

Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Cangkang Telur Terhadap Karakteristik Pembakaran *Droplet* Minyak Jarak

I Kadek Dwi Sasmita¹⁾, I Ketut Gede Wirawan^{2)*}, Si Putu Gede Gunawan Tista³⁾

¹⁾ Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

^{2,3)} Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362

Email: dwisasmita09@gmail.com, ikgwirawan@unud.ac.id, Gunawan_tista@yahoo.com

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2024.v10.i01.p05>

Abstrak

Meningkatnya jumlah penduduk Indonesia menyebabkan peningkatan kebutuhan akan sumber energi. Kebutuhan energi yang semakin tinggi tidak sejalan dengan ketersediaan sumber energi yang ada. Sumber energi fosil yang ada memiliki ketersediaan yang terbatas, hal tersebut mendorong kita untuk mencari dan mengembangkan sumber – sumber energi terbarukan yang alami dan mudah didapatkan. Minyak jarak adalah salah satu sumber energi yang potensial digunakan dimasa mendatang, namun masih memerlukan pengembangan untuk memperbaiki karakteristik minyak jarak yang sulit terbakar. Katalis karbon aktif cangkang telur telah dikembangkan dalam beberapa penelitian sebelumnya yang berguna sebagai adsorben untuk memurnikan senyawa. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan penelitian terkait pengaruh penambahan karbon aktif cangkang telur terhadap pembakaran minyak jarak. Peranan karbon aktif dalam proses pembakaran minyak jarak dengan metode pembakaran *droplet* dapat mempengaruhi karakteristik pembakaran minyak jarak dalam berbagai variasi campuran (0 ppm, 100 ppm, 300 ppm, dan 500 ppm). Dengan penambahan karbon aktif dapat menurunkan nilai viskositas minyak jarak, semakin banyak konsentrasi karbon aktif semakin menurunkan viskositas minyak jarak. Selain itu dengan semakin meningkatnya konsentrasi karbon dapat mempengaruhi dimensi dan nyala api *droplet* minyak jarak yang menghasilkan fenomena *microexplosion*.

Kata kunci: Minyak jarak, karbon aktif, cangkang telur, *droplet*, karakteristik

Abstract

The increasing population of Indonesia causes an increase in the need for energy sources. Increasing energy needs are not in line with the availability of existing energy sources. Existing fossil energy sources have limited availability, this encourages us to seek and develop renewable energy sources that are natural and easy to obtain. Castor oil is one of the energy sources that has the potential to be used in the future, but still requires development to improve the characteristics of castor oil which is difficult to burn. Egg shell activated carbon catalyst has been developed in several previous studies to be useful as an adsorbent for purifying compounds. Based on this, a study was conducted regarding the effect of adding eggshell activated carbon on the burning of castor oil. The role of activated carbon in the process of burning castor oil using the droplet combustion method can affect the burning characteristics of castor oil in various mixtures (0 ppm, 100 ppm, 300 ppm, and 500 ppm). The addition of activated carbon can reduce the viscosity of castor oil, the more active carbon concentration the lower the viscosity of castor oil. In addition, the increasing concentration of carbon can affect the dimensions and flame of castor oil droplets which results in a microexplosion phenomenon.

Keywords: *Jatropha oil, activated carbon, eggshell, droplet, characteristics*

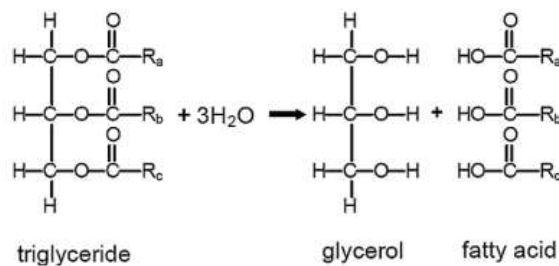
1. PENDAHULUAN

Jumlah penduduk Indonesia yang terus mengalami peningkatan tidak diimbangi dengan ketersediaan sumber energi [1]. Sumber energi baru dibutuhkan untuk mengganti sumber energi konvensional yang ketersediaannya terus menipis. Minyak jarak merupakan salah satu tanaman alternatif yang dianggap mampu sebagai pengganti minyak bumi. Potensi minyak jarak sangat besar karena mudah didapatkan di Indonesia, karena Indonesia sebagai negara sub tropis yang memiliki banyak sumber minyak jarak. Minyak jarak secara tidak langsung dapat digunakan sebagai sumber utama bahan bakar untuk energi. Campuran bahan kimia dibutuhkan untuk menghasilkan biodiesel yang bisa digunakan sebagai bahan bakar. Selain itu, masalah lainnya adalah minyak jarak sulit terbakar, karena nilai kalornya yang rendah, viskositas yang tinggi, dan titik nyala yang tinggi. Oleh karena itu, minyak jarak masih perlu pengembangan lebih lanjut agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, salah satunya dengan penambahan katalis untuk meningkatkan kualitas pembakaran minyak jarak.

Karbon aktif merupakan salah satu katalis yang umum digunakan dalam upaya pemurnian sebuah senyawa. Karbon aktif merupakan jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang sangat besar. Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang memiliki daya serap tinggi karena luas permukaannya yang besar, sehingga biasa digunakan untuk mengadsorpsi zat dalam proses pemurnian suatu senyawa.

Sejumlah penelitian telah dilakukan dengan memanfaatkan karbon aktif yang bersumber dari limbah cangkang telur. Mengacu pada studi dari Sestry Misfadila [2] tentang Penerapan Cangkang Telur dan Karbon Aktif sebagai Adsorben Logam Timbal dapat diidentifikasi bahwa kemampuan adsorpsi cangkang telur lebih baik daripada karbon aktif yang berasal dari tumbuhan. Menurut [3] penggunaan karbon aktif yang berasal dari cangkang telur ayam dapat meningkatkan kandungan FAME (*Fatty, Acid, Methyl, Ester*) pada minyak jarak, sehingga minyak jarak memiliki karakteristik yang mendekati biodiesel dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Minyak jarak adalah salah satu jenis minyak nabati yang diperoleh dengan cara mengekstraksi biji tanaman jarak pagar (*Ricinus communis*) dan biji jarak pagar (*Jatropha curcas*). Minyak jarak memiliki struktur molekul yang sama dengan minyak nabati lainnya yang disebut trigliserida seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

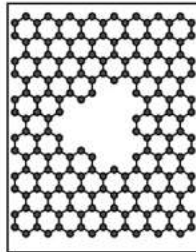


Gambar 1. Struktur molekul minyak jarak

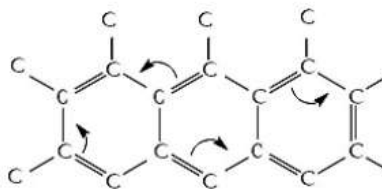
Gambar 1 menunjukkan reaksi hidrolisis trigliserida yang menghasilkan gliserol dan asam lemak. Pada gambar, Ra, Rb, dan Rc merupakan rantai karbon yang terikat antara karbon lain dalam rantai tidak bercabang. Minyak jarak memiliki komposisi asam lemak tak jenuh yang mengandung gugus hidroksil (asam lemak hidroksil tak jenuh), asam cis 9,12 hidroksi oktadekanoat, yang secara umum sering disebut sebagai risionoleat (asam risinoleat). Karena memiliki ikatan karbon yang panjang, minyak jarak memiliki kepolaran yang rendah [4]

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang reaktif dengan senyawa lain. Karbon aktif juga dikenal sebagai grafit molekuler yang tersusun dari lembaran-lembaran grafena ditunjukkan pada Gambar 2. Grafena merupakan alotrop karbon yang berbentuk heksagonal dan memiliki

ketebalan hanya satu atom. Sifat graphene ini mampu memperbaiki struktur lembarannya sendiri yang terdeformasi saat berinteraksi dengan molekul yang mengandung karbon, misalnya hidrokarbon. Selain itu, karbon aktif juga memiliki 6 ikatan yang berbentuk heksagonal dan tersusun secara kovalen yang juga memiliki tiga ikatan tunggal dan tiga ikatan rangkap yang terdelokalisasi, artinya tersusun bergantian dan berpindah posisi. Pergerakan elektron yang terus menerus (resonansi elektron) menciptakan arus listrik (Gambar 3)



Gambar 2. Struktur graphene



Gambar 3. Pergerakan electron pada ikatan minyak jarak

Arus listrik tersebut akan menghasilkan gaya magnet lemah yang memungkinkan karbon aktif menarik atom karbon dari minyak jarak untuk memperbaiki strukturnya yang cacat. Fenomena tarik-menarik antara atom-atom pada karbon aktif dan senyawa minyak jarak akan menyebabkan kekacauan struktur pada minyak jarak. Sehingga ikatan rantai karbon yang terdapat pada minyak jarak akan menjadi lebih renggang bahkan terputus dan menjadi lebih reaktif.

Salah satu material yang memiliki potensi digunakan sebagai karbon aktif adalah cangkang telur. Cangkang telur memiliki pori – pori yang besar sehingga memungkinkan menyerap senyawa organik jika terkena kontak langsung [5]. Cangkang telur memiliki jumlah pori yang tinggi sekitar 3000/cm² [6]. Kandungan cangkang telur didominasi oleh kalsium karbonat sebesar 94%, 4% bahan organik berupa portein, 1% kalsium karbonat, dan 1% magnesium karbonat [7].

2. METODE

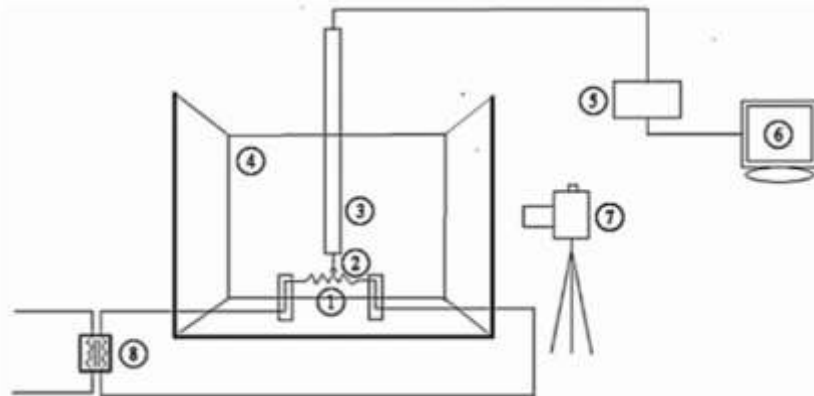
Penelitian ini menggunakan bahan dasar berupa minyak jarak murni / *Crude Jathopa Oil* (CJO) dan karbon aktif yang berasal dari cangkang telur yang telah mengalami proses aktivasi dan dibentuk menjadi bubuk dengan ukuran mesh 200 – 300.

Untuk menganalisis pengaruh karbon aktif cangkang telur terhadap viskositas minyak jarak maka dilakukan pengujian viskositas dengan menggunakan alat *viscometer* (Gambar 4). Minyak jarak yang telah dicampur dengan berbagai konsentrasi karbon aktif cangkang telur kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu uji sebesar 40°C, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui besaran nilai viskositas masing-masing campuran.



Gambar 4. Viscometer

Kemudian eksperimen pembakaran minyak jarak dilakukan dengan menggunakan alat eksperimen yang ditunjukkan secara skematis pada Gambar 5. *Droplet* minyak jarak dipasang pada sambungan termokopel tipe K dengan diameter 0,1 mm. *Droplet* tersebut dinyalakan oleh pemanas koil listrik yang terbuat dari kawat Ni-Cr berdiameter 1,5 mm.



Gambar 5. Skema alat penelitian

Percobaan dilakukan dalam 4 variasi. Variasi 1 menggunakan minyak jarak 100% tanpa penambahan karbon aktif, variasi 2 menambahkan karbon aktif 100 ppm, variasi 3 menambahkan karbon aktif 300 ppm, dan variasi 4 menambahkan karbon aktif 500 ppm.

Sinyal yang menunjukkan perubahan suhu di tengah *droplet* didapatkan pada termokopel yang disambungkan pada data akuisisi kemudian disambungkan pada laptop sehingga dapat memunculkan data berupa grafik. Proses pemanasan dilakukan secara manual melalui saklar yang dihubungkan ke pembangkit daya. Ketika *droplet* sudah terbakar maka saklar akan dimatikan untuk menghentikan proses pemanasan kumparan.

Data citra api diambil dengan kamera *High Frame Rate* (HFR). Data dari kamera kemudian ditransfer ke komputer, memberikan file gambar yang dibuat per *frame* pada kecepatan 1000 *frame per second*. Informasi kualitatif proses pembakaran serta data kuantitatif, ukuran nyala api diperoleh dari ukuran gambar pada setiap *framenya*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

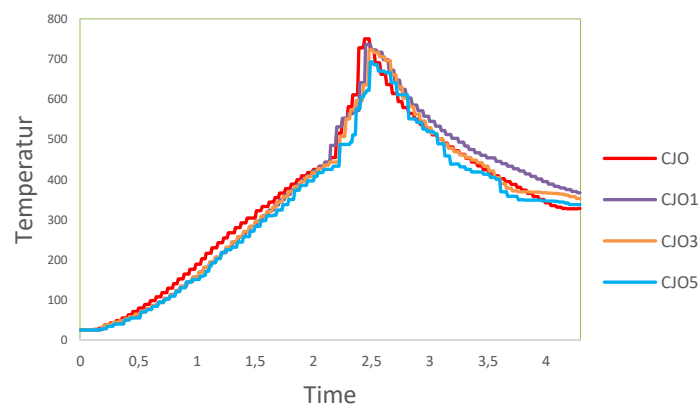
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data serta mengetahui karakteristik pembakaran *droplet* minyak jarak dengan penambahan karbon aktif berbahan dasar cangkang telur. Variasi penambahan karbon aktif cangkang telur yang digunakan adalah 0 ppm (CJO), 100 ppm (CJO1), 300 ppm (CJO3), 500 ppm (CJO5).

Tabel 1. Viskositas minyak jarak pada berbagai konsentrasi campuran karbon aktif cangkang telur

Sampel	Viscositas pada 40°C (cSt)
CJO	35,52
CJO1	34,04
CJO3	33,88
CJO5	32,28

Tabel 1 menunjukkan viskositas masing-masing variasi minyak jarak. Viskositas suatu bahan bakar dapat menjadi indikator karakteristik bahan bakar tersebut. Secara umum semakin tinggi viskositas suatu bahan bakar maka akan semakin tinggi temperatur yang dihasilkan [8]. Hal ini terkait dengan rantai hidrokarbon yang menyusun bahan bakar. Semakin banyak rantai hidrokarbon yang menyusun bahan bakar maka semakin tinggi viskositasnya dan semakin tinggi temperatur yang diperlukan untuk memutuskan ikatan rantai hidrokarbon tersebut yang akan mengakibatkan reaksi pembakaran [9]

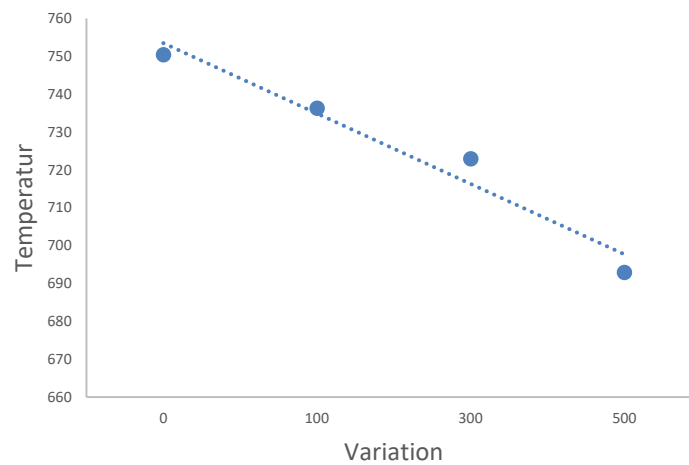
Tabel 1 menunjukkan bahwa viskositas CJO adalah 35,52. Sedangkan CJO1 dan CJO3 masing-masing adalah 34,04 dan 33,88. Dan CJO5 menunjukkan angka viskositas 32,28. Dari data tersebut diketahui bahwa CJO memiliki viskositas paling tinggi dibandingkan variasi lainnya, dan CJO5 memiliki viskositas paling rendah. Hal ini membuktikan bahwa karbon aktif mampu mempengaruhi ikatan rantai hidrokarbon minyak jarak. Sehingga penambahan katalis karbon aktif cangkang telur membuat ikatan molekul minyak jarak lebih mudah terurai [10] serta berperan dalam menurunkan nilai viskositas minyak jarak.



Gambar 5. Temperatur pembakaran *droplet* minyak jarak dalam berbagai variasi campuran karbon aktif cangkang telur

Gambar 5 menunjukkan grafik suhu yang dihasilkan oleh *droplet* minyak jarak ketika diberi energi aktivasi. Dari gambar terlihat bahwa semua variasi memiliki kecenderungan yang sama yaitu suhu naik ke titik suhu maksimum yang menunjukkan suhu tertinggi yang dapat dicapai oleh *droplet* minyak jarak untuk terbakar, kemudian turun yang menunjukkan energi yang terkandung di dalamnya. *Droplet* mengalami penurunan hingga habis terbakar akibat energi aktivasi yang diberikan. Namun jika dilihat secara detail, terdapat perbedaan temperatur yang dihasilkan pada setiap variasi. Secara umum semakin tinggi temperatur yang dihasilkan oleh suatu senyawa dalam volume yang sama saat diberikan energi aktivasi

menandakan semakin sulit senyawa tersebut untuk terbakar [11]. Sehingga temperatur maksimal yang dihasilkan oleh sebuah bahan bakar dapat menjadi indikator sulit atau mudahnya bahan bakar tersebut untuk bereaksi ketika diberikan energi akitvasi.



Gambar 6. Temperatur maksimal pembakaran droplet minyak jarak dalam berbagai variasi campuran karbon aktif cangkang telur

Gambar 6 yang menunjukkan grafik temperatur yang dihasilkan oleh setiap variasi campuran minyak jarak. Dari data tersebut diperoleh temperatur maksimum yang dihasilkan oleh droplet minyak jarak. CJO menghasilkan suhu maksimum 750,3742083°C, CJO1 736,2084686°C, dan CJO3 722,9043303°C. Sedangkan CJO5 menghasilkan suhu maksimum terendah 692,85546°C. Terlihat bahwa penambahan karbon aktif cangkang telur dapat menurunkan suhu dihasilkan oleh *droplet* minyak jarak. Hal ini membuktikan bahwa penambahan karbon aktif pada kulit telur menyebabkan *droplet* terbakar pada suhu yang lebih rendah dibandingkan minyak jarak tanpa penambahan karbon aktif. Hal tersebut sejalan dengan viskositas minyak jarak yang ditampilkan pada tabel 1. Temperatur yang dihasilkan oleh bahan bakar sangat dipengaruhi oleh komponen penyusunnya. Semakin banyak dan jamak ikatan rantai karbon penyusun sebuah senyawa maka semakin tinggi temperatur yang dihasilkan [12]. Selain itu diketahui bahwa penambahan katalis akan mengurangi energi aktivasi yang diperlukan untuk melakukan reaksi pembakaran [13] Sehingga penambahan katalis dapat mempercepat reaksi pembakaran pada minyak jarak dan memungkinkan berlangsung pada suhu yang lebih rendah.

Tabel 2. Dimensi api minyak jarak pada berbagai konsentrasi campuran karbon aktif cangkang telur

Sampel	Tinggi api (mm)	Lebar api (mm)
CJO	28,231	6,411
CJO1	21,323	6,11
CJO3	20,952	6,28
CJO5	18,647	5,92

Tabel 2 memperlihatkan data dimensi nyala api droplet minyak jarak berupa tinggi dan lebar api. Data tersebut menampilkan besar kecilnya tinggi nyala api dan lebar nyala api maksimal yang dihasilkan saat *droplet* tersebut terbakar dan melepaskan energi dalam bentuk

api. Dari data tabel 2 terlihat bahwa CJO memiliki tinggi nyala 28,231 mm dan lebar 6,411 mm. CJO1 memiliki tinggi nyala 21,323 mm dan lebar 6,11 mm. Dan CJO3 memiliki tinggi nyala 20,952 mm dan lebar 6,28 mm. Sedangkan CJO5 memiliki tinggi nyala 18,647 mm dan lebar nyala 5,92 mm. CJO menghasilkan dimensi tinggi dan lebar nyala api yang paling besar dibandingkan variasi lainnya, sedangkan CJO1, CJO3, dan CJO5 mengalami penurunan dimensi tinggi dan lebar nyala api. Hasilnya diketahui pengaruh penambahan katalis karbon aktif cangkang telur dalam perannya dalam mereduksi dimensi api minyak jarak. Semakin besar konsentrasi penambahan karbon aktif maka semakin kecil dimensi api yang dihasilkan *droplet* minyak jarak. Hal tersebut berkaitan dengan difusivitas molekuler minyak jarak yang diakibatkan karbon aktif cangkang telur karena dimensi api berbanding terbalik dengan difusivitas molekuler [14]. Dengan penambahan karbon aktif cangkang telur dapat mengganggu ikatan minyak jarak yang menyebabkan atom C pada rantai hidrokarbon lebih reaktif dan mudah bereaksi dengan O₂ pada udara bebas sehingga dimensi api yang terbentuk semakin kecil. [15]

4. SIMPULAN

Penambahan karbon aktif cangkang telur memiliki pengaruh terhadap menurunnya viskositas minyak jarak. Semakin besar konsentrasi penambahan karbon aktif cangkang telur maka viskositas yang dimiliki oleh minyak jarak cenderung semakin menurun hal. Selain itu semakin besar konsentrasi karbon aktif cangkang telur yang dicampurkan kedalam minyak jarak maka dapat menurunkan temperatur maksimal dan dimensi api yang dihasilkan. Hal tersebut berkaitan dengan kemampuan karbon aktif yang mampu mengganggu ikatan rantai panjang hidrokarbon dari minyak jarak yang dapat menurunkan energi aktivasi dan meningkatkan kereaktifannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada bapak Ainul Ghurri, bapak I Gede Putu Agus Suryawan, dan bapak Hendra Wijaksana yang telah membantu memberikan masukan dan saran dalam penyusunan makalah ini. Selain itu terima kasih juga untuk rekan-rekan yang membantu dalam proses pengambilan dan analisis data pada makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Outlook Energi Indonesia (2021).Data konsumsi energi Indonesia 2021. Jan – Des 2021 [Online]. Available form : URL : <https://www.bppt.go.id/dokumen/outlook-energi>
- [2] Misfadhila S, Azizah Z, Diane Putri C., 2018. Pengaplikasian Cangkang Telur dan Karbon Aktif Sebagai Adsorben Logam Timbal. Jurnal Farmasi Higea, Vol.10, No.2, 2018
- [3] Sing Hwa Teo. et al. 2017. Effective synthesis of Biodiesel from *Jatropha curcas* oil using betanine assisted nanoparticle heterogeneous catalyst from eggshell of *Gallus domesticus*
- [4] Ena Marlina. et al. 2019. The effect of fatty acid polarity on the combustion characteristics of vegetable oils droplets. IOP Conference Series : Material Science and Engineering 494 012036
- [5] Liliana Giraldo. et al. 2013. Study of adsorption of phenol on activated carbons obtained from eggshell. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 106 (2014) 41-47
- [6] Keith Warriner. et al. 2021. Gas phase advance oxidation process for surface disinfection of foods and food contact surfaces
- [7] Puspitasari., Yuwanda V., Sukarni., Dika J. 2019. The properties of eggshell powders with the variation of sintering duration. IOP Conf. Series: Material Sciences and

- Engineering, 515(2019):012-014
- [8] E. Du. et al. 2018. Reducing viscosity to promote biodiesel for energy security and improve efficiency, *Fuel* 211 (2018) 194-196
 - [9] S.H. Teo, et al. 2015. Hydrothermal effect on synthesis, characterization and catalytic properties of calcium methoxide for biodiesel production from crude *jatropha curcas*. *RSC Adv.* 5 (2015) 4266-4276
 - [10] Purnami. 2021. Perbandingan interaksi karbon aktif dengan polaritas minyak nabati terhadap karakteristik pembakaran premixed, eISSN 2477-6041 Vol. 9 pp. 79-86
 - [11] Jigang Wang. et al. 2020. Bubble nucleation, micro-explosion and residue formation in superheated *jatropha* oil droplet : The phenomena of vapor plume and vapor cloud.
 - [12] C.K Westbrook & Dryer F. 2019. Chemical Kinetic Modeling of Hydrocarbon Combustion, *Energy and Combustion Science*, 10(1):1-57
 - [13] Shengbo Ge. et al. 2021. Egg shell catalyst and chicken waste biodiesel blends for improved performance, combustion, and emission characteristics, *Fuel*, 306:121633
 - [14] I.N.G. Wardana. 2009. Combustion Characteristics of *jathropha* oil droplet at various oil temperatures, *Fuel* 89, 2010, 659-664
 - [15] Hendry Y. Nanlohy. et al. 2020. The role of rhodium sulfate on the bond angles of triglyceride molecules and their effect on the combustion characteristics of crude *jatropha* oil droplets, *Fuel* 279, 2020, 118-373