



**PENGARUH PENAMBAHAN *GRAPHENE* NANOKARBON
pada MINYAK HASIL PIROLISIS LDPE terhadap
KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *SINGLE DROPLET***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar strata satu (S-1)

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang



Disusun Oleh:

MURSIT SIYAMUDIN

NPM. 219.010.5.2086

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2023



ABSTRAK

Mursit Siyamudin. 2023. Pengaruh Penambahan *Graphene* Nanokarbon Pada Minyak Hasil Pirolisis Ldpe Terhadap Karakteristik Pembakaran *Single Droplet*. Skripsi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing: Dr. Ena Marlinam S.T., M.T. dan Artono Raharjo, S.T., M.T.

Minyak pirolisis merupakan sumber energi alternatif yang telah banyak dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar konvensional, dimana sifat dan karakteristiknya mendekati bahan bakar konvensional. Nanokarbon *graphene* merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar, *graphene* mempunyai sifat konduktivitas thermal yang tinggi sehingga dapat membantu bahan bakar mencapai titik nyala api dengan cepat. Penelitian ini menambahkan nanokarbon *graphene* kedalam minyak pirolisis LDPE (*Low Density Polyethylene*) untuk mengetahui karakteristik pembakaran. Metode yang digunakan yaitu eksperimental nyata dengan menggunakan pembakaran *single droplet*. Penelitian ini menggunakan tiga sampel yaitu LDPE MURNI, LDPE *GRAPHENE* 1 PPM (20 ml minyak + 0,02 mg *graphene*), dan LDPE *GRAPHENE* 5 PPM (20 ml minyak + 0,1 mg *graphene*). Penelitian ini memperoleh hasil temperatur tertinggi pada LDPE *GRAPHENE* 5 PPM sebesar 783,5°C. Nilai *burning rate* terbesar pada LDPE *GRAPHENE* 5 PPM yaitu 3,53 mm²/s dengan waktu pakai *droplet* selama 6,6 s. Api tertinggi pada LDPE *GRAPHENE* 5 PPM dengan nilai 37,06 mm dan api terlebar pada LDPE *GRAPHENE* 5 PPM dengan nilai 15,8 mm. Penelitian membuktikan bahwa penambahan nanokarbon *graphene* dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet* minyak pirolisis LDPE.

Kata Kunci: Minyak pirolisis, *Graphene*, *Droplet*, Nanokarbon, Pembakaran

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar cair pada era industrialisasi memiliki peranan yang penting dalam perkembangan industri dan transportasi. Kenaikan konsumsi daya yang semakin meningkat diperkirakan terkonsentrasi di Amerika Latin, Afrika dan perkotaan Asia, (Hanif, 2018). Seiring dengan pertumbuhan penduduk, penggunaan bahan bakar bahan bakar cair juga semakin meningkat, hal ini menyebabkan persediaan bahan bakar cair di bumi semakin menipis. Selain itu bahan bakar bahan bakar cair fosil yang digunakan menyebabkan polusi yang buruk bagi lingkungan, hal ini sudah dibuktikan dengan penelitian yang membuktikan bahwa terjadi perubahan iklim akibat emisi gas buang, (Amato *et al.*, 2018) Permasalahan yang timbul akibat keterbatasan bahan bakar bahan bakar cair bumi, mengharuskan adanya pembaruan sumber energi bahan bakar yang mampu pakai serta karakteristik yang setara dengan bahan bakar bahan bakar cair bumi.

Salah satu sumber energi alternatif yang marak dikembangkan yaitu bahan bakar cair hasil metode pirolisis (Hassan *et al.*, 2020), cara ini digunakan untuk mendapatkan bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar fosil sekaligus mengurangi sampah plastik. Metode pirolisis adalah suatu proses dekomposisi dari bahan organik maupun non-organik dengan pemanasan sedikit atau tanpa menggunakan oksigen, dimana material yang dipanaskan akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi bentuk gas atau uap dengan menyisakan senyawa karbon sebagai residu yang biasa disebut karbonisasi. Pirolisis merupakan salah satu dari banyak proses atau metode yang digunakan untuk mendaur ulang sampah plastik menjadi bahan bakar cair berbahan plastik (*polymer*) dengan proses *cracking* (perekahan) yang akan memecah rantai *polymer* menjadi senyawa dengan molekul yang memiliki berat lebih rendah, (Nur Ramadhan Abdillah & Marlina, 2022a). Berdasarkan literatur dan kajian eksperimental, bahan bakar cair hasil pirolisis memiliki sifat fisis dan kimia yang hampir serupa dengan bahan bakar cair bumi, hal ini dikarenakan plastik sendiri terbuat dari bahan naptha yang dihasilkan dari penyulingan bahan bakar cair bumi atau gas alam, (Nofendri & Haryanto,

2021). Temperatur pirolisis berpengaruh dalam menentukan jenis BBM, peningkatan temperatur akan meningkatkan jumlah atom karbon produk pirolisis, (Novarini *et al.*, 2021). Bahan bakar cair hasil pirolisis diharapkan dapat menggantikan bahan bakar konvensional yang semakin sulit dan langka. Penelitian sebelumnya mendapatkan hasil bahwa pada sampah plastik LDPE (*Low Density Poly-Ethylene*), viskositas dan titik nyala api hasil pirolisis mendekati sifat-sifat kerosin, sedangkan massa jenisnya mendekati massa jenis gas oil. Titik nyala api juga kecil ($<11^{\circ}\text{C}$) serta tidak mengandung air, kecuali *gas oil*, (Liestiono *et al.*, 2017).

Tabel 1. 1 Perbandingan formula dan *molecular weight* minyak LDPE dan jet-A1 (Alhikami & Wang, 2021; Nur Ramadhan Abdillah & Marlina, 2022)

| Karakteristik | LDPE | Jet-A1 (Aftur) |
|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Formula | $\text{C}_{10,28} \text{H}_{20,9}$ | $\text{C}_{10,89} \text{H}_{20,74}$ |
| <i>Molecular weight</i> (g/mole) | 145,13 | 154,61 |

Karakteristik pada bahan bakar cair LDPE yang mendekati karakteristik bahan bakar konvensional bisa ditingkatkan menjadi lebih baik lagi dengan menambahkan katalis, (Novarini *et al.*, 2021). Nanokarbon merupakan teknologi yang dikembangkan dan banyak digunakan dalam industri elektronik, komputer, biosensor, dan *automobile* dengan bahan utama menggunakan atom karbon yang didapatkan dari arang hasil karbonisasi, (Marlina *et al.*, 2022). Selama ini bahan baku karbon berasal dari grafit yang merupakan bahan mineral tambang alam yang terbentuk jutaan tahun lalu dan bersifat tidak *renewable*. Seiring perkembangan zaman, bahan baku yang bersifat lestari mulai dikembangkan. Lignoselulosa seperti kayu, sisal, abaka, tempurung kelapa, dan bahan lain yang mengandung karbon merupakan bahan pengganti grafit dalam pembuatan nanokarbon, (Sharma *et al.*, 2022). Penggunaan partikel nano perilakunya lebih baik dibanding material ukuran mikro atau makro, efek mekanika kuantum yang mengantar karakteristik fisis dan kimiawi baru dan rasio luas permukaan terhadap volume yang besar dari material partikel nano menjadi penyebab perbedaan kualitatif dan perilaku material pada skala nano, (Siyamuddin *et al.*, 2020). *Graphene* didefinisikan sebagai selembar

atom karbon yang tipis dan terikat secara kovalen dalam susunan struktur kisi heksagonal mirip seperti sarang lebah (Tessonier *et al.*, 2013).

Berdasarkan latar belakang diatas, penambahan nanokarbon *graphene* pada bahan bakar cair hasil pirolisis LDPE dapat memperbaiki struktur senyawa bahan bakar, mempercepat laju penguapan dan memperpendek waktu tunda pengapian, serta bahan bakar memiliki daya ledak mikro yang lebih besar dikarenakan sifat konduktivitas thermal dari nanokarbon yang dapat menghantarkan panas dengan baik. akan tetapi penelitian mengenai penambahan campuran nanokarbon *graphene* pada bahan bakar cair hasil pirolisis LDPE dengan metode *single droplet* belum pernah diteliti, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang “pengaruh penambahan *graphene* nanokarbon pada minyak hasil pirolisis LDPE (*low density polyethylene*) terhadap karakteristik pembakaran *single droplet*”, dikarenakan penggunaan partikel nano memiliki perilaku yang baik dibanding dengan partikel mikro ataupun makro.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pencampuran minyak hasil pirolisis plastik LDPE dengan nanokarbon *graphene* terhadap karakteristik pembakaran *single droplet* yang meliputi temperatur *droplet*, diameter *droplet*, tinggi api, lebar api, dan *burning rate*.

1.3 Batasan Masalah

Pada pembahasan penelitian ini perlu adanya batasan agar pembahasannya lebih terarah serta tidak meluas, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini tidak membahas tentang uji laboratorium pada bahan yang digunakan.
2. Penelitian ini tidak membahas tentang produksi minyak pirolisis dan produksi nanokarbon *graphene*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan nanokarbon *graphene* terhadap karakteristik pembakaran *single droplet* pada bahan bakar cair hasil pirolisis LDPE (*Low Density Polyethylene*).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai referensi pengembangan bahan bakar atau sumber energi terbarukan.
2. Terciptanya bahan bakar pengganti bahan bakar cair bumi (fosil) yang ramah lingkungan sekaligus mengurangi limbah plastik.





University of Islam Malang
REPOSITORY

Hak Cipta Milik UNISMA



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

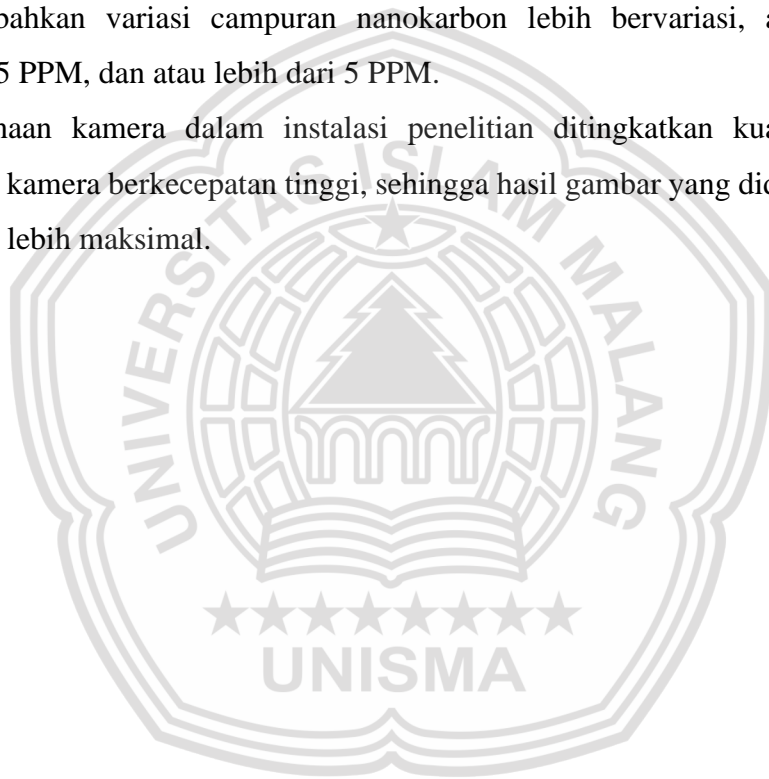
Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Penambahan nanokarbon *graphene* mempengaruhi karakteristik pembakaran *droplet*. Karakteristik yang nampak jelas perbedaannya yaitu tinggi dan lebar nyala api yang mengalami peningkatan seiring penambahan nanokarbon semakin banyak.
2. *Burning rate* atau laju pembakaran yang dihasilkan lebih cepat pada LDPE GRAPHENE 5 PPM dengan kenaikan nilai sebesar 59% dari LDPE MURNI, hal ini dikarenakan campuran nanokarbon lebih banyak pada LDPE GRAPHENE 5 PPM sehingga nilai konduktifitas termal semakin tinggi dan memperbesar nilai laju pembakaran. Nilai *burning rate* yang semakin besar menandakan pembakaran *droplet* semakin bagus.
3. Visualisasi nyala api pada LDPE GRAPHENE 5 PPM dan LDPE GRAPHENE 1 PPM lebih tinggi dan lebar dibandingkan LDPE MURNI yang cenderung lebih kecil dan pendek. Adanya nanokarbon *graphene* mengakibatkan sifat konduktivitas thermal pada *droplet* meningkat dan terjadi *microexplosion*, sehingga suhu yang diserap *droplet* cepat menyebar ke seluruh bagian dan bereaksi dengan udara yang akhirnya muncul nyala api lebih besar dan tinggi.
4. Karakteristik pembakaran yang menunjukkan hasil terbaik adalah LDPE GRAPHENE 5 PPM, karena memiliki daya ledak *microexplosion* yang lebih besar dibanding LDPE GRAPHENE 1 PPM, selain itu jika ditinjau dari tinggi api dan nyala api LDPE GRAPHENE 5 PPM menunjukkan hasil yang lebih besar sehingga apabila diaplikasikan pada mesin akan memberikan tenaga ataupun langkah yang lebih besar pula.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini diperlukan peninjauan jangka panjang dan penelitian yang lebih mendalam. Saran-saran yang diberikan yaitu:

1. Penambahan bahan aditif nanokarbon bisa divariasikan agar mendapatkan hasil yang lebih sempurna, misalnya nanokarbon alami selain sekam padi, nanokarbon metal, dan sebagainya.
2. Pengujian minyak pirolisis LDPE lebih beragam lagi seperti uji viskositas, *flash point*, uji kinerja pada mesin, dan sebagainya agar mendapatkan hasil yang maksimal sehingga dapat diaplikasikan pada motor bakar.
3. Menambahkan variasi campuran nanokarbon lebih bervariasi, antara 1 sampai 5 PPM, dan atau lebih dari 5 PPM.
4. Penggunaan kamera dalam instalasi penelitian ditingkatkan kualitasnya menjadi kamera berkecepatan tinggi, sehingga hasil gambar yang didapatkan menjadi lebih maksimal.





DAFTAR PUSTAKA

- Aboalhamayie, A., Festa, L., & Ghamari, M. (2019). Evaporation Rate of Colloidal Droplets of Jet Fuel and Carbon-Based Nanoparticles: Effect of Thermal Conductivity. *Nanomaterials*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/Nano9091297>
- Adib, A. (2013). Pengaruh Microexplosion Terhadap Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Minyak Jarak Pagar (*Jathropa Curcas L.*) Pada Berbagai Diameter Droplet. In *Jurnal ROTOR* (Vol. 6, Issue 1).
- Alhikami, A. F., & Wang, W. C. (2021). Experimental Study of The Spray Ignition Characteristics of Hydro-Processed Renewable Jet and Petroleum Jet Fuels in a Constant Volume Combustion Chamber. *Fuel*, 283. <https://doi.org/10.1016/J.Fuel.2020.119286>
- Amato, M. D.', Cecchi, L., Annesi-Maesano, I., & D'amato, G. (2018). News on Climate Change, Air Pollution, And Allergic Triggers of Asthma. *Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology*, 28(2). <https://doi.org/10.18176/Jiaci.0228i>
- Avedisian, C. T., & Andres, R. P. (1978). *Bubble Nucleation In Superheated Liquid-Liquid Emulsions*.
- Chacko, N., & Jeyaseelan, T. (2020). Comparative Evaluation of Graphene Oxide and Graphene Nanoplatelets as Fuel Additives on The Combustion And Emission Characteristics of a Diesel Engine Fuelled With Diesel And Biodiesel Blend. *Fuel Processing Technology*, 204. <https://doi.org/10.1016/J.Fuproc.2020.106406>
- Dewi, R., Wardana, I., Hamidi, N., Mesin, J. T., & Doktor, D. (2012). Pengaruh Daya Penyerapan Gelombang Mikro Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak Pagar. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 3, Issue 2).
- Ettefaghi, E., Rashidi, A., Ghobadian, B., Najafi, G., Ghasemy, E., Khoshtaghaza, M. H., Delavarizadeh, S., & Mazlan, M. (2021). Bio-Nano Emulsion Fuel Based on Graphene Quantum Dot Nanoparticles for Reducing Energy Consumption And Pollutants Emission. *Energy*, 218. <https://doi.org/10.1016/J.Energy.2020.119551>

- Hanif, I. (2018). Impact Of Fossil Fuels Energy Consumption, Energy Policies, And Urban Sprawl on Carbon Emissions In East Asia And The Pacific: A Panel Investigation. *Energy Strategy Reviews*, 21, 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.04.006>
- Hariyadi, F., Marlina, E., & Robbi, N. (2020). Pengaruh Penambahan Karbon Nano Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Kelapa Sebagai Bahan Bakar Biodiesel. *Jurnal Teknik Mesin RING*.
- Hassan, H., Hameed, B. H., & Lim, J. K. (2020). Co-Pyrolysis of Sugarcane Bagasse and Waste High-Density Polyethylene: Synergistic Effect And Product Distributions. *Energy*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116545>
- Hoseini, S. S., Najafi, G., Ghobadian, B., Mamat, R., Ebadi, M. T., & Yusaf, T. (2018). Novel Environmentally Friendly Fuel: The Effects of Nanographene Oxide Additives on The Performance and Emission Characteristics Of Diesel Engines Fuelled With Ailanthus Altissima Biodiesel. *Renewable Energy*, 125, 283–294. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.02.104>
- Inês, I. A., Silva, A. R. R., Moita, A. S. O. H., Mendes, M. A. A., & Costa, M. M. G. (2021). Combustion Characteristics of a Single Droplet of Hydroprocessed Vegetable Oil Blended with Aluminum Nanoparticles in a Drop Tube Furnace. *Fuel*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121160>
- Javed, I., Baek, S. W., & Waheed, K. (2015). Autoignition And Combustion Characteristics of Heptane Droplets with The Addition of Aluminium Nanoparticles at Elevated Temperatures. *Combustion And Flame*, 162(1), 191–206. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2014.07.015>
- K. Mantha, N., & R. Abramson, A. (2012). *Thermal Conductivity of Graphene And Graphene Oxide Nanoplatelets*.
- Law, C. K., & Law, H. K. (1982). A D2-Law for Multicomponent Droplet Vaporization and Combustion. *AIAA Journal*, 20(4), 522–527. <https://doi.org/10.2514/3.51103>
- Liestiono, R. P., Sigit Cahyono, M., Widyawidura, W., Prasetya, A., & Syamsiro, M. (2017). Karakteristik Minyak dan Gas Hasil Proses Dekomposisi Termal

- Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE). In *Jurnal OFFSHORE* (Vol. 1, Issue 2).
- Liu, J. Z., Chen, B. H., Wu, T. T., Yang, W. J., & Zhou, J. H. (2019). Ignition And Combustion Characteristics and Agglomerate Evolution Mechanism of Aluminum in NaI/JP-10 Nanofluid Fuel. *Journal Of Thermal Analysis and Calorimetry*, 137, 1369–1379.
- Marlina, E., Alhikami, A. F., Waluyo, B., Rahima Sahwahita, S., & Wardana, I. (2023). A Study of Blending Carbon Nanoparticles Made of Coconut Shell (Fullerene C60) in Vegetable Oils on The Droplet Evaporation Characteristics. *Fuel*, 346, 128319. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128319>
- Marlina, E., Basjir, M., & Purwati, R. D. (2022). The Response of Adding Nanocarbon to The Combustion Characteristic of Crude Coconut Oil (CCO) Droplets. *Automotive Experiences*, 5(1), 68–74. <https://doi.org/10.31603/Ae.4954>
- Marlina, E., Wijayanti, W., Yuliati, L., & Wardana, I. N. G. (2020). The Role of Pole and Molecular Geometry of Fatty Acids in Vegetable Oils Droplet on Ignition and Boiling Characteristics. *Renewable Energy*, 145, 596–603. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.064>
- Maštovská, K., & Lehotay, S. J. (2003). Practical Approaches to Fast Gas Chromatography–Mass Spectrometry. In *Journal of Chromatography A* (Vol. 1000, Issues 1–2, Pp. 153–180). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00448-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00448-5)
- Mosadegh, S., Ghaffarkhah, A., Van Der Kuur, C., Arjmand, M., & Kheirkhah, S. (2022). Graphene Oxide Doped Ethanol Droplet Combustion: Ignition Delay and Contribution of Atomization to Burning Rate. *Combustion And Flame*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111748>
- Muntaha, T. (2015). Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Terpentin Sebagai Campuran Premium Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor.
- Nofendri, Y., & Haryanto, A. (2021). Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar. In *Jurnal Kajian Teknik Mesin* (Vol. 06). <http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/index>

- Novarini, N., Kurniawan, S., Rusdianasari, R., & Bow, Y. (2021). Kajian Karakteristik Dan Energi Pada Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 5(1), 61. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v5i1.190>
- Nur Ramadhan Abdillah, M., & Marlina, E. (2022a). Pengaruh Katalis Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Produksi Bahan Bakar Pirolisis Dari Limbah Plastik Ldpe.
- Nur Ramadhan Abdillah, M., & Marlina, E. (2022b). Pengaruh Katalis Kalsium Oksida (CaO) Terhadap Produksi Bahan Bakar Pirolisis Dari Limbah Plastik Ldpe.
- Perangin-Angin, S. E., Hmasi, A., Sabri, M., Isranuri, I., Indra, & Mahadi. (2015). Komponen-Komponen Dan Peralatan Bantu Mixer Kapasitas 6,9 Liter Putaran 280 Rpm. *Jurnal Dinamis*, 3, 93–107.
- Purba, W., Syarifudin, M., & Khumaidi, U. (N.D.). Pengaruh Variasi Diameter Puli Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Mesin Disk Mill Ffc 15.
- Ramadhan, G. I., Marlina, E., & Robbi, N. (N.D.). Pengaruh Pencampuran Karbon Nano Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak (Crude Jatropha Oil).
- Rodríguez-Fernández, J., Hernández, J. J., Calle-Asensio, A., Ramos, A., & Barba, J. (2019). Selection Of Blends of Diesel Fuel and Advanced Biofuels Based On Their Physical and Thermochemical Properties. *Energies*, 12(11). <https://doi.org/10.3390/en12112034>
- Sharma, V., Kalam Hossain, A., Ahmed, A., & Rezk, A. (2022a). Study On Using Graphene and Graphite Nanoparticles as Fuel Additives in Waste Cooking Oil Biodiesel. *Fuel*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125270>
- Sharma, V., Kalam Hossain, A., Ahmed, A., & Rezk, A. (2022b). Study on Using Graphene and Graphite Nanoparticles As Fuel Additives In Waste Cooking Oil Biodiesel. *Fuel*, 328. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.125270>
- Siyamuddin, L., Marlina, E., & Robbi, N. (N.D.). Pengaruh Pencampuran Karbon Nano Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Sawit Sebagai Bahan Bakar Biodiesel.

- Tessonnier, J. P., Haas, F. M., Dabbs, D. M., Dryer, F. L., Yetter, R. A., & Barteau, M. A. (2013). Polyoxometalate Clusters Supported on Functionalized Graphene Sheets as Nanohybrids For The Catalytic Combustion Of Liquid Fuels. *Materials Research Society Symposium Proceedings, 1451*, 137–143. <https://doi.org/10.1557/Opl.2012.1457>
- Uji Emisi Gas Buang Pemanfaatan Bahan Bakar Pirolisis HDPE Pada Motor Bensin, Dkk, Mesin Otomotif, J., Negeri Tanah Laut Jl Yani Km, P. A., & Tanah Laut Kalimantan, P. (2017). Uji Emisi Gas Buang Pemanfaatan Bahan Bakar Pirolisis Hdpe Pada Motor Bensin 4 Tak 1 Silinder *Vemby Wiwit Nurahman, Ika Kusuma Nugraheni, Anggun Angkasa B.P. 4*.
- Vernon-Parry, K. D. (2000). *Scanning Electron Microscopy: An Introduction*.
- Vladkova, T. G., Ivanova, I. A., Staneva, A. D., Albu, M. G., Shalaby, A. S. A., Topousova, T. I., & Kostadinova, A. S. (2017). Preparation And Biological Activity of New Collagen Composites Part II: Collagen/Reduced Graphene Oxide Composites. *Journal of Archives in Military Medicine, 5*(1). <https://doi.org/10.5812/Jamm.46406>
- Wang, J., Zhong, Z., Ding, K., Zhang, B., Deng, A., Min, M., Chen, P., & Ruan, R. (2017). Co-Pyrolysis of Bamboo Residual with Waste Tire Over Dual Catalytic Stage of Cao and Co-Modified HZSM-5. *Energy, 133*, 90–98. <https://doi.org/10.1016/J.Energy.2017.05.146>
- Wang, S., Xia, P., Zhang, L., Yu, L., Liu, H., Meng, Q., Liu, S., Li, J., Song, Q., Wu, J., Wang, W., Yang, L., Xiao, Y., & Xu, C. (2019). Systematical Identification of Breast Cancer-Related Circular Rna Modules for Deciphering Circrna Functions Based on The Non-Negative Matrix Factorization Algorithm. *International Journal of Molecular Sciences, 20*(4). <https://doi.org/10.3390/Ijms20040919>
- Widya Astutu Abidin, S., Ramadani, A., Sumiati, Dan, Kimia, D., & Sains, F. (2020). Pirolisis Plastik Low Density Polyethylene (Ldpe) Menggunakan Katalis Bleaching Earth (Be) Menjadi Bahan Bakar Cair.

