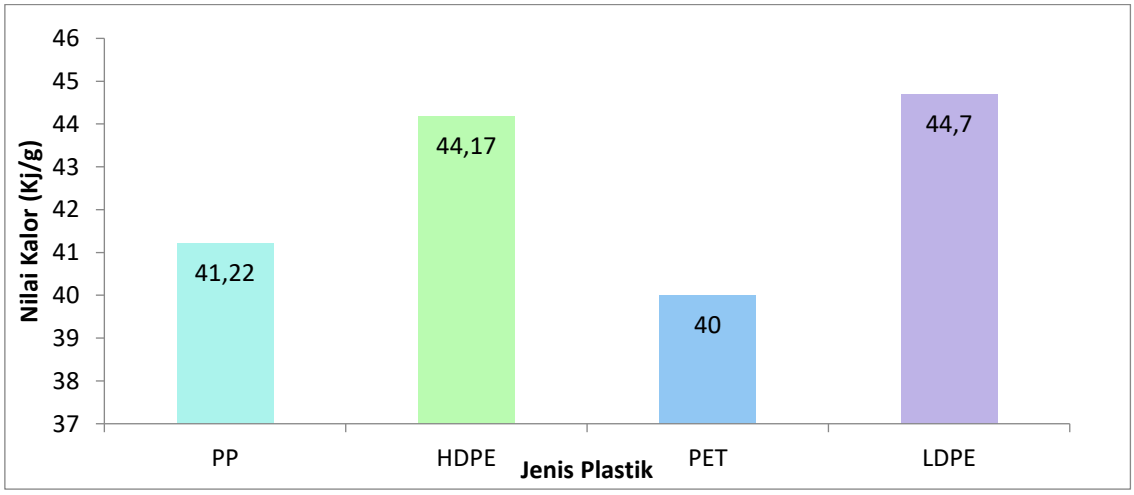


Gambar 3. Hasil Pengukuuran Nilai Densitas

Berdasarkan **Gambar 3** nilai densitas tertinggi didapatkan dari plastik PP dengan nilai 778 kg/m^3 dan nilai densitas terendah didapatkan dari plastik PET dengan nilai 726 kg/m^3. Pada plastik HDPE yaitu 751 kg/m^3 dan plastik LDPE yaitu 736 kg/m^3. Perbedaan nilai densitas dipegaruhi oleh massa minyak dan volume minyak yang berbeda. Berdasarkan pengukuran nilai densitas lebih bagus plastik PET, karena jika nilai densitas terlalu tinggi dapat menyebabkan keausan atau kerusakan pada mesin.

3.3 Nilai Kalor

Hasil minyak pirolisis dilakukan pengujian nilai kalor pada jenis plastik PP, HDPE, PET dan LDPE yang mempunyai hasil berbeda.



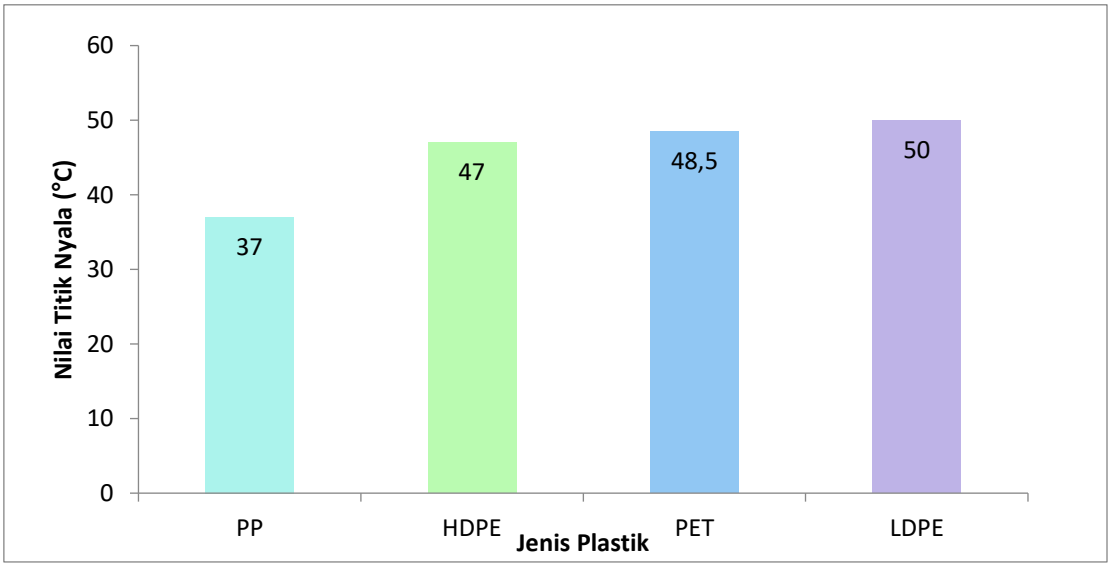
Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai Kalor

Berdasarkan **Gambar 4** nilai kalor tertinggi didapatkan dari plastik LDPE yaitu 44,7 KJ/g dan nilai kalor terendah didapatkan dari plastik PET yaitu 40 KJ/g. Pada plastik HDPE dengan nilai 44,17 Kj/g sedangkan plastik PP dengan nilai 41,22 Kj/g. Perbedaan nilai kalor dipengaruhi oleh kandungan minyak, karena minyak pirolisis dari plastik LDPE serta HDPE mengandung parafin, maka nilai kalornya lebih tinggi. Mengutip dari jurnal (Wijayanti *et.al*., 2022) yang menyatakan peningkatan nilai kalor dipengaruhi oleh struktur kimia hidrokarbon yang menunjukkan banyaknya senyawa yang mudah terbakar. Banyaknya senyawa yang mudah terbakar tergantung pada perubahan struktur molekul akibat terbentuknya gugus alkil pada senyawa golongan parafin atau senyawa dengan jumlah karbon yang sama. Minyak pirolisis yang diperoleh dari polietilena memiliki nilai kalor yang lebih tinggi karena adanya hidrokarbon parafin, olefinik, dan aromatik (Sivagami *dkk*., 2022).

3.4 Titik Nyala

Hasil minyak proses pirolisis dari bahan plastik jenis PP, HDPE, PET dan LDPE yang telah dilakukan pengujian titik nyala diperoleh nilai yang berbeda.

Berdasarkan **Gambar 5** titik nyala tertinggi didapatkan dari plastik LDPE yaitu 50^{o}C dan titik nyala terendah didapatkan dari plastik PP dengan nilai 37^{o}C. HDPE dengan nilai 47^{o}C dan plastik PET dengan nilai 48,5^{o}C. Perbedaan titik nyala antara plastik dipengaruhi oleh rantai karbon yang berbeda. Mengutip dari jurnal (Wijayanti *et.al*., 2022) yang menyatakan titik nyala dipengaruhi oleh rantai karbon yang ada pada minyak yang dihasilkan. Rendemen minyak dengan rantai karbon yang lebih panjang akan memiliki nilai titik nyala yang lebih tinggi karena minyak lebih sulit menguap karena rantai karbon yang panjang mempengaruhi rendemen minyak. Berdasarkan pengujian titik nyala lebih bagus plastik PP, karena titik nyala plastik PP lebih rendah dari titik nyala plastik LDPE. Seperti yang disebutkan pada jurnal (Wahyudi *et.al*., 2018) semakin rendah titik nyalanya, semakin mudah terbakar bahan tersebut.



Gambar 5. Hasil Pengujian Titik Nyala

3.5 Perbandingan Minyak Pirolisis dengan (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak

Tabel 1. Perbandingan Hasil Minyak Pirolisis

Jenis	Nilai Densitas (kg/m^3)	Nilai Kalor (KJ/g)	Titik Nyala (^{o}C)	Spesifikasi
PP	778	41,22	37	Minyak Tanah
HDPE	751	44,17	47	Minyak Solar
PET	726	40	48,5	Bensin
LDPE	736	44,7	50	Minyak Solar

Hasil minyak yang diperoleh akan dibandingkan dengan spesifikasi bahan bakar minyak. Perbandingan hasil dari keempat jenis plastik pada **Tabel 1.** Berdasarkan data yang diperoleh dari **Tabel 1** pada jenis plastik PP dari nilai densitas mendekati bahan bakar minyak tanah dengan nilai densitas 778 kg/m^3. Dan nilai densitas sampel plastik HDPE mendekati bahan bakar minyak bensin dengan nilai densitas 751 kg/m^3. Pada jenis plastik PET nilai densitas sebesar 726 kg/m^3, memasuki *range* bahan bakar minyak jenis bensin. Pada jenis plastik LDPE nilai densitas sebesar 736 kg/m^3, memasuki *range* bahan bakar minyak jenis bensin. Pada pengujian nilai kalor, sampel plastik PP mendekati bahan bakar minyak tanah dengan nilai kalor 41,22 Kj/g. Pengujian nilai kalor sampel plastik HDPE mendekati bahan bakar minyak solar dengan nilai kalor 44,17 Kj/g. Pada nilai kalor PET diperoleh nilai sebesar 40 KJ/g, mendekati bahan bakar minyak tanah. Pada nilai kalor LDPE diperoleh nilai sebesar 44,7 KJ/g, mendekati bahan bakar minyak solar. Sedangkan dari pengujian titik nyala, sampel plastik PP mendekati bahan bakar minyak tanah dengan nilai titik nyala 37^{o}C. Dan sampel plastik HDPE mendekati bahan bakar minyak solar dengan nilai titik nyala 47^{o}C. Pada titik nyala PET diperoleh nilai 48,5^{o}C, mendekati bahan bakar minyak solar. Titik nyala LDPE diperoleh nilai 50^{o}C, mendekati bahan minyak solar.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan:

1. Minyak pirolisis dari plastik PP menghasilkan minyak sebanyak 31,1%, HDPE sebanyak 24,7%, PET sebanyak 9% dan LDPE sebanyak 62%.
2. Spesifikasi minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik jenis PP dengan pengukuran nilai densitas 778 kg/m^3, nilai kalor 41,22 Kj/g dan titik nyala 37^{o}C mendekati bahan bakar minyak tanah dan minyak pirolisis sampah plastik jenis HDPE dengan pengukuran nilai densitas 751 kg/m^3, nilai kalor 44,17 Kj/g dan titik nyala 43,5^{o}C mendekati bahan bakar bensin dan minyak solar. Pada plastik PET dengan nilai densitas 726 kg/m^3, nilai kalor 40 KJ/g dan titik nyala 48,5^{o}C. Plastik PET lebih mendekati bahan bakar minyak jenis bensin. Pada plastik LDPE dengan nilai densitas 736 kg/m^3, nilai kalor 44,7 KJ/g dan titik nyala 50^{o}C. Plastik LDPE lebih mendekati bahan bakar minyak jenis solar.

DAFTAR PUSTAKA

Armenise, S., Wong, S., Jose, M. R.-V., Franck, L., Daniel, W., Norzita, N., Joaquin, R., & Marta, M. (2021). Plastic waste recycling via pyrolysis: A bibliometric survey and literature review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *158*, 1–15.

Arwizet, A. (2017). Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap. INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi, 17(2), 75–88. https://doi.org/10.24036/invotek.v17i2.34

Bow, Yohandri., Zulkarnain., Sutini, P Lestari., Steven, R.M.Sihombing., Siti, A Kharissa., & Yosirham, A Salam. (2018). Pengolahan sampah low density polyethylene (ldpe) dan polypropylene (pp) menjadi bahan bakar cair alternatif menggunakan prototipe pirolisis thermal cracking. Kinetika, 9(3), 1-6.

Damayanti, Z., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2023). Analisis Karakteristik Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik Yang Digunakan. Jurnal Inovasi Teknik Kimia, 8(1), 26-33.

Hendrawati., Liandi, A. R., Sholehah, M., Setyono, M. H., Aziz, I., & Siregar, Y. D. I. (2023). *Pyrolysis of PP and HDPE From Plastic Packaging Waste into Liquid Hydrocarbons Using Natural Zeolite* Lampung *As A Catalyst*. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, *7*, 100290.

Lesmana, R. Y., & Apriyani, N. (2019). Studi Komparasi Bahan Bakar Minyak Dari Hasil Konversi Sampah Plastik Jenis Pet Dan Pe Sebagai Potensi Energi Alternatif. Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan), 5(2), 86–92. https://doi.org/10.20527/jukung.v5i2.7329

Masfitra, E., Saiful, A., & Yose, R. (2021). Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis PP (Polypropylene). ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi, 1(1), 6–10. https://doi.org/10.30606/enotek.v1i01.994

Muthukumar, J., E, V., & E, E. (2020). Converting waste plastics into fuel : A review. *The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis*, *12*(5), 46–52.

Rangkuti, C., & Rijani, M. (2019). Pengaruh Suhu Gas-Plastik dan Air-Pendingin Kondensor terhadap Minyak yang Dihasilkan pada Proses Pirolisis Plastik. *MESIN*, *10*(1).

Rokhim, N., Nuryosuwito., Rhohman, F. (2020). Perbandingan Pemakaian Bahan Bakar Cair Hasil Produk Pirolisis Jenis Plastik PP, Plastik PET Dan Katalis Terhadap Kinerja Mesin. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 4(*3*), 1-8.

Sharuddin, S. D. A., Faisal, A., Wan Mohd, A. W. D., & Mohamed, K. A. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. Energy Conversion and Management, 115, 308–326. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037

Sivagami, K., Kumar, K. V., Tamizhdurai, P., Govindarajan, D., Kumar, M., & Nambi, I. (2022). Conversion of Plastic Waste Into Fuel Oil Using Zeolite Catalysts In A Bench-Scale Pyrolysis Reactor. *Royal Society of Chemistry*, 12(*13*), 7612-7620.

Sumartono, Ibrahim, H., & Sarjianto. (2018). Uji Karakteristik Bahan Bakar Minyak (Bbm) Dari Limbah Plastik. Industrial Researach Workshop and National Seminar, 380–385.

Sumartono. (2019). Produksi Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Hdpe Dan Pete 1 Kg. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 2(2), 94–103.

Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar alternatif. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, *14*(1), 58-67.

Wijayanti, W., Musyaroh., Sasongko, M. N. (2022). Low-Density Polyethylene Plastic Waste to Liquid Fuel Using Pyrolysis Method: An Effect of Temperatures on the Oil Yields Physicochemical Properties. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 10(*3*), 1-18.