



Pengaruh Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Karakteristik Bahan Bakar *Biogasoline* Berbahan Baku Limbah Plastik Hasil Pirolisis

Rotama Arifin Sidabutar¹, Enzo W.B Siahaan², Hodmiantua Sitanggang³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Darma Agung

¹rotamaarifinsidabutar@gmail.com ²enzo.battra84@gmail.com ³hodmiantuasitanggang@gmail.com

Abstract

The increasing volume of plastic waste and the depletion of fossil fuel reserves have encouraged the search for renewable energy alternatives. This study examines the use of the pyrolysis process on plastic waste to produce biogasoline and optimises the characteristics of the fuel by adding methanol concentration. The pyrolysis process, conducted at 3500C, produces plastic oil, which is then mixed with methanol in various concentrations (5%, 10%, 20%, and 30%). The effect of methanol addition on the physical characteristics of biogasoline, including the Research Octane Number (RON) value, density, viscosity, heating value, and flash point, was analysed. The results showed that the addition of methanol concentration gave the highest RON value of 83.3, while the 10% methanol concentration produced the highest calorific value of 53,865 j/g. The addition of methanol concentration also had a positive effect on increasing the flash point of the fuel. This study also shows the potential of biogasoline made from plastic waste as an efficient and environmentally friendly alternative fuel.

Keywords: plastic waste, pyrolysis, plastic oil, biogasoline, methanol

Abstrak

Peningkatan volume limbah plastik dan menipisnya cadangan bahan bakar fosil telah mendorong pencarian alternatif energi terbarukan. Penelitian ini mengkaji penggunaan proses pirolisis pada limbah plastik untuk menghasilkan *biogasoline* dan mengoptimalkan karakteristik bahan bakar tersebut dengan penambahan konsentrasi methanol. Proses pirolisis yang dilakukan pada suhu 350⁰C, menghasilkan minyak plastik yang kemudian dicampurkan dengan methanol dalam berbagai konsentrasi (5%, 10%, 20%, dan 30%). Pengaruh penambahan methanol terhadap karakteristik fisik *biogasoline*, termasuk nilai Research Octane Number (RON), densitas, viskositas, nilai kalor, dan titik nyala dianalisis. Hasil menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi methanol memberikan nilai RON tertinggi sebesar 83.3, sedangkan pada konsentrasi methanol 10% menghasilkan nilai kalor tertinggi sebesar 53.865 j/g. Penambahan konsentrasi methanol juga berpengaruh positif terhadap peningkatan titik nyala bahan bakar. Penelitian ini juga menunjukkan potensi *biogasoline* berbahan bakar dasar limbah plastik sebagai alternatif bahan bakar yang efisien dan ramah lingkungan.

Kata kunci: limbah plastik, pirolisis, minyak plastik, *biogasoline*, methanol.

1. Pendahuluan

Isu lingkungan global semakin mendesak dengan meningkatnya volume limbah plastik dan penurunan sumber daya bahan bakar fosil. Menurut laporan dari *United Nations Environment Programme* (UNEP), setiap tahun diproduksi lebih dari 300 juta ton plastik, dan sekitar 50% di antaranya adalah plastik sekali pakai. Plastik yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius, termasuk pencemaran tanah, air, dan udara. Selain itu, plastik yang mengendap di lingkungan akan terurai menjadi partikel mikroplastik yang sulit dihapus dan dapat memasuki rantai makanan.

Di sisi lain, ketergantungan pada bahan bakar fosil, seperti minyak dan gas semakin mengancam keberlanjutan energi global dan memperburuk perubahan iklim melalui emisi gas rumah kaca. Laporan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar fosil merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi CO₂ global. Untuk mengatasi kedua masalah ini, perlu dikembangkan solusi yang dapat mengurangi limbah plastik sekaligus menyediakan alternatif bahan bakar yang lebih ramah lingkungan.

Pirolisis adalah salah satu teknologi yang menjanjikan untuk mengubah limbah plastik menjadi produk yang

berguna seperti minyak, gas, dan char. Proses ini dilakukan pada suhu tinggi dalam kondisi tanpa oksigen, yang memungkinkan pemecahan polimer plastik menjadi fraksi-fraksi yang lebih sederhana [1]. Produk minyak dari pirolisis, yang sering disebut sebagai *biogasoline*, dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, namun seringkali memerlukan modifikasi untuk memenuhi standar kualitas bahan bakar yang diinginkan [2].

Pirolisis limbah plastik telah terbukti efektif dalam menghasilkan produk minyak yang memiliki komposisi serupa dengan bensin [3]. Penelitian menunjukkan bahwa minyak yang dihasilkan dari pirolisis plastik dapat digunakan sebagai bahan bakar, tetapi sering kali memiliki sifat yang kurang stabil, seperti titik nyala rendah dan viskositas yang tinggi, yang dapat mempengaruhi performa pembakaran [4].

Penambahan aditif seperti metanol ke dalam *biogasoline* merupakan pendekatan yang menarik untuk meningkatkan kualitas bahan bakar [5]. Metanol, yang dikenal sebagai alkohol dengan sifat pembakaran yang baik, dapat meningkatkan angka oktan bahan bakar, yang berkontribusi pada performa mesin yang lebih baik dan pengurangan emisi [6]. Selain itu, metanol dapat mengurangi viskositas dan titik nyala *biogasoline*, membuatnya lebih cocok untuk digunakan dalam mesin pembakaran internal [7].

Beberapa studi sebelumnya menunjukkan bahwa metanol dapat meningkatkan efisiensi thermal brake (BTE) dan mengurangi emisi gas buang dalam bahan bakar yang berbeda [8]. Namun, pengaruh metanol terhadap *biogasoline* dari pirolisis plastik masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut untuk memahami bagaimana penambahan metanol dapat mempengaruhi karakteristik fisik bahan bakar ini [9].

Penelitian ini penting untuk menjawab kebutuhan mendesak akan solusi berbasis energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Dengan meningkatnya volume limbah plastik dan dampaknya terhadap lingkungan, serta kebutuhan untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, menemukan cara untuk memanfaatkan limbah plastik secara efektif adalah langkah penting. Pirolisis limbah plastik merupakan metode yang berpotensi besar, namun kualitas produk *biogasoline* yang dihasilkan sering kali tidak memenuhi standar bahan bakar yang diinginkan [10].

Penambahan metanol pada *biogasoline* hasil pirolisis plastik menawarkan kemungkinan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar dan efisiensi pembakaran [11]. Metanol sebagai aditif telah terbukti memberikan manfaat pada berbagai jenis bahan bakar, tetapi aplikasinya pada *biogasoline* dari pirolisis plastik belum banyak diteliti [12]. Dengan memahami bagaimana metanol mempengaruhi karakteristik fisik dan performa *biogasoline*, penelitian ini dapat

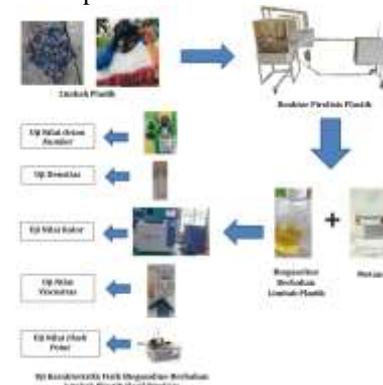
memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan bahan bakar alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan methanol terhadap karakteristik fisik (nilai kalor, viskositas, densitas, dan flash point) *biogasoline* yang dihasilkan dari limbah plastik dengan proporsi methanol (5%, 10%, 20%, dan 30%). Parameter – parameter tersebut yang akan diukur untuk digunakan sebagai analisa untuk meningkatkan kualitas dan performa *biogasoline* dari limbah plastik, serta potensi implementasinya dalam aplikasi bahan bakar alternatif.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk mengevaluasi pengaruh penambahan metanol terhadap karakteristik bahan bakar *biogasoline* yang dihasilkan dari limbah plastik melalui proses pirolisis. Metode eksperimental adalah pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk menentukan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen dalam kondisi yang terkontrol. Prosedur penelitian dimulai dengan menghasilkan *biogasoline* melalui proses pirolisis pada limbah plastik. *Biogasoline* yang diperoleh kemudian dicampur dengan metanol dalam konsentrasi 5%, 10%, 20% dan 30%. Pengujian dilakukan untuk menilai bagaimana penambahan metanol mempengaruhi karakteristik fisik sehingga dapat meningkatkan rendemen *biogasoline* dan kualitas dalam hal oktan dan stabilitas. Penelitian ini dilaksanakan di tiga lokasi: Bengkel Teknik Mesin Universitas Negeri Medan dan Laboratorium Politeknik Negeri Medan dan Politeknik Negeri Lhokseumawe. Di ketiga lokasi tersebut, fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk proses pirolisis, preparasi bahan bakar, serta pengujian karakteristik fisik dari bahan bakar *biogasoline* yang tersedia untuk mendukung kelancaran penelitian.

Skema rangkaian alat yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Penelitian

2.1. Variabel Penelitian

Variabel yang diukur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengujian *biogasoline* berbahan limbah plastik hasil dari pirolisis yang dicampurkan dengan metanol. Dengan perbandingan konsentrasi *biogasoline* limbah plastik dicampur dengan metanol dengan proposrsi 5%, 10%, 20% dan 30%.
2. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah nilai *Research Octane Number (RON)*, densitas, viscositas, nilai kalor dan *flash point*.
3. Variabel terkontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur yang digunakan dalam penelitian.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *biogasoline* limbah plastik hasil pirolisis dan metanol dimana karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Metanol

Titik beku	-97,8 ^o C
Titik didih (pada 760 mmHg)	64,7 ^o C
Densitas (pada 760 mmHg)	0,782 g/ml
Indeks bias, pada 40 ^o C	1,3287
Viskositas, pada 30 ^o C	0,5142 Cp
Temperatur kritis	78,5 ^o C
Panas spesifik, liquid (pada suhu 25 - 30 ^o C)	0,605 – 0,609 kal/g
Panas spesifik, liquid (pada suhu 100 - 200 ^o C)	12,2-14,04 kal/g.mol
Panas penguapan (pada suhu 64,7 ^o C)	8430 kal/mol
Flash Point (^o C)	16 : 11
Kelarutan dalam air	Miscible

Sumber : Othmer, 1998

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Alat pirolisis plastik yang dipakai untuk mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar *biogasoline* berbahan limbah plastik.
- b. Gelas breaker dengan skala 1000 ml sebagai tempat pencampuran, pengadukan, dan pemanasan bahan bakar minyak.
- c. *Vacum filter* digunakan untuk menyaring bahan bakar gasoline hasil pirolisis dari sisa – sisa residu.
- d. Gelas ukur digunakan untuk mengukur sampel yang akan diuji yaitu densitas.
- e. Neraca digital analitik (Fujitsu Tipe AR 210 gram) digunakan untuk mengukur berat atau massa dari minyak *biogasoline* berbahan limbah plastik.
- f. *Magnetic stirrer* (IKA Tipe C-MAG HS7) digunakan untuk memanaskan dan menghomogenisasi sampel yang akan dilakukan untuk pengambilan data viscositas dan densitas.
- g. Octane meter merk Kohler OCTIS – 2 NIB digunakan untuk mengukur nilai octane yang terkandung dalam bahan bakar.
- h. Piknometer merk digunakan untuk menguji nilai densitas dari bahan bakar.

- i. Viscometer Visco Cool 6 merk Brookfield digunakan untuk menguji nilai viscositas bahan bakar.
- j. *Boom calorimeter* merk IKA – C2000 digunakan untuk menguji nilai kaloar dari bahan bakar.
- k. *Flash point tester* (Pensky Marten) digunakan untuk menguji titik nyala bahan bakar.

2.3. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur percobaan penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pirolisis Limbah Plastik
 - a. Limbah plastik yang sudah dicuci dan dikeringkan kemudian akan dipotong menjadi kecil sehingga tidak memakan tempat di ruang bakar nantinya.
 - b. Limbah plastik yang sudah dikumpulkan lalu dicuci dan dikeringkan
 - c. Plastik yang sudah dipotong tersebut kemudian dimasukkan ke dalam ruang bakar pirolisis melalui tutup yang berada diatas alat sampai penuh
 - d. Membuka valve yang menyambungkan ruang bakar pirolisis dan ruang bakar *refinery* dan menutup *valve* dan keran yang berada di pipa keluar gasoline dan diesel.
 - e. Membuka keran keluarnya minyak hasil pirolisis yang berada di samping kanan alat
 - f. Menghidupkan kompor yang berada di bawah ruang bakar pirolisis dan menjaga suhu pada 250^oC - 300^oC.
 - g. Minyak yang keluar dari keran kemudian akan ditampung dengan beaker lalu dipindahkan ke jeriken
 - h. Bakar plastik hingga tidak ada lagi minyak yang keluar dari keran
 - i. Matikan kompor dan dinginkan alat
 - j. Korek sisa pembakaran plastik yang berada di dalam ruang bakar pirolisis.
2. *Refinery* Minyak Hasil Pirolisis Limbah Plastik
 - a. Minyak hasil pirolisis dimasukkan dengan corong melalui lubang yang berada diatas ruang bakar.
 - b. Tutup *valve* yang menghubungkan ruang bakar pirolisis dan ruang bakar *refinery*, dan juga tutup keran keluarnya minyak yang berada di samping kanan alat lalu buka keran keluarnya gasoline dan tutup *valve* pipa keluarnya diesel.
 - c. Hidupkan kompor yang berada di bawah ruang bakar *refinery* dan menjaga suhu pada 300^oC.
 - d. Minyak yang keluar melalui keran gasoline kemudian ditampung dengan breaker dan kemudian dipindahkan ke dalam jerigen.
 - e. Bakar minyak hingga tidak ada lagi yang keluar melalui keran gasoline, kemudian tutup keran gasoline dan buka valve pipa diesel.
 - f. Minyak yang keluar melalui keran diesel kemudian ditampung dengan breaker dan

kemudian dipindahkan ke dalam jeriken yang berbeda.

- g. Bakar minyak hingga tidak ada lagi yang keluar melalui keran diesel.
- h. Matikan kompor dan dinginkan alat.
- i. Keluarkan sisa bakaran yang berada di dalam ruang bakar refinery.

3. Penyaringan (Filtrasi) *Biogasoline*

- a. Masukkan *biogasoline* hasil pirolisis limbah plastik ke dalam breaker.
- b. Siapkan alat *filter* vakum untuk menyaring *biogasoline* hasil pirolisis limbah plastik.
- c. Pasangkan selang vakum antara kolektor (pompa vakum) ke botol penampung *filter* dan pastikan sambungan rapat dan aman.
- d. Letakkan kertas *filter* pada pemegang *filter* botol penampung dan pastikan terpasang dengan baik dan rapat untuk mencegah kebocoran.
- e. Pasang cawan pengumpul di bawah pemegang *filter* untuk menangkap filtrate yang melewati *filter*.
- f. Tuang *biogasoline* hasil dari pirolisis limbah plastik secara perlahan dan pastikan tidak tertumpah agar tidak mengganggu proses filtrasi.
- g. Amati aliran cairan melalui *filter*, jika aliran terlihat lambat atau terhenti periksa apakah *filter* tersumbat atau ada kebocoran.
- h. Matikan pompa vakum jika selesai filtrasi dan lepaskan selang dari kolektor vakum.

2.4. Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan karakteristik fisik dari *biogasoline* berbahan baku limbah plastik adalah sebagai berikut :

1. Pengujian nilai *octane number* menggunakan prosedur standard ASTM D2699.
2. Pengujian nilai densitas menggunakan prosedur standard ASTM D-6238-10.
3. Pengujian nilai *viscositas kinematik* menggunakan prosedur standard ASTM D-2983-09.
4. Pengujian nilai nilai kalor (LHV) menggunakan prosedur standard ASTM 4809-6.
5. Pengujian nilai titik nyala (*flash point*) menggunakan standard ASTM D 93.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Minyak Pirolisis Limbah Plastik

Hasil pembuatan minyak limbah plastik melalui proses pirolisis dan penyulingan limbah plastik yang menghasilkan minyak *biogasoline* dan minyak biosolar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pirolisis Limbah Plastik		
Proses Pirolisis Limbah Plastik		
Limbah Plastik	6000 Gram	
Hasil		
Minyak Plastik	4120 Gram	68,67%

Kerak	240 Gram	4,00%
-------	----------	-------

Tabel 3. Hasil Penyulingan Limbah Plastik

Proses Refinery		
Limbah Plastik	2000 Gram	
Hasil		
<i>Biogasoline</i>	1520 Gram	76,00%
Biosolar	320 Gram	16,00%
Minyak Sisa	80 Gram	4,00%

Dari Tabel 2 didapatkan minyak plastik yang dihasilkan melalui proses pirolisis berbahan sampah plastik sebesar 4120 gram atau 68,67% terhadap sampah plastik dan didapatkan sisa berupa kerak sebanyak 240 gram atau 4% terhadap sampah plastik. Dari Tabel 3 di atas didapatkan minyak *biogasoline* yang dihasilkan melalui proses penyulingan minyak sampah plastik pirolisis sebesar 1520 g atau 76% terhadap minyak plastik dan didapatkan biosolar sebesar 320 gram atau 16% terhadap minyak plastik.

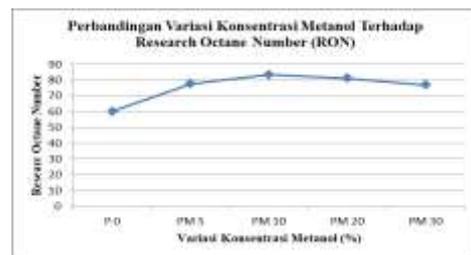
3.2. Nilai *Research Octane Number* (RON)

Dari hasil pengujian nilai *Research Octane Number* (RON) dengan menggunakan metode ASTM D2699 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Nilai *Research Octane Number*(RON)

Sampel	Nilai <i>Research Octane Number</i>
P0	60.1
PM5	77.5
PM10	83.3
PM20	81.1
PM30	76.8

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai *octane* tertinggi yang dikandung dalam *biogasoline* limbah plastik terdapat pada konsentrasi metanol sampel PM10 dengan konsentrasi 10% sebesar 83.3. Sedangkan nilai *octane* terendah pada sampel PM30 dengan konsentrasi metanol 30% sebesar 76.8.



Gambar 2. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap *Research Octane Number* (RON).

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pada sampel PM5 dan PM10 mengalami peningkatan nilai *octane* sebesar 77.5 dan 83.3. Setelah ditambahkan konsentrasi metanol sebesar 20% hingga 30% pada *biogasoline* limbah plastik, nilai *octane* mengalami penurunan sebesar 81.1 dan 76.8.

Metanol memiliki nilai *octane* yang tinggi, biasanya sekitar 100 – 110, sehingga secara teori, penambahan metanol ke bahan bakar fosil atau *biogasoline* sering kali meningkatkan nilai *octane* [13]. Namun, interaksi metanaol dengan komponen – komponen lain di

dalam *biogasoline* berbahan limbah plastik dapat menyebabkan perubahan yang tidak selalu dapat di prediksi secara langsung. Konsentrasi metanol yang berbeda dalam campuran dapat menyebabkan efek yang berbeda pula terhadap sifat bahan bakar, terutama jika ada batas titik optimum di mana nilai *octane* mencapai puncaknya sebelum kemudian menurun. Hal ini dapat dilihat dari beberapa penelitian telah menunjukkan bahawa pada konsentrasi metanol yang lebih tinggi, pembakaran bisa kurang efisien, sehingga nilai *octane* total menurun [14].

Pada konsentrasi rendah, metanol dapat bertindak sebagai aditif yang meningkatkan efisiensi pembakaran, tetapi pada tingkat lebih tinggi (misalnya 20 – 30%), dapat terjadi masalah pemisahan fase pada *biogasoline* berbasis limbah plastik yang menyebabkan nilai *octane* menurun. Penelitian lain mendukung bahwa penambahan metanol tinggi dalam bahan bakar *hidrokarbon* dapat menyebabkan ketidakstabilan dalam campuran dan menubah karakteristik pembakaran [15].

3.3. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Densitas.

Dari hasil pengujian nilai densitas dengan menggunakan metode ASTM D-6238-10 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Nilai Densitas

Sampel	Nilai Densitas (Kg/m ³)
P0	799.7
PM5	797.2
PM10	776.1
PM20	771.09
PM30	784.86

Dari Tabel 5 dapat diketahui bahwa nilai densitas tertinggi pada sampel P0 tanpa campuran methanol yaitu sebesar 799.7 kg/m³.



Gambar 3. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Densitas.

Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada sampel PM5, PM10 dan PM20 mengalami penurunan nilai densitas sebesar 797.2 kg/m³; 776.1 kg/m³ dan 771.09 kg/m³. Metanol memiliki densitas yang lebih rendah dari pada banyak komponen hidrokarbon pada *biogasoline*, yang menyebabkan penurunan densitas awal pada saat penambahan methanol dalam jumlah kecil hingga sedang. Penurunan nilai densitas disebabkan oleh fakta bahwa penambahan metanol

akan menggantikan sebagian volume *biogasoline* dengan zat yang memiliki densitas lebih rendah sekitar 792 kg/m³ untuk metanol dibandingkan rata-rata densitas bahan bakar hidrokarbon).

Ketika konsentrasi metanol dalam *biogasoline* limbah plastik meningkat hingga 30%, nilai densitas justru dapat mengalami peningkatan karena adanya kemungkinan efek pencampuran yang lebih kompleks pada konsentrasi tinggi. Konsentrasi tinggi metanol dalam campuran dapat menciptakan interaksi molekular yang lebih erat antara metanol dan hidrokarbon, meningkatkan densitas secara keseluruhan dibandingkan konsentrasi metanol lebih rendah [16]. Selain itu, pada titik tertentu, metanol dapat menyusun campuran dengan lebih teratur dalam struktur kimia bahan bakar, yang berpotensi meningkatkan densitas akibat perubahan susunan molekul dalam fase campuran [17].

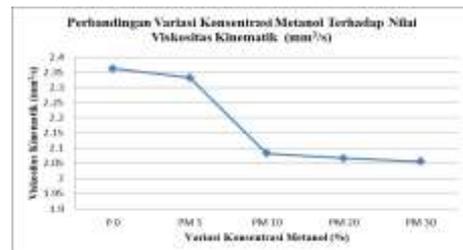
3.4. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Viscositas

Dari hasil pengujian nilai *viscositas* dengan menggunakan metode ASTM D-2983-09 dapat di lihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Nilai Viscositas

Sampel	Nilai Viscositas (mm ² /s)
P0	2.3617
PM5	2.3319
PM10	2.0819
PM20	2.0664
PM30	2.0552

Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa nilai viscositas tertinggi pada sampel P0 tanpa campuran methanol yaitu sebesar 2.3617 mm²/s dan terendah pada sampel P30 sebesar 2.0552 mm²/s.



Gambar 4. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Viscositas.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai *viscositas* yang mengalami penurunan secara drastis pada sampel P10 sebesar 2.0819 mm²/s dengan campuran konsentrasi metanol sebesar 10% dan diikuti penurunan terkecil hingga 2.0552 mm²/s pada sampel P30 dengan campuran konsentrasi 30%.

Metanol memiliki *viscositas* yang lebih rendah di bandingkan dengan hidrokarbon dalam bahan bakar minyak atau *biogasoline* berbasis limbah plastik. Pada saat methanol di tambahkan ke campuran, maka akan mengurangi *viscositas* total dari campuran secara proporsional karena dominasi sifat *viscositasnya* yang rendah [18]. Penambahan methanol juga dapat

memudahkan aliran bahan bakar karena ukuran molekulnya yang kecil tidak memerlukan banyak energi untuk berpindah atau mengalir di bandingkan dengan molekul hidrokarbon yang lebih besar dan kompleks [19].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi metanol yang lebih tinggi, efek penurunan *viscositas* ini sangat nyata, yang berguna untuk memperbaiki kualitas aliran bahan bakar di mesin kecepatan tinggi, dimana *viscositas* rendah dapat membantu pengabutan dan penyebaran bahan bakar yang lebih baik di ruang bakar [20].

3.5. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Kalor (LHV)

Dari hasil pengujian nilai kalor (LHV) dengan menggunakan metode ASTM 4809-6 dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Nilai Kalor (LHV)

Sampel	Nilai Kalor (LHV)
P0	46551
PM5	51727.5
PM10	52582.5
PM20	53865
PM30	53437.5

Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi methanol terhadap minyak *biogasoline* limbah plastik, nilai kalornya akan semakin tinggi pula. Hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai pada sampel P0 (100% minyak pirolisis) memiliki nilai kalor paling rendah senilai 46551 j/g dan pada sampel PM20 memiliki nilai kalor paling tinggi senilai 53865 j/g terhadap *biogasoline* limbah plastik. Dalam hal ini, semakin tinggi nilai kalor maka semakin tinggi juga panas yang dihasilkan dan semakin lama pembakarannya



Gambar 5. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Kalor

Pada Gambar 5 terlihat bahwa pada sampel PM5, PM10 dan PM20 mengalami peningkatan nilai kalor sebesar 51727.5 j/g, 52582.5 j/gr dan 53865 j/gr. Efek pencampuran metanol terhadap *biogasoline* berbahan limbah plastik yaitu pada konsentrasi rendah hingga menengah, dapat memperbaiki karakteristik pembakaran dan meningkatkan kalor efektif bahan bakar secara keseluruhan. Dimana metanol memiliki sifat oksigenasi, yang artinya mengandung oksigen dalam molekulnya. Oksigen dalam metanol dapat

membantu pembakaran hidrokarbon, meningkatkan efisiensi dan memaksimalkan pelepasan energi pada konsentrasi metanol rendah hingga menengah. Oleh karena itu, pada sampel PM5, PM10, dan PM20, nilai kalor meningkat meskipun kandungan energi intrinsik lebih rendah.

3.6. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai Titik Nyala (Flash Point)

Dari hasil pengujian nilai Titik Nyala (*Flash Point*) dengan menggunakan metode ASTM D 93 dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Nilai Titik Nyala (*Flash Point*)

Sampel	Nilai <i>Flash Point</i> (°C)
P0	26.5
PM5	27.3
PM10	28
PM20	28.5
PM30	29.4

Berdasarkan Tabel 8, nilai flash point tertinggi terdapat pada sampel P30, yaitu sebesar 29,40°C, dengan campuran metanol sebanyak 30%. Sebaliknya, nilai flash point terendah tercatat pada sampel P0, yaitu sebesar 26,50°C, tanpa campuran metanol. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio metanol dalam campuran berpengaruh terhadap kenaikan nilai flash point.



Gambar 6. Perbandingan Variasi Konsentrasi Metanol Terhadap Nilai *Flash Point*.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa terjadinya peningkatan nilai *flash point* pada setiap campuran konsentrasi methanol. Semakin tinggi diberikan campuran konsentrasi metanol maka semakin tinggi pula nilai *flash point* yang dihasilkan.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan secara eksperimental pada campuran variasi konsentrasi methanol terhadap bahan bakar *biogasoline* limbah plastik, maka dibiopati ditarik kesimpulan bahwa :

1. Produksi *biogasoline* dari limbah plastik. pirolisis limbah plastik menghasilkan minyak plastik dengan rendemen sebesar 68,67%, yang kemudian melalui proses refinery dapat diolah menjadi *biogasoline* dengan hasil mencapai 76% dari minyak plastik tersebut.
2. Pengaruh konsentrasi metanol terhadap sifat bahan bakar , penambahan metanol hingga

konsentrasi 10% meningkatkan nilai Research Octane Number (RON) hingga 83,3. Namun, penambahan metanol di atas 10% cenderung menurunkan nilai RON. Selain itu, penambahan metanol secara umum menurunkan nilai densitas dan viskositas bahan bakar, tetapi pada konsentrasi 30%, densitas mulai meningkat kembali.

Nilai kalor dan peran metanol, nilai kalor metanol relatif lebih rendah (19,7 MJ/kg) dibandingkan hidrokarbon dalam *biogasoline* (40–46 MJ/kg). Pada konsentrasi metanol rendah hingga menengah (5–20%), metanol berfungsi sebagai aditif pembakaran yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran tanpa secara signifikan mengurangi nilai kalor total bahan bakar.

Saran untuk penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi variasi konsentrasi methanol yang lebih tinggi dan rendah pada *biogasoline* untuk memahami dampaknya terhadap efisiensi mesin dan emisi gas buang, serta pengaruh panjang terhadap performa motor bakar.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas dukungan finansial yang diberikan melalui Skema Penelitian Dosen Pemula. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Darma Agung atas bantuan teknis dan diskusi yang bermanfaat selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan tim peneliti dan mahasiswa dari Universitas Darma Agung atas kontribusi mereka dalam pengumpulan data dan analisis laboratorium.

Daftar Rujukan

- [1] Maito, G. *et al.*, 2022. Plastic Waste Recycling, Applications, and Future Prospects for a Sustainable Environment. *Sustainability*, 14 (18), pp.11637
- [2] Ge, S. *et al.*, 2022. Blending and emission characteristics of biogasoline produced using CaO/SBA-15 catalyst by cracking used cooking oil. *Fuel*, 307 (41), pp. 121861.
- [3] Lin, Y. Lou, Y. J. Luo, Li, W., 2021. Heat transfer, pressure drop and flow patterns of flow boiling on heterogeneous wetting surface in a vertical narrow microchannel. *Int. J. Heat Mass Transf.* 172, pp.121158.
- [4] Shen, M., *et al.*, 2020. (Micro)plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. *J. Clean. Prod.* 254 pp.120138.
- [5] Pugazhendhi, A., Alagumalai, A., Mathimani, T., and A. E. Atabani, A.E., 2020. Optimization, kinetic and thermodynamic studies on sustainable biodiesel production from waste cooking oil: An Indian perspective. *Fuel*, 273 (1), pp.117725.
- [6] Wang, W., Lu, Y., Xu, K., Wu, Z., J. Duan, J., 2021. Experimental and simulated study on fluidization characteristics of particle shrinkage in a multi-chamber fluidized bed for biomass fast pyrolysis. *Fuel Process. Technol.* 216 pp.106799.
- [7] Kale, A.V., and Krishnasamy, A., 2023. Experimental study on combustion, performance, and emission characteristics of a homogeneous charge compression ignition engine fuelled with multiple biofuel-gasoline blends. *Energy*, 288 (8), pp.129621.
- [8] Cao, C.Q., Kuang, B., Zhao, Y., J. Deng, Ding, S.H., and Wu, D., 2022. A relatively wide-ranged correlation of saturated flow boiling heat transfer within narrow rectangular channel for water. *Appl. Therm. Eng.* 210 (6), pp.118345.
- [9] M. Arjuansyah, M., Aditya Saputra, M., Ridwan, K., and Zikri, A., 2021. Pengaruh Jumlah Katalis Alumina Silika Pada Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Limbah Plastik Hdpe Dan Ldpe Influence of the Amount of Alumina Silica Catalyst on the Process of Making Liquid Fuel Plastic Hdpe and Ldpe. *J. Kinet.* 12 (3), pp.6–12.
- [10] Li, Y., Gong, J., Deng, Y., Yuan, Y., Fu, J., and B. Zhang., 2017. Experimental comparative study on combustion, performance and emissions characteristics of methanol, ethanol and butanol in a spark ignition engine. *Appl. Therm. Eng.* 115 (3), pp.53–63.
- [11] Ben Bacha, A., Alonazi, M., Alharbi, M.G., Horchani, H., and Ben Abdelmalek, I., 2022. Biodiesel Production by Single and Mixed Immobilized Lipases Using Waste Cooking Oil. *Molecules*, 27 (24), pp.1–14.
- [12] Liu, S., Hongsong, L., Rui, Y., Jie, L., and Ying, W., 2008. Effects of Methanol/Gasoline Blends on a Spark Ignition Engine Performance and Emissions. *Energy Fuels - ENERGFUEL*, 22 (3), pp.1254-1259
- [13] Eyidogan, M., Ozsezen, A., Canakci, M., and Türkcan, A., 2010. Impact of alcohol-gasoline fuel blends on the performance and combustion characteristics of an SI engine. *Fuel*, 89 (1), pp.2713–2720.
- [14] Ghodke, P.K., 2021. High-quality hydrocarbon fuel production from municipal mixed plastic waste using a locally available low-cost catalyst. *Fuel Commun.* 8 (5), pp.100022.
- [15] Mohammed, A., Abdullah, M., and Faik, A., 2019. The Impact of Methanol Addition to the Biodiesel-Diesel Blends on the Performance and Exhaust Emissions of the CI Engines. *J. Phys. Conf. Ser.* 1279 (7), pp.12056.
- [16] Bharath, B.K., and Arul Mozhi Selvan, V., 2021. Influence of higher alcohol additives in methanol-gasoline blends on the performance and emissions of an unmodified automotive SI engine: A Review,” *Arab. J. Sci. Eng.* 46 (8), pp.7057–7085.
- [17] Lapuerta, M., García-Contreras, R., Campos-Fernández, J., and Dorado, M., 2010. Stability, Lubricity, Viscosity, and Cold-Flow Properties of Alcohol-Diesel Blends. *Energy Fuels - ENERGFUEL*, 24 (7), pp.4497-4502.
- [18] Demirbaş, A., 2009. Combustion Efficiency Impacts of Biofuels. *Energy Sources Part A-recovery Util. Environ. Eff.*, 31 (3) pp.602–609.
- [19] Y. Zhang, Y., Y. Zhong, Y., S. Lu, S., Z. Zhang, Z., and D. Tan, D., 2022. A Comprehensive Review of the Properties, Performance, Combustion, and Emissions of the Diesel Engine Fueled with Different Generations of Biodiesel. *Processes*, 10 (6), pp.1178.
- [20] Govindasamy, M., Ramalingam, S., Dhairiyasamy, R., and Rajendran, S., “Investigation on thermal and storage stability of the Calophyllum inophyllum ester with natural leaf extract as antioxidant additive. *Energy*, 253 (4), pp.124117.