

## Karakteristik Penyalaan Droplet Minyak Kelapa Dengan Campuran Biokatalis Karbon Aktif Kulit Pinang

Akbar Vicky V. Walintukan<sup>1\*</sup>, Helen Riupassa<sup>2</sup>, Hendry Y. Nanlohy<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sains Dan Teknologi Jayapura, 99351, Indonesia

\*Email: akbarvicky1505@gmail.com

### ABSTRACT

*This study aims to reveal the combustion characteristics of coconut oil as an alternative fuel by adding active bio-carbon catalysts from areca nut skin. 1-3 ppm catalysts reduce viscosity, so the fuel quickly absorbs heat and ignites. This study uses the wvw droplet ignition method to increase the contact area between air and fuel so that the reactivity of fuel molecules increases. The results showed that adding areca nut skin-activated carbon catalysts improved fuel performance, whereas coconut oil fuel can absorb heat and release energy quickly. This was clarified from the results of the TGA test, where when compared with a mixture of 1 to 3 ppm, it was seen that the mix of coconut oil with a two ppm catalyst was the most effective because it had a high temperature with a stable heat flow. These results indicate that activated carbon from areca nut skin has excellent potential to be used as a biocatalyst for environmentally friendly and economical vegetable oil.*

**Keywords:** Droplet Ignition, Catalyst, Active Biocarbon, Coconut Oil, Areca Nut Shell

### PENDAHULUAN

Bahan bakar yang berasal dari minyak bumi atau *fossil fuel* tidak dapat diperbaharui dan akan habis jika digunakan terus menerus [1]. Ketergantungan terhadap *fossil fuel* dapat dikurangi dengan cara memanfaatkan bahan bakar alternatif dari minyak nabati, yang berpotensi besar untuk terus dikembangkan [2]. Beberapa peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian terkait pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan bakar alternatif, antara lain minyak kelapa sawit [3], minyak jarak [4], dan minyak kelapa [5]. Salah satu hasil penelitian yang mereka temukan adalah minyak nabati tidak bisa langsung diaplikasikan di mesin karena viskositasnya yang tinggi [4]. Dalam penelitian ini, pemilihan minyak kelapa murni tanpa proses transesterifikasi didasarkan pada ketersediaannya yang mudah diperoleh [6], [7], [8]. Namun, reaksi pembakaran minyak kelapa mentah cukup rumit karena memiliki kandungan asam lemak jenuh sekitar 90% [9], [10]. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut, maka menambahkan katalis karbon aktif dapat menjadi salah satu upaya untuk menurunkan viskositas dan meningkatkan kinerjanya. Solusi ini sangat beralasan karena katalis karbon aktif adalah material yang tersusun oleh atom karbon dengan struktur amorf dan luas permukaan internal yang besar dengan tingkat porositas yang tinggi [11]. Struktur morfologi seperti ini berpotensi besar untuk menyerap minyak nabati sehingga secara mikro, katalis karbon aktif juga dapat berperan sebagai tempat penyimpanan bahan bakar. Selain itu katalis karbon aktif juga memiliki kinerja tinggi sebagai konduktivitas listrik, stabilitas termal yang baik, serta reaktivitas permukaan sehingga sangat bermanfaat sebagai penghantar panas [12]. Di lain pihak, penelitian sebelumnya terkait pemanfaatan penambahan katalis terhadap pembakaran minyak nabati telah dipelajari secara eksperimental pada suhu ruang [13], [14], dan hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis meningkatkan laju pembakaran droplet [15] karena molekul-molekulnya dapat menyerap energi panas dari hasil pemanasan bahan bakar [16]. Penambahan katalis karbon aktif dalam penelitian ini diharapkan mampu mengurangi nilai titik nyala bahan bakar dan menurunkan viskositas minyak kelapa yang tinggi.

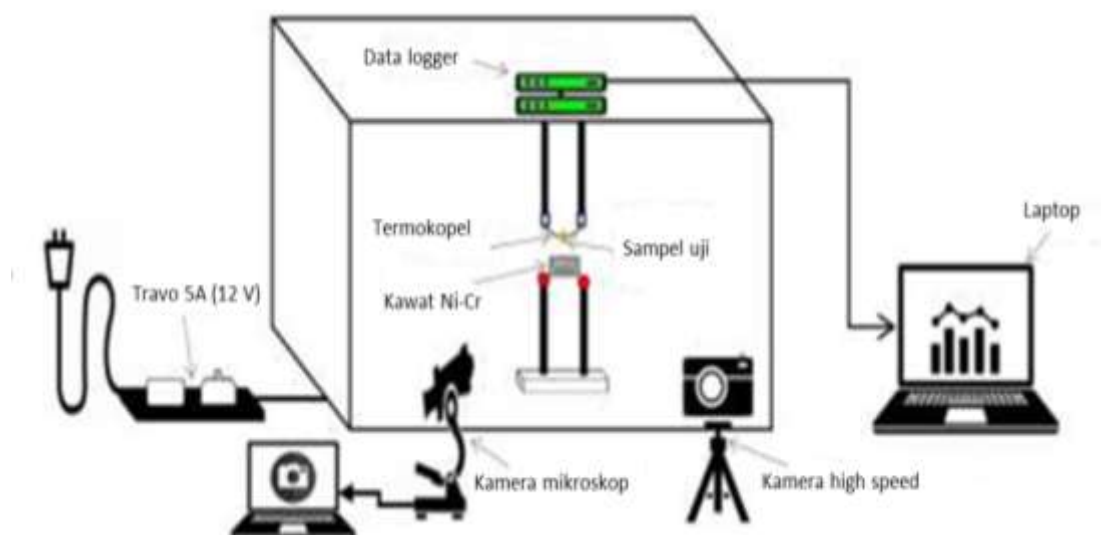
Selain itu juga terdapat penelitian tentang karakteristik penambahan katalis limbah sagu terhadap pembakaran droplet minyak kelapa mentah [17], di mana hasilnya menunjukkan bahwa penambahan katalis karbon aktif berbahan alam berhasil membuat molekul-molekul bahan bakar mampu menyerap panas dan melepaskan energi dengan cepat. Hal ini terbukti melalui laju kehilangan massa yang terjadi dengan cepat, disertai dengan peningkatan laju penyalaan bahan bakar [18]. Oleh karena itu, dari deskripsi di atas terlihat bahwa minyak kelapa merupakan salah satu minyak nabati yang memiliki potensi sebagai bahan alternatif, namun karena viskositasnya yang tinggi, maka perlu adanya rekayasa bahan bakar melalui penambahan katalis karbon aktif dari

limbah kulit pinang untuk meningkatkan kinerja bahan bakar. Penelitian ini menjadi sangat penting dilakukan sehingga potensi kulit pinang sebagai biokatalis terhadap kinerja minyak kelapa sebagai bahan bakar alternatif dapat terungkap dan dapat diaplikasikan dengan baik dan maksimal.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang difokuskan pada observasi dan eksplorasi karakteristik penyalaan bahan bakar melalui fenomena nyala api difusi. Desain eksperimen dapat dilihat pada gambar 1 dan pemilihan metode penyalaan droplet tunggal dikarenakan pengerjaannya yang sederhana dan ekonomis.

Penelitian ini diawali dengan menyiapkan dan mengatur kondisi peralatan sesuai dengan gambar 1. Bahan baku yang digunakan adalah campuran minyak kelapa dan karbon aktif dari kulit pinang sebagai katalisator (gambar 2) dengan konsentrasi 1-3 ppm, selanjutnya sampel uji diletakan pada persimpangan termokopel menggunakan suntikan 1 cc. Kemudian kamera, data logger dan koil pemanas dihidupkan secara bersamaan, dan semua proses pengujiannya didokumentasikan yang dimulai dari fase pemanasan hingga dropletnya menyala. Percobaan ini diulang sebanyak 5 kali untuk memastikan konsistensi hasil untuk memastikan pengumpulan data yang akurat.



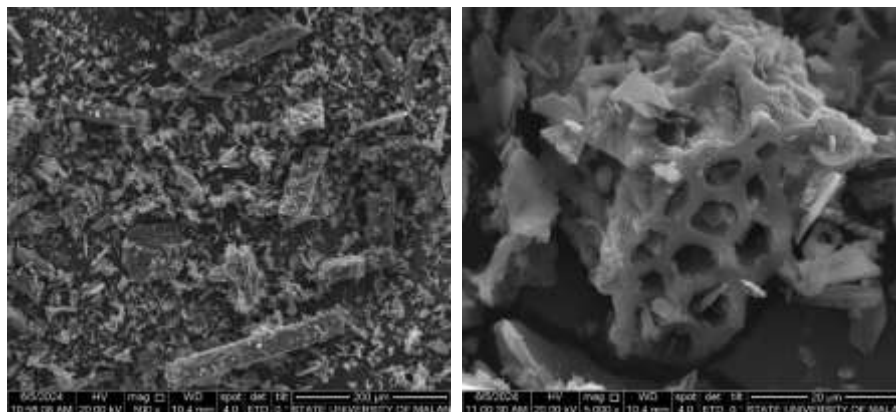
Gambar 1. Skema alat penelitian



Gambar 2. Sampel minyak kelapa (kiri) dan karbon aktif kulit pinang (kanan)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan struktur morfologi biokarbon aktif kulit pinang yang berpori dan memiliki celah kosong. Di sisi lain, tabel 1 menunjukkan asam lemak minyak kelapa mentah yang tersusun atas rantai karbon dengan panjang, struktur geometri, dan jumlah massa yang berbeda[5].



Gambar 3. Uji SEM morfologi 500x (kiri) dan 5000x (kanan)

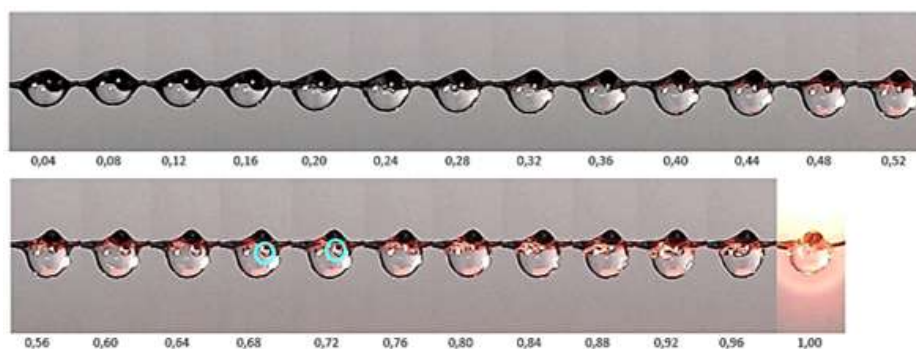
Tabel 1. Komposisi asam lemak pada minyak kelapa [5],[19]

Komposisi Asam Lemak	Rumus	Komposisi (%)
Caproic	$C_6H_{12}O_2$	0.6
Caprylic	$C_8H_{16}O_2$	8.45
Capric	$C_{10}H_{20}O_2$	6.1
Lauric	$C_{12}H_{24}O_2$	31.43
Myristic	$C_{14}H_{28}O_2$	18.45
Palmitic	$C_{16}H_{32}O_2$	8.4
Stearic	$C_{18}H_{36}O_2$	1.65
Oleic	$C_{18}H_{34}O_2$	5.7
Linoleic	$C_{18}H_{32}O_2$	1.4
Linolenic	$C_{18}H_{30}O_2$	0.05

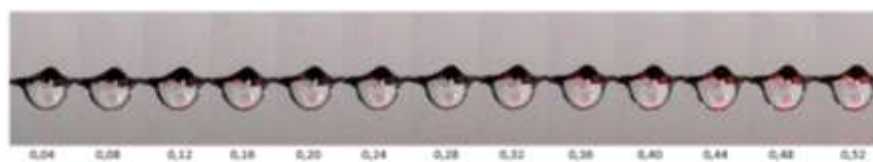
Ruang kosong dalam struktur biokarbon aktif pada gambar 3 berfungsi sebagai perangkap bagi molekul-molekul minyak kelapa mentah, memungkinkan terjadinya penyerapan dan pengikatan yang lebih efisien. Hal ini dimungkinkan oleh adanya reaktivitas senyawa asam lemak rantai pendek yang terkandung dalam minyak kelapa mentah, yang mendukung terjadinya interaksi antar molekul melalui mekanisme fisik dan kimia. Interaksi ini tidak hanya memengaruhi proses penyerapan, tetapi juga berdampak signifikan terhadap sifat fisikokimia minyak, terutama selama pemanasan. Saat suhu meningkat, viskositas dan densitas minyak cenderung menurun karena molekul-molekul mengalami pemuaiian termal. Penurunan viskositas memudahkan aliran minyak, sedangkan penurunan densitas disebabkan oleh pengurangan jarak antar molekul, yang pada akhirnya memengaruhi perilaku massa minyak kelapa mentah selama pemrosesan atau aplikasi termal lainnya.

Tabel 2. Hasil uji propertis

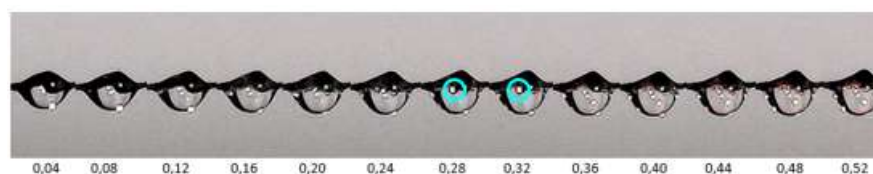
Propertis	1 ppm	2 ppm	3 ppm
Flash Point PM cc, °C ASTM D 97	251	251	244,5
Density 15 °C gr/ml ASTM D 1298	0,9181	0,9281	0,9283
Kinematic Viscosity 40 °C, cSt ASTM D445	27,37	27,40	27,46
Nilai Kalor Kcl/kg	9.151	8.983	8.959



Gambar 4. Proses penyalan droplet dengan campuran karbon aktif 1 ppm



Gambar 5. Proses penyalaaan droplet dengan campuran karbon aktif 2 ppm



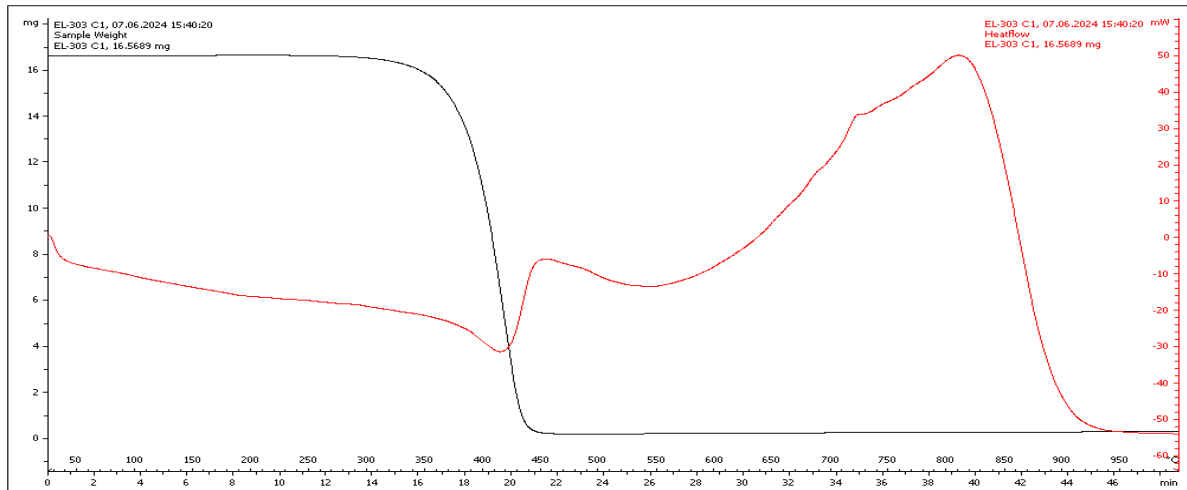
Gambar 6. Proses penyalaaan droplet dengan campuran karbon aktif 3 ppm

Gambar 4 hingga 6 menunjukkan bahwa selama droplet berada pada tahap pemanasan hingga menyala, terjadi proses penguapan internal pada bahan bakar dengan berbagai variasi campuran karbon aktif kulit pinang. Hal ini ditandai dengan kemunculan gelembung-gelembung (yang dilingkari pada gambar) yang terperangkap dalam droplet selama pemanasan. Gelembung ini menandakan bahwa bahan bakar mulai menguap dari dalam, yang kemudian berkontribusi pada peningkatan tekanan internal hingga akhirnya droplet menyala.

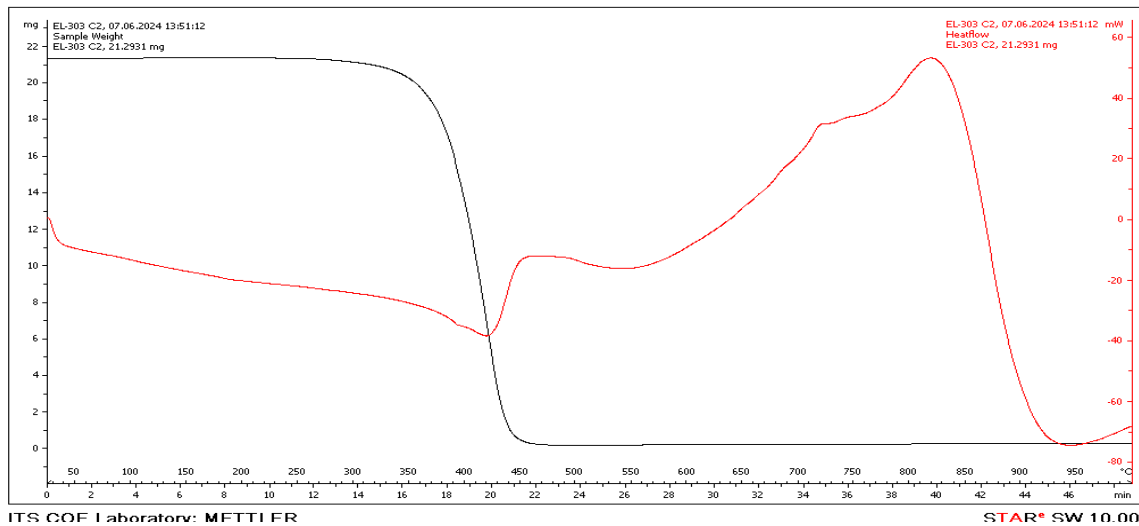
Pada variasi campuran karbon aktif 1 ppm dan 3 ppm, nyala api muncul pada detik yang sama, yakni 1,00 detik. Hal ini disebabkan oleh ukuran droplet yang lebih besar akibat jumlah karbon aktif yang terlalu sedikit (1 ppm) atau terlalu banyak (3 ppm), sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai titik penguapan dan pembakaran. Sebaliknya, variasi campuran 2 ppm menunjukkan waktu penyalaaan yang lebih singkat, di mana droplet bahan bakar memiliki diameter lebih kecil, memungkinkan penguapan yang lebih cepat dan efisiensi pembakaran yang lebih baik.

Selain itu, campuran yang tepat, seperti pada konsentrasi 2 ppm, tidak hanya mempercepat penguapan dan pembakaran, tetapi juga dapat meningkatkan stabilitas pembakaran. Stabilitas ini penting karena dapat mengurangi kemungkinan terjadinya pengendapan karbon atau pembentukan kerak yang bisa mengganggu performa pembakaran. Campuran karbon aktif yang optimal, seperti pada konsentrasi 2 ppm, juga terbukti efektif dalam menurunkan viskositas bahan bakar dan mempercepat dekomposisi molekul rantai karbon, yang menghasilkan massa molekul yang lebih kecil dan lebih mudah terbakar.

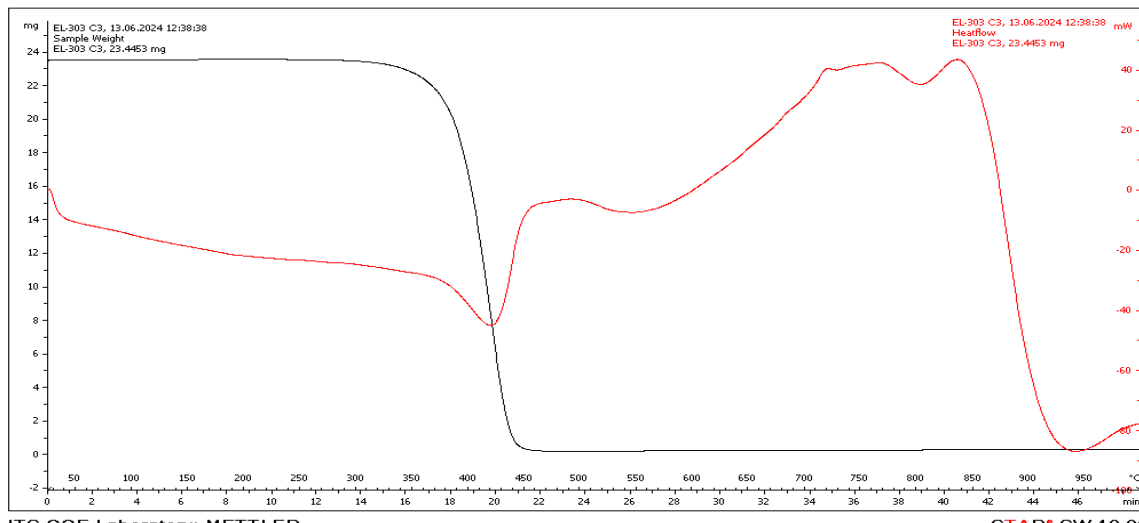
Secara keseluruhan, ketiga variasi campuran karbon aktif dari kulit pinang menunjukkan bahwa karbon aktif berperan signifikan dalam memodifikasi sifat fisikokimia bahan bakar, mengurangi viskositas, dan mempercepat laju penguapan. Ini menunjukkan potensi karbon aktif sebagai aditif yang efektif untuk meningkatkan efisiensi pembakaran bahan bakar cair berbasis minyak, khususnya dalam aplikasi bahan bakar alternatif atau biodiesel [4].



Gambar 7. Hasil uji TGA variasi campuran karbon aktif 1 ppm



Gambar 8. Hasil uji TGA variasi campuran karbon aktif 2 ppm



Gambar 9. Hasil uji TGA variasi campuran karbon aktif 3 ppm

Gambar 7-9 menunjukkan hasil uji termogravimetri (TGA) untuk variasi campuran biokarbon aktif pada konsentrasi 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm, dengan berat awal sampel masing-masing 16,5689 mg; 21,2931 mg; dan 23,4453 mg. Hasil uji TGA ini memberikan gambaran rinci

mengenai kehilangan massa bahan bakar seiring waktu yang disebabkan oleh penguapan, yang berkorelasi langsung dengan peningkatan temperatur selama proses pembakaran. Penurunan massa bahan bakar yang teramati diakibatkan oleh variasi suhu yang mempengaruhi laju perpindahan massa, di mana semakin tinggi suhu, semakin cepat penguapan terjadi.

Uji TGA ini dilakukan mulai dari suhu sekitar hingga mencapai 930°C. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa perbedaan nilai dan aliran panas (*heat flow*) dari setiap sampel menunjukkan variasi dalam kemampuan bahan bakar untuk menguap dan kehilangan massa. Campuran karbon aktif dengan konsentrasi 2 ppm menunjukkan aliran panas yang paling dinamis dan stabil, dengan sedikit fluktuasi dibandingkan dengan campuran 1 ppm dan 3 ppm. *Heat flow* yang lebih stabil ini menunjukkan bahwa campuran 2 ppm memiliki performa termal yang lebih optimal dalam menyerap dan melepaskan energi panas selama proses pembakaran, sehingga meningkatkan efisiensi penguapan bahan bakar.

Sebagai katalis, karbon aktif pada ketiga variasi tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi pembakaran dengan memfasilitasi proses pemutusan ikatan atom dalam molekul bahan bakar. Ketika ikatan ini terputus, molekul bahan bakar bereaksi dengan oksigen di udara, membentuk produk pembakaran seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O). Reaksi eksotermik ini menghasilkan lebih banyak energi daripada yang dibutuhkan untuk memutus ikatan, sehingga energi panas tambahan yang dihasilkan mampu mempercepat laju penguapan dan meningkatkan kinerja bahan bakar.

Selain itu, energi yang dihasilkan dari pemutusan ikatan atom menyebabkan atom-atom dalam molekul bahan bakar tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Proses eksitasi ini meningkatkan energi vibrasi dan energi putar elektron, yang selanjutnya meningkatkan interaksi antar molekul. Peningkatan interaksi ini memungkinkan terjadinya reaksi yang lebih cepat dan efisien, karena molekul-molekul bahan bakar lebih mudah bereaksi dengan oksigen selama proses pembakaran. Dengan demikian, hal ini tidak hanya mempercepat laju reaksi tetapi juga menghasilkan energi panas yang lebih besar, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi pembakaran secara keseluruhan.

Penggunaan karbon aktif sebagai katalis berperan penting dalam mengoptimalkan proses ini. Selain mempengaruhi proses penguapan bahan bakar dengan menurunkan viskositasnya, karbon aktif juga meningkatkan performa termal dan kinetika reaksi bahan bakar. Karbon aktif berfungsi untuk mempercepat pemutusan ikatan molekul bahan bakar dan penyerapan energi panas, yang memungkinkan terjadinya pembakaran yang lebih efektif dan efisien. Analisis inipun sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya [20] yang juga menggunakan bahan bakar minyak kelapa dengan katalis karbon aktif kulit pinang. Di mana hasilnya semakin memperkuat temuan kami bahwa penambahan karbon aktif kulit pinang secara signifikan meningkatkan kinerja pembakaran bahan bakar. Peningkatan ini diawali dengan perubahan sifat fisikokimia bahan bakar, terutama penurunan viskositas dan titik nyala (*flash point*). Penurunan viskositas memudahkan aliran bahan bakar dan mempercepat penguapan, sementara penurunan flash point menandakan bahwa bahan bakar lebih mudah mencapai suhu penyalaan, yang berkontribusi pada pembakaran yang lebih cepat dan lebih efisien. Secara keseluruhan, temuan ini menguatkan bahwa karbon aktif kulit pinang sebagai katalis tidak hanya meningkatkan efisiensi energi pembakaran tetapi juga memperbaiki karakteristik bahan bakar, sehingga memberikan dampak positif terhadap kinerja termal dan lingkungan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan temuan pada penelitian penyalaan droplet campuran minyak kelapa dengan katalis kulit pinang, maka dapat disimpulkan bahwa minyak kelapa, yang merupakan jenis minyak jenuh dan kaku, dapat dibuat lebih efisien dan efektif dengan menambahkan katalis karbon aktif dari kulit pinang. Kombinasi ini terbukti meningkatkan masa pembakaran bahan bakar secara signifikan, hal ini dapat dibuktikan dari hasil uji propertis yang menunjukkan bahwa viskositas dan densitasnya menurun. Penelitian ini menunjukkan bahwa menambahkan karbon aktif kulit pinang dapat menjadi pilihan yang tepat untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar secara keseluruhan. Selain itu, karbon aktif yang berasal dari sumber alami yakni kulit pinang berpotensi mengurangi dampak emisi pembakaran terhadap lingkungan, sehingga menjadikannya pilihan yang menarik bagi

individu dan industri yang sadar lingkungan. Selain itu, temuan penting dari penelitian ini menyoroti potensi dari karbon aktif kulit pinang sebagai solusi berkelanjutan dan ramah lingkungan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar.

### SARAN

Penelitian tambahan diperlukan untuk memahami sepenuhnya serta memberikan informasi ilmiah secara rinci mengenai dampak penggunaan minyak kelapa dan karbon aktif kulit pinang. Secara khusus, fokus pada dampak penggunaan minyak kelapa murni ini terhadap emisi gas rumah kaca, termasuk jumlah dan jenis gas yang dikeluarkan, serta potensi dampak lingkungan jangka panjang dari penggunaannya. Dengan memperoleh informasi ini akan memberikan wawasan berharga mengenai keberlanjutan penggunaan minyak kelapa sebagai sumber energi alternatif dan dapat membantu menginformasikan kebijakan dan praktik masa depan terkait energi terbarukan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Kayode and A. Hart, "An overview of transesterification methods for producing biodiesel from waste vegetable oils," *Biofuels*, vol. 10, no. 3, pp. 419–437, May 2019, doi: 10.1080/17597269.2017.1306683.
- [2] M. Jazuli and A. A. Wibowo, "Biodiesel sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses dan Teknologi Terkini," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, pp. 445–450, 2020, doi: 10.33795/distilat.v6i2.154%20.
- [3] E. Marlina, M. Basjir, M. Ichyanagi, T. Suzuki, G. J. Gotama, and W. Anggono, "The Role of Eucalyptus Oil in Crude Palm Oil As Biodiesel Fuel," *AutoExp*, vol. 3, no. 1, pp. 33–38, Apr. 2020, doi: 10.31603/ae.v3i1.3257.
- [4] H. Y. Nanlohy, I. N. G. Wardana, N. Hamidi, and L. Yuliati, "Combustion characteristics of crude jatropha oil droplets using rhodium liquid as a homogeneous combustion catalyst," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 299, p. 012090, Jan. 2018, doi: 10.1088/1757-899X/299/1/012090.
- [5] H. Y. Nanlohy, I. N. G. Wardana, N. Hamidi, L. Yuliati, and T. Ueda, "The effect of Rh<sup>3+</sup> catalyst on the combustion characteristics of crude vegetable oil droplets," *Fuel*, vol. 220, pp. 220–232, May 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2018.02.001.
- [6] H. Y. Nanlohy *et al.*, "Performance and Emissions Analysis of BE85-Gasoline Blends on Spark Ignition Engine," *AE*, vol. 5, no. 1, pp. 40–48, Nov. 2021, doi: 10.31603/ae.6116.
- [7] F. Fairuddin, H. Riupassa, and H. Y. Nanlohy, "Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Bahan Bakar Minyak Kelapa Murni Dengan Bioaditif Minyak Cengkeh," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 7, no. 1, 2024, doi: 10.30596/rmme.v7i1.17499.
- [8] R. S. Timang, H. Riupassa, and H. Y. Nanlohy, "Study Eksperimental Karakteristik Penyalaan Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Alternatif Dengan Penambahan Bioaditif Minyak Kayu Putih," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. 7, no. 2, pp. 184–191, 2024, doi: 10.30596/rmme.v7i2.18251.
- [9] S. Marianingsih, F. Mar'i, and H. Y. Nanlohy, "Artificial Neural Network-Based Modeling of Performance Spark Ignition Engine Fuelled with Bioethanol and Gasoline," *JMEST*, vol. 7, no. 2, p. 190, Nov. 2023, doi: 10.17977/um016v7i22023p190.
- [10] E. K. Seow, A. M. C. Muhamed, O. Cheong-Hwa, and T. C. Tan, "Composition and physicochemical properties of fresh and freeze-concentrated coconut (*Cocos nucifera*) water," *Journal Of Agrobiotechnology*, vol. 8, no. 1, pp. 13–24, 2017.
- [11] E. Marlina, M. Basjir, and R. D. Purwati, "The Response of Adding Nanocarbon to the Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets," *AE*, vol. 5, no. 1, pp. 68–74, Dec. 2021, doi: 10.31603/ae.4954.
- [12] M. A. Yahya *et al.*, "A brief review on activated carbon derived from agriculture by-product," presented at the Recent Advancement On Applied Physics, Industrial Chemistry And Chemical Technology: Proceedings of the International Conference on Recent Advancements in Science and Technology 2017 (ICoRAST2017), Melaka, Malaysia, 2018, p. 030023. doi: 10.1063/1.5041244.

- [13] H. Y. Nanlohy, “Comparative Studies on Combustion Characteristics of Blended Crude Jatropha Oil with Magnetic Liquid Catalyst and DEX under Normal Gravity Condition,” *JMEST*, vol. 5, no. 2, p. 79, Nov. 2021, doi: 10.17977/um016v5i22021p079.
- [14] M. S. Gad *et al.*, “A comprehensive review on the usage of the nano-sized particles along with diesel/biofuel blends and their impacts on engine behaviors,” *Fuel*, vol. 339, p. 127364, May 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2022.127364.
- [15] M. Plank, G. Wachtmeister, K. Thuncke, E. Remmele, and P. Emberger, “Effect of fatty acid composition on ignition behavior of straight vegetable oils measured in a constant volume combustion chamber apparatus,” *Fuel*, vol. 207, pp. 293–301, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.06.089.
- [16] Y. Feng *et al.*, “The mechanism of ethanol blending on the variation of chemical heat sink in n-decane thermal cracking process,” *Fuel*, vol. 353, p. 129204, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.fuel.2023.129204.
- [17] H. Y. Nanlohy, H. Riupassa, and M. Setiyo, “Characterizing of Nano Activated Bio-Carbon of Sago Waste as a Homogeneous Combustion Catalyst,” *AE*, vol. 7, no. 1, pp. 77–85, Apr. 2024, doi: 10.31603/ae.10619.
- [18] S. Boro, B. Das, S. Brahma, B. Basumatary, S. F. Basumatary, and S. Basumatary, “Biodiesel production using areca nut (*Areca catechu* L.) leaf ash-K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> catalyst via transesterification from an oil blend of three different feedstocks,” *Sustainable Chemistry for the Environment*, vol. 8, p. 100164, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.scenv.2024.100164.
- [19] H. Riupassa, S. Suyatno, and H. Y. Nanlohy, “Identifying the effect of aromatic compounds on the combustion characteristics of crude coconut oil droplet,” *EEJET*, vol. 2, no. 6 (122), pp. 6–14, Apr. 2023, doi: 10.15587/1729-4061.2023.272289.
- [20] M. A. Raehan, H. Riupassa, and H. Y. Nanlohy, “Captivating Combustion Traits of Bio-Oil Droplets Enriched with Bio-Additives from the Areca Shell Waste,” vol. 8, no. 2, 2024, doi: 10.17977/um016v8i22024p384.