



Pengaruh Pencampuran Minyak Plastik (Low Density Polyethylene) dengan Pertamina Terhadap Profil Nyala Api Premixed

Aan Taufik Dlofir¹, Dadang Hermawan²✉, Purbo Suwandono³

^{1,2,3} Prodi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia
✉ *Corresponding author*: purbo@widyagama.ac.id

Diterima Redaksi : 10 Januari 2023
Selesai Revisi : 18 April 2023
Diterbitkan Online : 22 Mei 2023

Abstract

Plastic oil has great potential in the utilization of renewable energy both in Indonesia and in the world. Plastic oil (Low Density Polyethylene) is a fuel produced from the pyrolysis process of plastic waste and has an octane value of 81.6, so the quality of the fire is low. This study aims to improve the quality of plastic oil fire, namely by mixing plastic oil with Pertamina fuel. Plastic oil as the main material while Pertamina as an additional material, with variations in the composition of the Pertamina mixture ranging from 20% to 80%. Fire characteristics seen during the research process are flame height, flame temperature and flame color with premixed combustion using a burner. From the results of fire color research, there is an increase in blue color with each addition of Pertamina fuel to plastic oil. The blue color itself means that the fuel has a high calorific value. The increase also occurred in the height of the fire where the height of the fire increased with each addition of Pertamina fuel to plastic oil. Likewise, the fuel temperature increased when Pertamina was added, because Pertamina has a better heating value than plastic oil. From these three things it can be concluded that by providing the addition of Pertamina fuel, it is able to improve the quality of the flame from the processing of plastic waste, namely in the form of plastic oil.

Keywords: *density; firstx; premixed; temperature; flame profile.*

Abstrak

Minyak Plastik memiliki potensi yang besar dalam pemanfaatan renewable energy baik di Indonesia bahkan di Dunia. Minyak plastik (Low Density Polyethylene) adalah bahan bakar yang dihasilkan dari proses pirolisis sampah plastik dan mempunyai nilai oktan sebesar 81.6, sehingga kualitas api menjadi rendah. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas api minyak plastik, yaitu dengan cara mencampurkan minyak plastik dengan BBM Pertamina. Minyak Plastik sebagai bahan utama sedangkan Pertamina sebagai bahan tambahan, dengan variasi komposisi campuran Pertamina berkisar 20% sampai 80%. Karakteristik api yang dilihat selama proses penelitian yaitu tinggi api, temperatur api dan warna nyala api dengan pembakaran premixed menggunakan burner. Dari hasil penelitian warna api terdapat peningkatan warna biru disetiap penambahan BBM Pertamina terhadap minyak plastik. Warna biru itu sendiri memiliki arti bahan bakar memiliki nilai kalor yang tinggi. Peningkatan juga terjadi pada tinggi api dimana tinggi api mengalami peningkatan disetiap penambahan BBM Pertamina terhadap minyak plastik. Begitu juga dengan temperatur bahan bakar mengalami peningkatan ketika ditambahkan Pertamina, dikarenakan Pertamina memiliki nilai kalor yang lebih baik dari minyak plastik. Dari ketiga hal tersebut dapat disimpulkan dengan memberikan penambahan BBM Pertamina mampu meberikan peningkatan kualitas nyala api dari hasil pengolahan limbah plastic, yaitu dalam bentuk minyak plastic.

Kata kunci: density; pertamax; premixed; temperatur; profil nayala api.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi saat ini tidak hanya memanfaatkan kekayaan lingkungan sebagai penunjang keberlangsungan dalam mengembangkan teknologi, tetapi beriringan dengan kerusakan lingkungan akibat pemanfaatan alam tersebut [1]. Kerusakan lingkungan dipicu oleh pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh pembuangan limbah atau sampah industri dan rumah tangga. Salah satu bentuk limbah yang sering dihasilkan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah sampah organik yang selalu diproduksi [2]. Bentuk sampah organik yang sering diproduksi dan menjadi salah satu jenis limbah yang tidak dapat diurai oleh mikro organisme, yaitu plastic. Penggunaan plastic dalam kehidupan sehari-hari menjadi salah satu pendamping dalam melakukan aktivitas sehari-hari, terutama sebagai kemasan atau tas yang digunakan untuk membawa bahan baku masakan dan lain sebagainya.

Penggunaan plastic di Indonesia bahkan di dunia rata-rata mengalami kenaikan hingga mencapai 200 ton pertahun. Pada tahun 2011, limbah plastic meningkat hingga mencapai 2,6 juta ton [3]. Hal ini menjadi salah satu perhatian penting memberikan inovasi lingkungan untuk dapat mengolah dengan berbagai macam cara atau metode yang diperuntukkan mengurangi pencemaran lingkungan ini, sehingga pencemaran lingkungan ini dapat terkontrol serta sampah plastic dapat dimanfaatkan sebagai material yang lebih bermanfaat.

Plastic menjadi salah satu benda yang sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dalam segala bidang, karena memiliki sifat yang kuat, ringan, stabil, densitas yang rendah, isolator yang baik, serta memiliki kekuatan mekanik yang baik, ketahanan suhu yang baik, ketahanan kimia yang dapat bervariasi, dan memiliki nilai ekonomis yang rendah, sehingga plastic menjadi pilihan yang sangat menguntungkan bagi industry [4]. Selain itu plastic juga memiliki efek negative terhadap lingkungan, karena tidak dapat terurai dengan cepat dan dapat menurunkan kesuburan tanah. Dengan permasalahan-permasalahan yang ditimbulkan oleh plastik, hal ini sebagai dasar dan acuan untuk melakukan penelitian dalam rangka peningkatan atau pengembangan sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi, salah satunya dengan mengolah sampah plastic untuk menghasilkan bahan bakar [5].

Penanggulangan sampah plastik yang populer selama ini adalah 3R (Reuse, Reduce, Recycle). Masing-masing penanganan sampah tersebut mempunyai kelemahan, Reuse yaitu barang-barang tertentu yang terbuat dari plastik, kalau dipakai berkali kali tidak layak pakai dan tidak baik bagi kesehatan tubuh, Reduce yaitu harus tersedia barang pengganti plastik yang lebih murah dan lebih praktis, sedangkan Recycle yaitu plastik yang sudah didaur ulang akan menurun kualitasnya. Pembakaran sampah plastic dapat mengurangi jumlah sampah plastik, namun akan menimbulkan masalah baru yaitu emisi yang dihasilkan berupa gas-gas beracun berupa HCl, HCN, maupun NO_x yang dapat mengganggu kesehatan [6]. Alternatif lain penanganan sampah plastik yang saat ini banyak diteliti dan dikembangkan adalah mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak [7]. Cara ini sebenarnya termasuk dalam recycle, akan tetapi daur ulang yang dilakukan adalah tidak hanya mengubah sampah plastik langsung menjadi plastik lagi. Dengan cara ini dua permasalahan penting bisa diatasi, yaitu bahaya menumpuknya sampah plastik dan diperolehnya kembali bahan bakar minyak yang merupakan salah satu bahan baku plastik. Hal ini sejalan dengan yang menyimpulkan salah satu metode pengolahan sampah yang dapat digunakan untuk mereduksi sampah adalah metode pirolisis [8]. Plastik mempunyai struktur polimer yang bila dipecah atau direngkai bisa menghasilkan hidrokarbon pada rentang bahan bakar tertentu (bensin, solar atau gas). Karakteristik minyak plastik LDPE yang dihasilkan mempunyai nilai oktan yaitu RON 86 dan MON 77,2; nilai kalor (J/kg) 45.594.000; flashpoint (K) 309 dan densitas 774 kg/m³ [9]. Penggunaan minyak plastik sebagai bahan bakar alternatif mengurangi sampah plastik dan

mengurangi bahan bakar yang umumnya digunakan, akan tetapi penggunaan bahan bakar yang kurang baik dapat berakibat pada turunnya performa mesin yang dihasilkan. Kualitas bahan bakar ditunjukkan dengan angka oktan. Semakin tinggi angka oktannya maka kemampuan bahan bakar tahan terhadap detonasi juga semakin baik [10]. Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas api minyak plastik dengan dicampurkan pertamax dengan komposisi yang bervariasi untuk mengetahui komposisi terbaik pada karakteristik api minyak plastik dan BBM pertamax.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen nyata (True Experimental Research) dengan perlakuan berupa penggunaan bahan bakar minyak plastik, pertamax, dan campuran keduanya. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah profil nyala api premixed, sementara variabel bebas mencakup jenis bahan bakar yang digunakan, yaitu minyak plastik murni, pertamax murni, dan campuran keduanya. Rasio udara dan bahan bakar (AFR) sebesar 1:15 ditetapkan sebagai variabel kontrol guna menjaga konsistensi kondisi pembakaran.

Proses penelitian diawali dengan menyiapkan bahan bakar yang akan digunakan, yaitu pertamax, minyak plastik hasil pirolisis, serta campurannya dalam proporsi yang telah ditentukan. Setelah bahan bakar siap, tahap selanjutnya adalah mempersiapkan alat uji yang terdiri dari sistem pembakaran premixed, termometer inframerah untuk pengukuran suhu, dan alat dokumentasi untuk observasi warna nyala api.

Pengujian dilakukan dengan menyalakan campuran udara dan bahan bakar pada sistem pembakaran premixed. Pengamatan dilakukan terhadap warna nyala api yang muncul sebagai indikasi visual dari proses pembakaran. Selain itu, suhu nyala api diukur menggunakan termometer inframerah untuk memperoleh data kuantitatif yang mendukung analisis performa pembakaran dari masing-masing jenis bahan bakar.

Setelah seluruh data pengujian diperoleh, langkah terakhir adalah melakukan analisis terhadap warna dan suhu nyala api yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas dan karakteristik pembakaran dari bahan bakar minyak plastik jika dibandingkan dengan pertamax, serta menilai potensi penggunaannya sebagai alternatif bahan bakar.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian Lebar dan Tinggi Api

Tabel tersebut menyajikan hasil pengamatan terhadap profil nyala api terbaik dari pembakaran premixed dengan variasi komposisi bahan bakar antara LDPE (minyak plastik hasil pirolisis) dan Pertamax. Pengamatan dilakukan pada tiga posisi fraksional dari panjang nyala api, yaitu 1/4, 2/4, dan 3/4, serta diukur pada dua titik: titik pusat (1) dan titik tepi (T), yang seluruhnya dinyatakan dalam satuan milimeter.

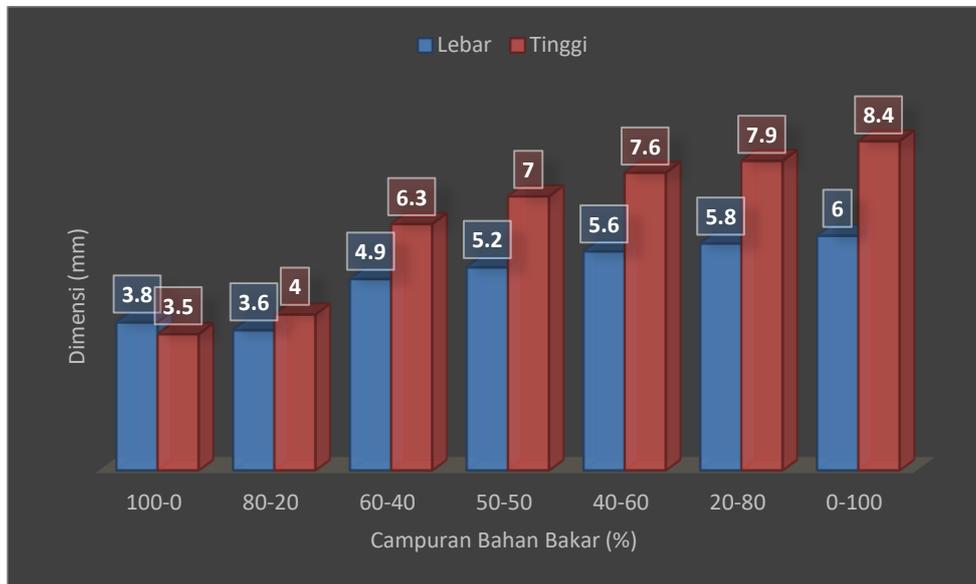
Secara umum, terlihat bahwa semakin tinggi kandungan Pertamax dalam campuran bahan bakar, maka semakin panjang dan stabil nyala api yang terbentuk. Pada campuran 100% LDPE, nyala api hanya muncul di posisi 1/4 dengan panjang sekitar 3.8 mm di pusat dan 3.5 mm di tepi, dan tidak terdeteksi pada posisi 2/4 atau 3/4. Namun ketika Pertamax mulai ditambahkan, panjang nyala api bertambah dan mulai terdeteksi pada posisi yang lebih jauh dari sumber api. Sebagai contoh, pada campuran 60% LDPE dan 40% Pertamax, nyala api tercatat mencapai 6.3 mm pada posisi 3/4 titik tepi.

Pada komposisi 100% Pertamax, nyala api menunjukkan bentuk paling optimal dan merata di seluruh titik pengamatan. Nyala api mencapai panjang 9.0 mm di posisi 3/4 titik tepi, menunjukkan kestabilan pembakaran yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik pembakaran Pertamax yang lebih bersih dan stabil sangat mendukung pembentukan nyala api

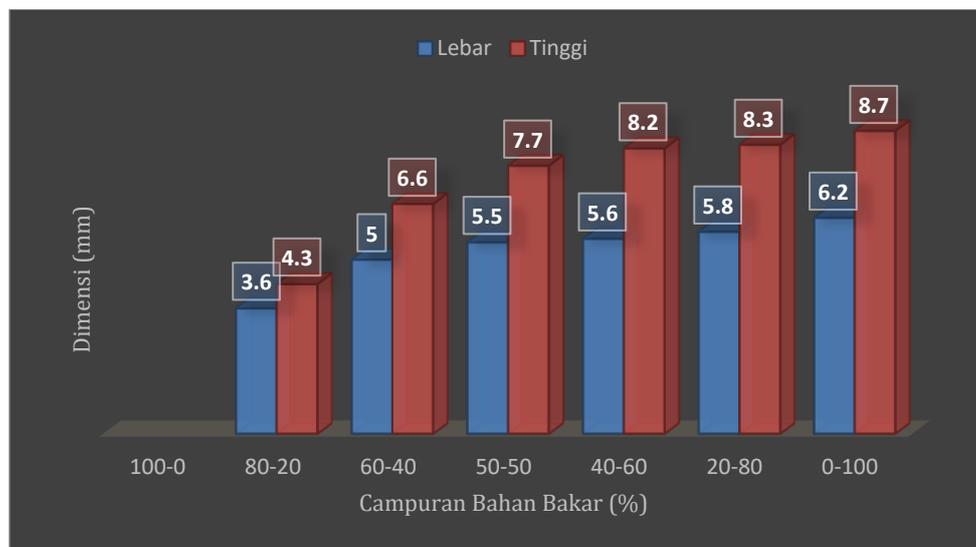
yang lebih panjang dan merata.

Tabel 1. Hasil Pengujian Ukuran Nyala Api.

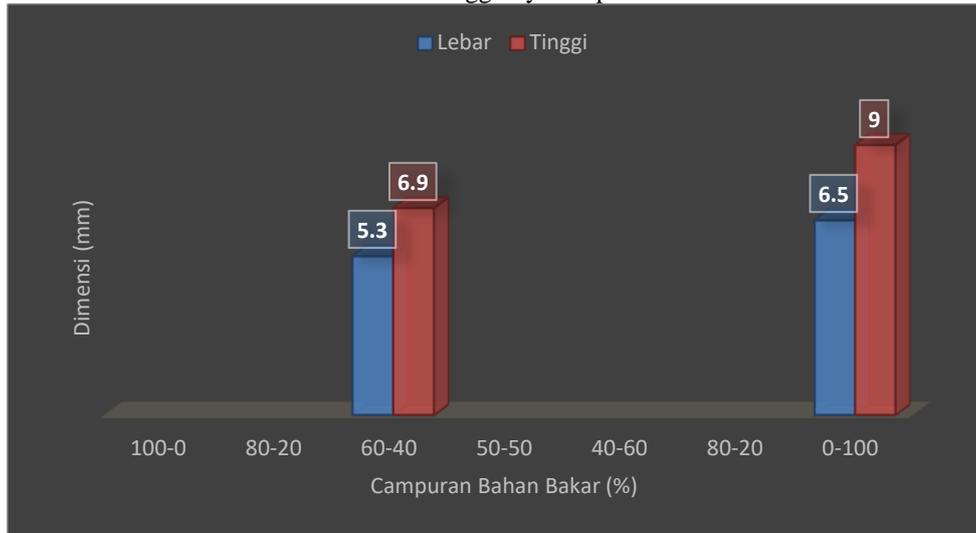
No	Komposisi Bahan Bakar (%)		Profil Nyala Api Terbaik					
	LDPE	Pertamax	1/4		2/4		3/4	
			l	T	l	T	l	T
			(mm)		(mm)		(mm)	
1	100	0	3.8	3.5	-	-	-	-
2	80	20	3.6	4.0	3.6	4.3	-	-
3	60	40	4.9	6.2	5.0	6.6	5.3	6.9
4	50	50	5.2	7.0	5.5	7.7	-	-
5	40	60	5.6	7.6	5.6	8.2	-	-
6	20	80	5.8	7.9	5.8	8.3	-	-
7	0	100	6.0	8.4	6.2	8.7	6.5	9.0



Gambar 1. Grafik Lebar dan Tinggi Nyala Api Pada Putaran Katub 1/4



Gambar 2. Grafik Lebar dan Tinggi Nyala Api Pada Putaran Katub 2/4



Gambar 3. Grafik Lebar dan Tinggi Nyala Api Pada Putaran Katub 3/4

Berdasarkan data hasil persentase komposisi campuran bahan bakar yang ditunjukkan oleh Tabel 1 dan Gambar 1 sampai 3, menunjukkan bahwa bukaan katub yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan yang signifikan. Gambar 1 menunjukkan grafik bukaan katub sebesar 1/4 diperoleh tinggi nyala api minyak plastic murni lebih sedikit dibandingkan dengan BBM pertamax. Hal ini dipengaruhi oleh rendahnya minyak plastic murni yang digunakan. Hal berbeda ditunjukkan dengan melakukan penambahan persentase BBM pertamax pada minyak plastic yang mempengaruhi ukuran lebar dan tinggi api yang dihasilkan. Berbeda pada Gambar 2 peningkatan ukuran lebar dan tinggi nyala api pada setiap penambahan persentase pertamax pada minyak plastic terjadi blow off pada bukaan katub 2/4. Sedangkan pada gambar 3 nyala api yang terbaik hanya terjadi pada campuran bbm pertamax dengan minyak plastic pada persentase 60-40 dan 0-100 yang diakibatkan oleh laju udara yang lebih besar dari pada laju bahan bakar yang mengalir, sehingga nyala hanya mampu menyala pada variasi 60-40% dan 0-100%.

Hasil pengujian tinggi api minyak plastik 100%, minyak plastik dengan campuran BBM pertamax 20% s/d 80%, dan BBM pertamax 100% terdapat peningkatan tinggi api pada setiap penambahan BBM pertamax pada minyak plastik, peningkatan terjadi dikarenakan energi yang dimiliki BBM pertamax lebih tinggi daripada Minyak plastik.

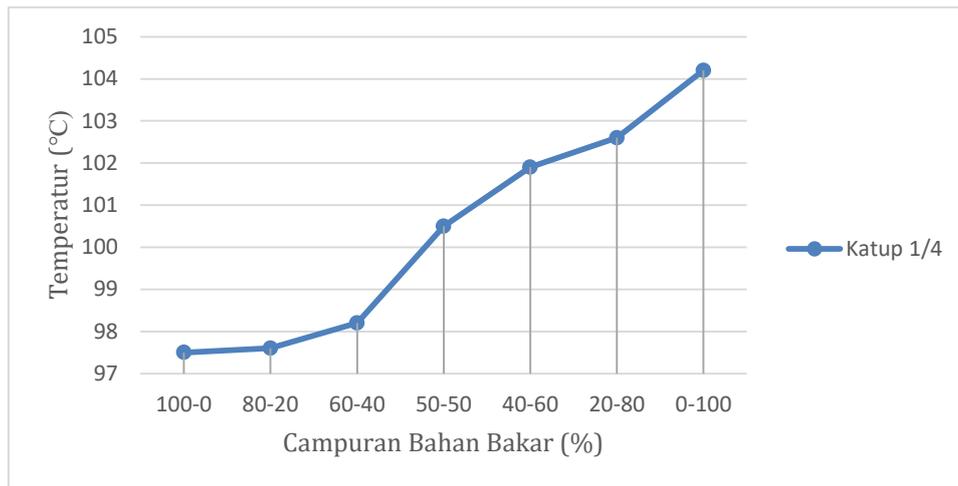
Pengujian Temperatur Nyala Api

Analisis data hasil pengujian temperature nyala api menunjukkan bahwa variasi putaran katub ditunjukkan pada Tabel 2 menjelaskan perbedaan temperature nyala api dari setiap bukaan katub yang dipengaruhi oleh persentase komposisi bahan bakar campuran yang digunakan antara LDPE (minyak plastic) dan BBM Pertamax, sebagai berikut.

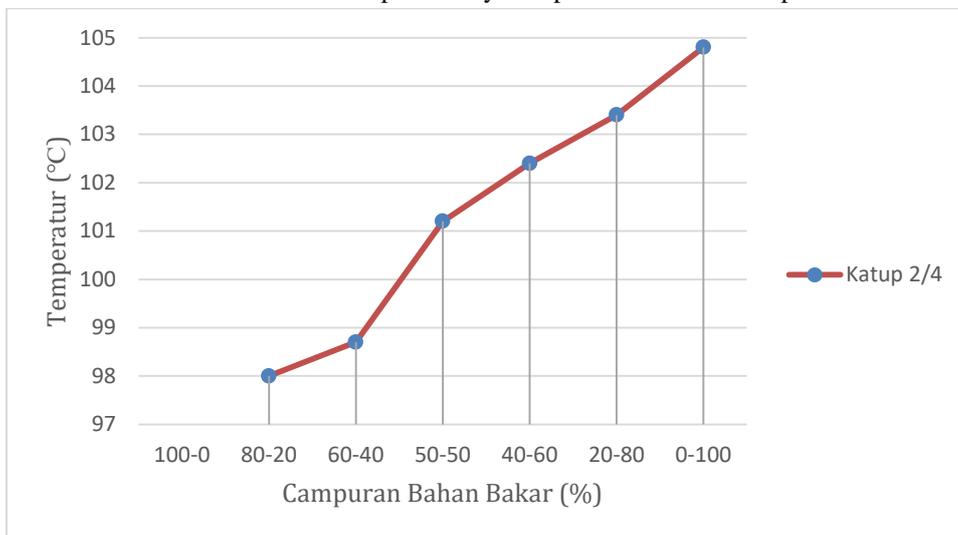
Tabel 2. Hasil Pengujian Temperatur Nyala Api Tiap Putaran Katub.

No	LDPE (%)	Pertamax (%)	Rata-rata Temperatur Nyala Api (°C)		
			1/4	2/4	3/4
Putaran Katub			1/4	2/4	3/4
1	100	0	97.5	-	-

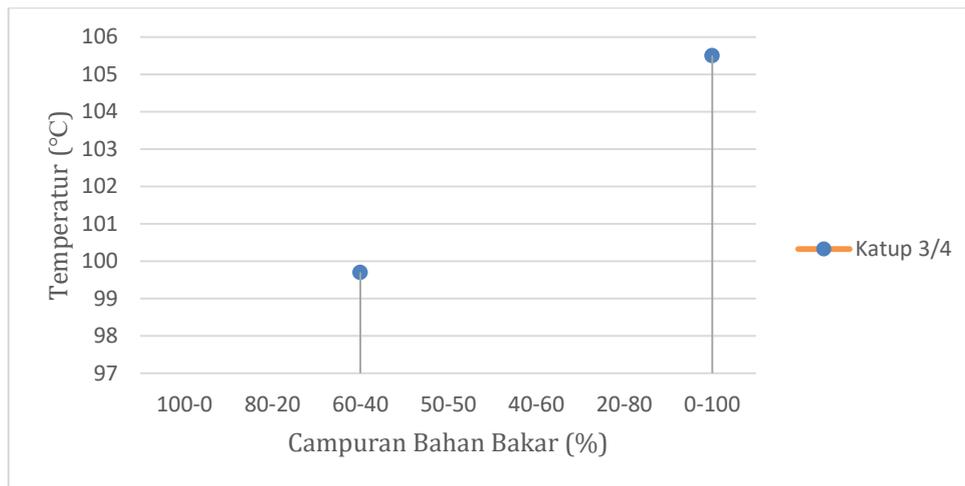
2	80	20	97.6	98.0	-
3	60	40	98.2	98.7	99.7
4	50	50	100,5	101,2	-
5	40	60	101,9	102,4	-
6	20	80	102,6	103,4	-
7	0	100	104,2	104,8	105.5



Gambar 4. Grafik Temperatur Nyala Api Pada Putaran Katup 1/4.



Gambar 5. Grafik Temperatur Nyala Api Pada Putaran Katup 2/4.



Gambar 6. Grafik Temperatur Nyala Api Pada Putaran Katup 3/4.

Berdasarkan hasil pengamatan pengujian temperature nyala api yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan peningkatan temperature yang signifikan pada setiap penambahan persentase BBM pertamax pada minyak plastic. Temperatur paling rendah terjadi pada nyala api minyak plastic murni. Hal ini terjadi karena angka oktan pada minyak plastic sangat rendah, sehingga temperature nyala api menjadi lebih rendah. Berbeda dengan Gambar 5 terdapat peningkatan temperature pada campuran BBM pertamax dan minyak plastic yang terbaik pada campuran 20-80% dan 0-100%, tetapi kenaikan tersebut tidak signifikan. Hal tersebut dikarenakan pada bukaan 2/4 tekanan udara atau ARF mulai bertambah, sehingga menimbulkan terjadinya peningkatan yang tidak terlalu signifikan, tetapi jika dibandingkan dengan bukaan katub 1/4, bukaan katup 2/4 menghasilkan temperature nyala api yang lebih panas.

Grafik tersebut menunjukkan temperatur nyala api pada putaran katup 3/4 dengan berbagai komposisi campuran bahan bakar LDPE dan Pertamax. Sumbu horizontal mewakili variasi komposisi bahan bakar (% LDPE – % Pertamax), sedangkan sumbu vertikal menunjukkan temperatur dalam derajat Celsius (°C).

Dari grafik dapat 6 diamati bahwa temperatur nyala api cenderung meningkat seiring meningkatnya kandungan Pertamax dalam campuran bahan bakar. Pada campuran 60% LDPE dan 40% Pertamax, temperatur nyala api tercatat sekitar 99,5°C. Sedangkan pada campuran 100% Pertamax, temperatur meningkat drastis hingga mencapai sekitar 105,5°C.

Hal ini mengindikasikan bahwa Pertamax memiliki karakteristik pembakaran yang lebih panas dan efisien dibandingkan LDPE, sehingga menghasilkan nyala api dengan temperatur lebih tinggi. Semakin tinggi kandungan Pertamax, semakin optimal pula proses pembakarannya, yang tercermin dalam kenaikan suhu.

Hasil pengukuran temperatur Minyak Plastik 100%, minyak plastic dengan campuran BBM pertamax 20%-80%, dan BBM pertamax 100% terdapat peningkatan tinggi temperatur di setiap penambahan komposisi Pertamax pada minyak plastic, peningkatan terjadi dikarenakan nilai oktana pada BBM pertamax lebih tinggi daripada minyak plastic [2,4]. Nyala api paling bagus diperoleh pada campuran bahan bakar 20 % minyak plastic dengan pertamax 80%.

Persentase Warna Nyala Api

Menentukan hasil persentase warna nyala api dapat menggunakan persamaan jumlah warna RGB dibagi rata-rata nilai RGB pada minyak plastic dikalikan dengan 100%, seperti persamaan di bawah ini.

$$\frac{\text{Jumlah RGB (merah atau biru)}}{\text{jumlah rata-rata RGB}} \times 100\% \quad 1)$$

Tabel 3. Hasil Pengujian Temperatur Nyala Api Tiap Putaran Katup.

No	LDPE	Pertamax	Persentase Nyala Api Terbaik (%)							
			Putaran Katup		1/4		2/4		3/4	
			Warna Nyala Api		Merah	Biru	Merah	Biru	Merah	Biru
1	100	0	35.1	64.8	-	-	-	-	-	-
2	80	20	49.5	50.4	49.2	51.1	-	-	-	-
3	60	40	48.8	50.0	48.5	51.5	48.2	51.7	-	-
4	50	50	45.1	55.1	44.4	55.6	-	-	-	-
5	40	60	43.5	57.0	43.0	57.1	-	-	-	-
6	20	80	43.0	57.0	42.3	58.2	-	-	-	-
7	0	100	41.4	59.1	41.0	59.1	41.4	59.3	-	-

Berdasarkan Tabel 3 didapatkan hasil persentase warna nyala api yang berbeda-beda pada setiap variasi bukaan katub dan variasi penggunaan persentase minyak plastic dan BBM pertamax yang digunakan. Pada persentase minyak plastic sebesar 100% didapatkan persentase warna nyala api merah sebesar 35.1% dan warna nyala api biru sebesar 64.8% yang didapatkan dari hasil penggunaan bukaan katub 1/4. Berbeda dengan komposisi minyak plastic 80% dan BBM pertamax 20%, warna nyala api pada bukaan katub 1/4 didapatkan warna merah sebesar 49.5% dan warna biru sebesar 50,4%, sedangkan pada bukaan katub 2/4 diperoleh hasil persentase warna nyala api merah sebesar 49.2% dan biru sebesar 51.1%. Hal yang berbeda juga ditunjukkan pada variasi persentase minyak plastic 60% dan BBM Pertamax 40% didapatkan hasil persentase warna nyala api merah sebesar 48,8 % dan biru sebesar 50% pada bukaan katub 1/4. Sedangkan pada variasi bukaan katub 2/4 diperoleh hasil persentase warna nyala api merah dan biru yang sama sebesar 48,5%, sedangkan pada variasi bukaan 3/4 diperoleh hasil nyala api merah sebesar 48.2% dan biru sebesar 51.7%. Berbeda halnya dengan variasi persentase minyak plastic 50% dan BBM pertamax 50%, pada bukaan katub 1/4 diperoleh hasil warna merah sebesar 45.1% dan biru sebesar 55.1%, sedangkan pada variasi bukaan katub 2/4 diperoleh hasil warna merah sebesar 44.4% dan biru sebesar 55.6%. pada variasi minyak plastic 40% dan BBM pertamax 60% diperoleh hasil warna merah sebesar 43.5% dan biru sebesar 57% pada bukaan katub 1/4, sedangkan pada variasi bukaan katub 2/4 diperoleh hasil warna merah sebesar 43% dan biru sebesar 57.1%. Pada variasi minyak plastic 20% dan BBM pertamax 80% diperoleh hasil warna merah sebesar 43% dan biru sebesar 57% pada bukaan katub 1/4, sedangkan pada bukaan katub 2/4 diperoleh hasil warna merah sebesar 42.3% dan biru sebesar 52.8%. sedangkan pada variasi terakhir persentase BBM pertamax 100% tanpa minyak plastic diperoleh hasil persentase warna nyala api merah sebesar 41.4% dan biru sebesar 59.1% pada bukaan katub 1/4, pada bukaan katub 2/4 warna merah sebesar 41% dan biru sebesar 51%, serta pada bukaan katub 3/4 diperoleh warna merah sebesar 41.4% dan biru sebesar 59.6%.

Hasil pembakaran minyak plastik 100%, minyak plastik dengan campuran BBM pertamax 20% s/d 80%, dan BBM pertamax 100% terdapat peningkatan persentase nilai RGB biru di setiap penambahan Pertamax pada Minyak plastik. Peningkatan terjadi dikarenakan nilai kalor yang dimiliki Pertamax lebih tinggi daripada nilai kalor Minyak Plastik, sehingga dengan campuran BBM pertamax dapat meningkatkan nilai kalor minyak plastik.

4. Kesimpulan

Pemanfaatan limbah plastik padat sebagai sumber energi merupakan langkah strategis dalam menghadapi krisis energi dan masalah lingkungan akibat akumulasi sampah plastik. Namun demikian, perlu dilakukan pengkajian ulang yang lebih mendalam secara ilmiah dan teknis, agar pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan aman, efisien, serta ramah lingkungan. Limbah plastik yang telah melalui proses pirolisis dapat diubah menjadi minyak plastik, yang memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, nilai kalor minyak plastik memang masih berada di bawah bahan bakar fosil seperti Pertamax. Meskipun demikian, hasil pengamatan terhadap nyala api, khususnya pada bukaan katup 1/4, menunjukkan bahwa panas yang dihasilkan oleh pembakaran minyak plastik cukup tinggi. Warna nyala api yang tampak lebih terang menandakan bahwa proses pembakaran berlangsung cukup efisien dalam kondisi tertentu.

Dengan demikian, minyak plastik hasil pirolisis memiliki prospek untuk dimanfaatkan sebagai energi terbarukan (renewable energy), terutama dalam sistem pembakaran premixed atau burner yang dikontrol dengan baik. Ke depan, pengembangan teknologi pengolahan limbah plastik serta optimasi proses pencampuran bahan bakar menjadi kunci utama agar minyak plastik dapat menjadi alternatif energi yang lebih kompetitif, aman, dan berkelanjutan dalam mendukung diversifikasi energi nasional.

Daftar Pustaka

- [1] R. Wahanisa and S. E. Adiyatma, "Konsepsi Asas Kelestarian Dan Keberlanjutan Dalam Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Dalam Nilai Pancasila," *Bina Huk. Lingkung.*, vol. 6, no. 1, pp. 93–118, 2021.
- [2] R. N. Bustan, M. D. Irawan, N. F. R. Haryanto, and P. Syafitri, "Pengadaan Tempat Pembuangan Sampah Sementara (TPS) Sebagai Upaya Mewujudkan Kampung Bersih," *Surya Abdimas*, vol. 6, no. 4, pp. 709–717, 2022.
- [3] I. Madani and D. Wicaksono, "EKSPERIMEN KEKUATAN MATERIAL KOMPOSIT DENGAN MATRIX POLYPROPYLENE VARIASI SERAT DAUN NANAS," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 307–314, 2022.
- [4] S. Suminto, "Ecobrick: solusi cerdas dan kreatif untuk mengatasi sampah plastik," *Prod. J. Desain Prod. (Pengetahuan dan Peranc. Produk)*, vol. 3, no. 1, pp. 26–34, 2017.
- [5] N. M. Wedayani, "Studi pengelolaan sampah plastik di pantai kuta sebagai bahan bakar minyak," *J. Presipitasi Media Komun. Dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 15, no. 2, pp. 122–126, 2018.
- [6] F. Kasim, M. K. Ridwan, and M. Y. A. Putra, "Pengolahan sampah plastik memakai teknologi pirolisis untuk pembelajaran dan konservasi lingkungan di pondok pesantren al-anwar sarang rembang, jawa tengah," *J. Bakti Saintek J. Pengabd. Masy. Bid. Sains Dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 57–63, 2018.

- [7] U. B. Surono, “Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak,” *J. Tek.*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [8] F. Hidayat and I. H. Siregar, “Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polypropylene,” *J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 01, pp. 13–20, 2022.
- [9] E. W. Biantoro, “Analisa Karakteristik Bahan Bakar Minyak Dari Ban Dalam Bekas dan Plastik Jenis LDPE (Low Density Polyethylene),” in *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 2018, pp. 281–286.
- [10] I. W. B. Ariawan, W. Kusuma, and I. W. B. Adnyana, “Pengaruh penggunaan bahan bakar pertalite terhadap unjuk kerja daya, torsi dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor bertransmisi otomatis,” *J. METTEK*, vol. 2, no. 1, pp. 51–58, 2016.
- [11] G. L. Sari, “Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair,” *Al-Ard J. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–13, 2017, doi: 10.29080/alard.v3i1.255.
- [12] J. Wahyudi, H. T. Prayitno, and A. D. Astuti, “Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif,” *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 14, no. 1, pp. 58–67, 2018, doi: 10.33658/jl.v14i1.109.
- [13] D. Iswadi *et al.*, “Pemanfaatan Sampah Plastik Ldpe Dan Pet Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis,” *J. Ilm. Tek. Kim. UNPAM*, vol. 1, no. 2, pp. 1–9, 2017.