

PERBANDINGAN INTERAKSI KARBON AKTIF DENGAN POLARITAS MINYAK NABATI TERHADAP KARAKTERISTIK PEMBAKARAN *PREMIXED*

Crude oil consumption has increased since the discovery of crude oil-fueled engine technology. However, the increase in crude oil consumption is not offset by the productivity of the product. This results in a reduced availability of crude oil. One solution found was to use alternative fuels from vegetable oils. Several researches have proven that vegetable oils can be used as fuel. The results of the research found potential in jatropha oil and palm oil. However, jatropha oil and palm oil contain glycerol compounds which can affect the results of its combustion, because glycerol can absorb heat and result in firing more difficult. Based on that, modification and development are needed to support the use of jatropha oil and palm oil as alternative fuels by studying oil polarity and adding catalysts for coconut shell-activated carbon. Jatropha oil has low polarity (C18) which is more volatile than palm oil which has high polarity (C13). The variation used in this research is the addition of activated carbon with a concentration of 0 ppm, 200 ppm, and 400 ppm in each oil. The addition of activated carbon will facilitate evaporation because oil molecules become more reactive more freely.

Keywords: Coconut Shell, Activated Carbon, Jatropha Oil, Palm Oil, Polarity, Premixed Combustion Characteristics

Purnami

Dosen Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
purnami.ftub@ub.ac.id

ING Wardana

Dosen Universitas Brawijaya
Jurusan Teknik Mesin
wardana@ub.ac.id

1. PENDAHULUAN

Penggunaan minyak sebagai bahan bakar di Indonesia lebih besar dibandingkan dengan produksinya di dalam negeri. Bahkan, berdasarkan perkiraan, sekitar 10-15 tahun lagi cadangan minyak itu akan sepenuhnya habis [1]. Selama tahun 2014, ketersediaan minyak bumi Indonesia mengalami penurunan 2,3% dibandingkan dengan tahun 2013. Kemudian selama tahun 2015, ketersediaan minyak bumi mengalami penurunan 1,2% jika dibandingkan dengan tahun 2014. Jika kondisi ini berlangsung secara terus-menerus, maka dalam beberapa tahun mendatang Indonesia dapat mengalami krisis akan kebutuhan minyak bumi [2][3].

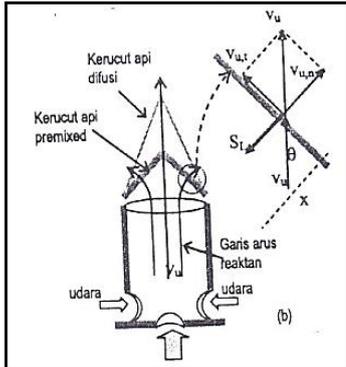
Menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil menyebabkan peneliti di berbagai negara berusaha menemukan energi alternatif yang dapat menggantikan atau menghemat penggunaan bahan bakar fosil tersebut, misalnya dengan penggunaan bahan bakar Hidrogen [4], pemanfaatan energi air [5], maupun penggunaan bahan bakar bakar dari sampah yang diproses secara pirolisis [6]. Meskipun telah dilakukan banyak usaha untuk mencari bahan bakar alternatif, tapi peningkatan karakteristik pembakaran tetap perlu dilakukan. Katalis untuk meningkatkan karakteristik pembakaran telah banyak digunakan [7]. Indonesia merupakan negara beriklim tropis sehingga banyak SDA yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil, salah satunya minyak nabati. Minyak jarak dan minyak kelapa sawit banyak terdapat di Indonesia berpotensi sebagai bahan bakar. Performa pembakaran minyak jarak [8] [9] dan kelapa sawit [10] telah diteliti oleh banyak peneliti sebelumnya.

Minyak jarak memiliki ciri khas berupa kandungan asam lemak tidak jenuh yang mengandung gugus hidroksil (*unsaturated hydroxyl fatty acid*), *cis 9,12 hydroxy octadecanoic acid*, yang secara umum sering disebut dengan *risinoleat (ricinoleic acid)*. Minyak jarak mempunyai kandungan asam lemak *stearat*

($C_{18}H_{36}O_2$) sebesar 0,5-2% dan asam lemak *oleat* ($C_{18}H_{34}O_2$) sebesar 8,5%, sedangkan asam lemak *linoleat* ($C_{18}H_{32}O_2$) sebesar 3,5%. Minyak jarak memiliki ikatan karbon yang panjang yaitu C_{18} . Karena memiliki ikatan karbon yang panjang, minyak jarak memiliki polaritas yang rendah [6].

Kandungan asam lemak minyak kelapa sawit berupa; asam lemak *stearat* ($C_{13}H_{35}COOH$) sebesar 3,6-4,7% dan asam lemak *oleat* ($C_{13}H_{33}COOH$) sebesar 39-45%, sedangkan asam lemak *linoleat* ($C_{13}H_{31}COOH$) sebesar 7-11%. Ikatan rantai karbon pada minyak kelapa sawit berjenis ikatan rantai karbon yang pendek, yaitu C_{13} sehingga minyak kelapa sawit memiliki polaritas yang tinggi [12].

Secara umum pembakaran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu pembakaran difusi dan pembakaran premixed [13] [14]. Pembakaran premixed adalah proses pembakaran ketika bahan bakar (*fuel*) bercampur secara sempurna di dalam *burner* sesaat sebelum dialirkan menuju *burner* sampai akhirnya terbakar. Kecepatan api pembakaran *premixed* merupakan kecepatan rambatan gelombang laminar api yang menuju ke arah datangnya reaktan. Arah rambat api pada pembakaran *premixed* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Arah rambat api pembakaran *premixed*

Pembakaran premixed dianggap sebagai cara yang tepat untuk pengujian karakteristik pembakaran untuk bahan bakar yang akan diproduksi secara massal [15]. Rumus kecepatan api *premixed* ditulis pada Persamaan berikut [16].

$$S_L = v_u \sin \theta \quad (1)$$

S_L adalah kecepatan api *premixed* (cm/s), v_u adalah kecepatan reaktan (cm/s), dan θ adalah sudut antara api dan sumbu *nozzle*. Kecepatan reaktan dihitung dengan persamaan berikut:

$$v_u = \frac{Q_{bb} + Q_{udara}}{A} \quad (2)$$

Q_{bb} adalah debit bahan bakar (m^3 /menit), Q_{udara} adalah debit udara (m^3 /menit), dan A adalah luas penampang *nozzle* (m^2)

Karbon aktif merupakan sebuah grafit [17] yang tersusun dari lembaran-lembaran *graphene* [18] berbentuk kisi heksagonal yang mengandung potensi magnet. *Graphene* mampu memperbaiki struktur seandainya bila terjadi kontak dengan molekul yang mengandung karbon. Penambahan karbon aktif pada bahan bakar minyak jarak dapat meningkatkan kecepatan api pembakaran *premixed*.

Dari uraian di atas terlihat bahwa polaritas berpengaruh terhadap kecepatan pembakaran minyak nabati. Sedangkan penambahan karbon aktif yang memiliki potensi magnet dan kemampuan struktur seandainya untuk memperbaiki diri mampu meningkatkan kecepatan pembakaran. Dari uraian di atas, penelitian tentang upaya peningkatan karakteristik pembakaran premixed minyak jarak dan minyak kelapa sawit yang memiliki polaritas berbeda dengan penambahan karbon aktif untuk mempercepat reaksi perlu dilakukan.

2. METODE

Metode yang digunakan yaitu metode penelitian eksperimental. Metode ini dilakukan dengan mengamati secara langsung terhadap objek yang diteliti agar mendapatkan data penelitian. Data hasil penelitian tersebut diolah dan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan. Skema alat penelitian dapat dilihat pada gambar 2.

Langkah dalam pengambilan data adalah sebagai berikut. Pertama, menyiapkan alat-alat yang dibutuhkan, berupa: erlenmeyer, kompresor udara, kompor gas, *flowmeter* udara, LPG, timbangan elektrik, tabung *premixed* beserta *bunsen burner* dan kamera. Kompresor digunakan untuk menghasilkan tekanan tinggi sehingga bisa mencampurkan udara bakar dengan bahan bakar. Daya kompresor yang digunakan sebesar 1 Hp dan menghasilkan tekanan maksimal 8 bar dengan volume tabung 8 liter. *Bunsen burner* untuk tempat terjadinya pembakaran yang digunakan terbuat dari bahan besi dengan diameter 8 mm. Kompor gas digunakan untuk membangkitkan kalor untuk memanasi tabung erlenmeyer. Panas yang diberikan diatur sampai suhu yang ditetapkan dengan mengatur bukaan bahan bakar. *Flowmeter* digunakan untuk mengukur massa aliran gas yang masuk ke kompos gas. Timbangan listrik digunakan untuk mengukur massa minyak nabati dan karbon

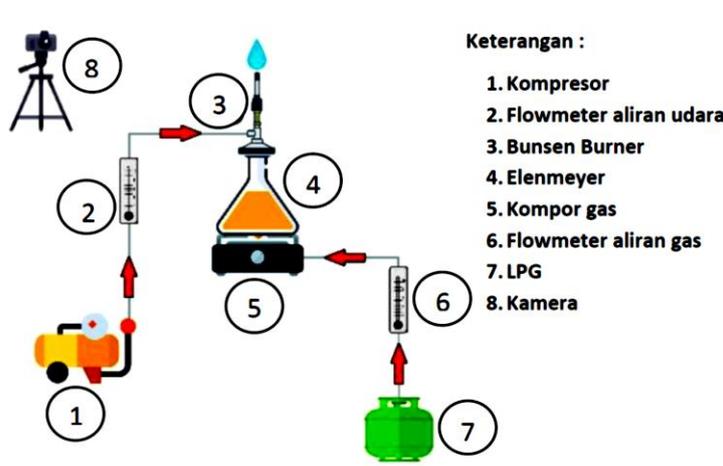
aktiv. Kamera dipergunakan untuk mendokumentasikan pembakaran baik dalam bentuk gambar maupun video.

Langkah kedua adalah menuangkan minyak jarak dan kelapa sawit sebanyak 50 gram ke dalam masing-masing erlenmeyer dengan penambahan carbon aktif sebanyak 0 ppm, 200 ppm, dan 400 ppm untuk masing-masing tabung erlenmeyer. Selanjutnya tabung erlenmeyer dipanaskan dengan menggunakan kompor gas. Untuk memanaskan elenmeyer kompor dinyalakan dengan mengatur debit LPG pada 1,5 liter /menit. Pemanasan dilakukan sampai minyak jarak dan minyak sawit yang sudah ditambahkan karbon aktif mulai menguap.

Langkah selanjutnya adalah pembakaran. Ini dilakukan dengan mengalirkan uap dari minyak jarak dan kelapa sawit menuju *bunsen burner*. Sebelum terbakar, uap minyak dari tabung erlenmeyer bercampur di *bunser burner*. Pengaturan nyala api dilakukan dengan mengatur aliran udara dari kompresor pada debit 3, 3.5, 4, 4.5, 5 liter /menit.

Pengambilan data pada api digunakan kamera digital yang diseting pada 60 fps. Data diambil dari api mulai menyala sampai api mencapai kestabilan. Data api yang diambil berupa visualisasi api yang meliputi tinggi, lebar, dan warna api. Setelah gambar api didapat, dilakukan pengukuran sudut api dengan menggunakan software autoCAD.

Data yang didapat pada percobaan di atas dimasukkan ke persamaan (1) dan (2) untuk didapatkan kecepatan api. Kecepatan api diplot dalam satu grafik dengan *equivalence ratio* untuk dilakukan analisa dan pembahasa.



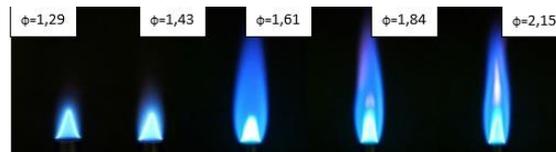
Gambar 2. Skema instalasi penelitian

3. HASIL DAN DISKUSI

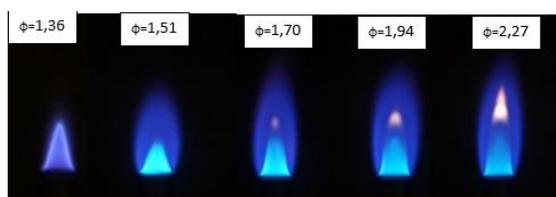
Dari penelitian yang sudah dilakukan, data yang diperoleh berupa massa alir uap, massa jenis uap, dan visualisasi api pembakaran *premixed* pada minyak jarak dan minyak kelapa sawit. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data guna menghitung nilai *equivalence ratio* dan kecepatan api pembakaran *premixed* (S_L).

Visualisasi Api Minyak Jarak

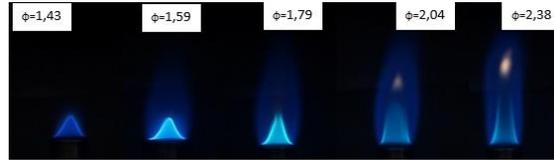
Berikut ini merupakan visualisasi api dari hasil penelitian yang sudah dilakukan pada minyak jarak dengan kosentrasi 0 ppm. 200 ppm. Dan 400 ppm.



(a) Visualisasi api minyak jarak dengan kosentrasi karbon aktif 0 ppm



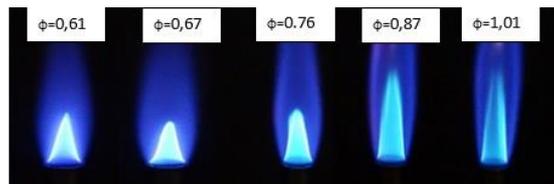
(b) Visualisasi api minyak jarak dengan kosentrasi karbon aktif 200 ppm



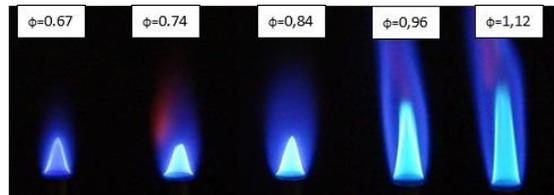
(c) Visualisasi api minyak jarak dengan kosentrasi karbon aktif 400 ppm

Gambar 3. Visualisasi api minyak jarak dengan berbagai variasi

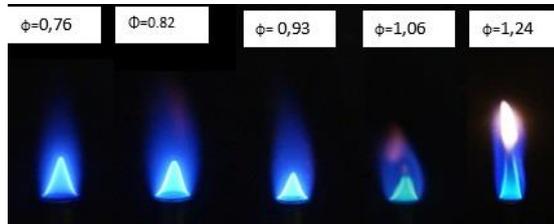
Visualisasi Api Minyak kelapa sawit



(a) Visualisasi api minyak kelapa sawit dengan kosentrasi karbon aktif 0 ppm



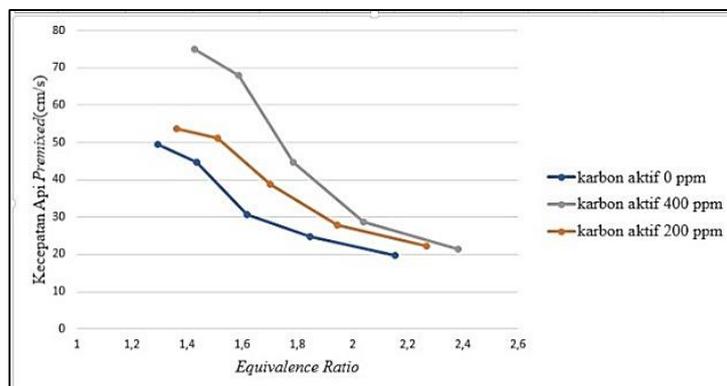
(b) Visualisasi api minyak kelapa sawit dengan kosentrasi karbon aktif 200 ppm



(c) Visualisasi api minyak kelapa sawit dengan kosentrasi karbon aktif 400 ppm

Gambar 4. Visualisasi api minyak kelapa sawit dengan berbagai variasi

Equivalence Ratio dan Kecepatan Api Premixed Minyak Jarak



Gambar 5. Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed*

Gambar 5. menunjukkan hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan api pembakaran *premixed* minyak jarak dengan kandungan karbon 0 ppm, 200 ppm, dan 400 ppm. Dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kecepatan api pembakaran (S_L) dengan bertambahnya *equivalence ratio*. Pada minyak jarak

kecepatan api tertinggi terjadi pada *equivalence ratio* ($\phi = 1,42$) yaitu 75,11 cm/detik dari konsentrasi karbon aktif 400 ppm, dan terendah terjadi pada *equivalence ratio* ($\phi = 2,15$) sebesar 19,57 cm/detik dari konsentrasi karbon aktif 0 ppm.

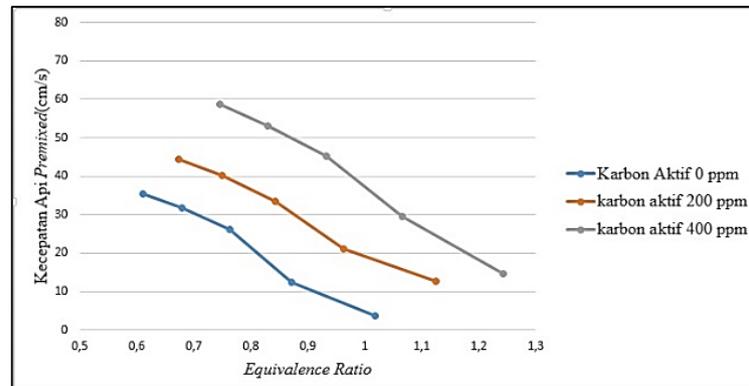
Penurunan kecepatan api terjadi akibat adanya penurunan konsentrasi massa udara yang masuk ke ruang bakar dimana bahan bakarnya sendiri semakin banyak. Debit udara berbanding lurus dengan kecepatan api dan berbanding terbalik dengan *equivalence ratio*. Semakin tinggi *equivalence ratio* maka debit udara lebih sedikit, sehingga kecepatan api akan menurun.

$$S_L = v_u \sin \theta$$

$$v_u = \frac{Q_{bb} + Q_{udara}}{A}$$

Mengacu pada dasar teori bahwa semakin panjang ikatan karbon pada minyak (polaritas rendah) maka semakin cepat untuk bereaksi. Minyak jarak memiliki ikatan karbon C18, sehingga mudah menguap (massa alir uap tinggi) menjadikan karakteristiknya kaya bahan bakar, *equivalence rasionya* semakin menajauhi kondisi stoikiometri. Penambahan karbon aktif akan semakin membuat minyak jarak lebih mudah menguap sehingga terjadi peningkatan kecepatan apinya. Hal ini terbukti dengan melihat di grafik bahwa terjadi perubahan nilai *equivalence ratio* seiring bertambahnya karbon aktif dan terjadi peningkatan kecepatan api seiring dengan penambahan karbon aktif.

Equivalence Ratio dan Kecepatan Api Premixed Minyak Kelapa Sawit.

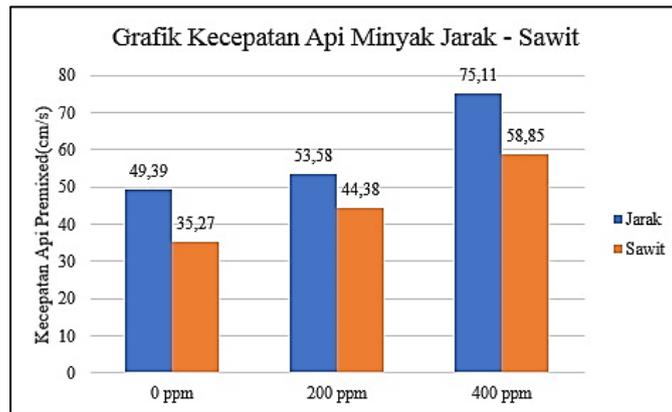


Gambar 6. Grafik pengaruh *equivalence ratio* terhadap kecepatan api *premixed*

Gambar 6 diatas menunjukkan hubungan *equivalence ratio* terhadap kecepatan api pembakaran *premixed* minyak sawit dengan kandungan karbon 0 ppm, 200 ppm, dan 400 ppm. Dari grafik dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kecepatan api pembakaran (S_L) dengan bertambahnya *equivalence ratio*. Pada minyak sawit kecepatan api tertinggi terjadi pada *equivalence ratio* ($\phi = 0,76$) yaitu 58,85 cm/detik dari konsentrasi karbon aktif 400 ppm, dan terendah terjadi pada *equivalence ratio* ($\phi = 1,01$) sebesar 3,60 cm/detik dari konsentrasi karbon aktif 0 ppm.

Mengacu pada dasar teori bahwa semakin pendek ikatan karbon pada minyak (polaritas tinggi) maka semakin sulit untuk bereaksi. Minyak kelapa sawit memiliki ikatan karbon C13, sehingga sulit menguap (massa alir uap rendah) menjadikan karakteristiknya miskin bahan bakar, *equivalence rasionya* semakin mendekati kondisi stoikiometri. Penambahan karbon aktif akan semakin membuat minyak kelapa sawit lebih mudah menguap. Hal ini terbukti dengan melihat di grafik bahwa terjadi perubahan nilai *equivalence ratio* seiring bertambahnya karbon aktif dan terjadi peningkatan kecepatan api seiring dengan penambahan karbon aktif.

Perbandingan Kecepatan Api Premixed Minyak Jarak dan Minyak Kelapa Sawit



Gambar 7. Perbandingan kecepatan api minyak jarak dan minyak kelapa sawit

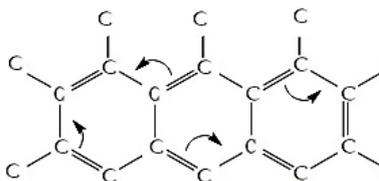
Gambar 7 diatas menunjukkan perbandingan kecepatan api tertinggi pembakaran *premixed* minyak jarak dan minyak kelapa sawit dengan kandungan karbon 0 ppm, 200 ppm, dan 400 ppm. Dari grafik dapat dilihat bahwa di setiap kosentrasi karbon aktif kecepatan api *premixed* minyak jarak lebih tinggi dibanding dengan minyak kelapa sawit.

Kecepatan api *premixed* minyak jarak lebih tinggi karena massa alir uap yang dihasilkan juga lebih tinggi dibanding dengan minyak kelapa sawit. Massa alir uap di kosentrasi 0 ppm untuk minyak jarak yaitu 0,000324 kg/menit, sedangkan minyak kelapa sawit yaitu 0,000153 kg/menit. Massa alir uap di kosentrasi 200 ppm untuk minyak jarak yaitu 0,000341 kg/menit, sedangkan minyak kelapa sawit yaitu 0,000169 kg/menit. Massa alir uap di kosentrasi 400 ppm untuk minyak jarak yaitu 0,000358 kg/menit, sedangkan minyak kelapa sawit yaitu 0,000187 kg/menit.

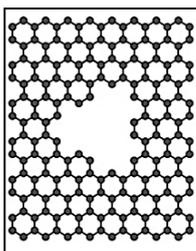
Hal ini juga dipengaruhi oleh kepolaritasan minyak jarak dan kelapa sawit. Minyak jarak dengan kepolaran rendah (C18) cenderung lebih mudah menguap dibanding dengan minyak kelapa sawit yang kepolarannya tinggi (C13) sehingga cenderung sulit menguap. Mudah menguap menjadikan karakteristik minyak kaya bahan bakar, sedangkan sulit menguap menjadikan karakteristik minyak miskin bahan bakar.

Polaritas yang tinggi akan mengakibatkan reaksi molekul membutuhkan waktu yang lama dan energi aktivasi yang tinggi karena ikatan antar senyawanya kuat atau stabil. Untuk mempercepat reaksi penguraian senyawa trigselerida dibutuhkan sebuah penambahan karbon aktif.

Karbon aktif memiliki ikatan rangkap yang selalu beresonansi sehingga menimbulkan gaya magnet sebagaimana terlihat pada gambar 8. Karbon aktif juga memiliki gaya elektrostatis yang terletak di sekeliling area pori-pori yang besar. Gaya elektrostatis ini disebabkan tidak stabilnya atom-atom karbon aktif di sekeliling area pori-pori yang besar akibat proses aktivasi sehingga sebagian ikatannya senyawanya putus menjadi tidak stabil sebagaimana terlihat pada gambar 9.



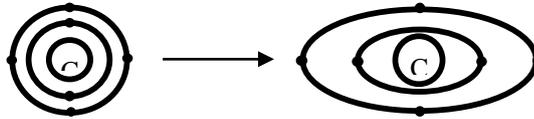
Gambar 8. Gerakan ikatan rangkap pada karbon aktif



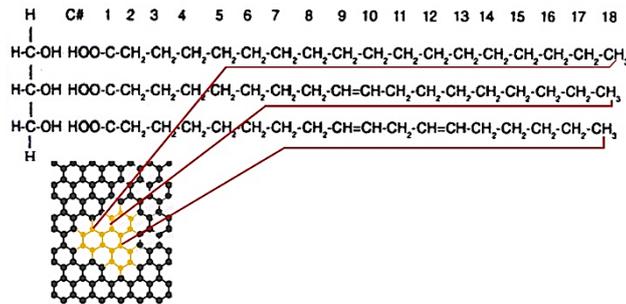
Gambar 9. Struktur graphen

Gaya magnet dan gaya elektrostatis inilah yang membuat karbon aktif mampu menarik karbon yang

paling jauh dari kutub trigliserida dengan mengubah bentuk orbit atom menjadi lonjong seperti pada gambar 10. Penambahan karbon aktif membuat ikatan molekul minyak jarak lebih reaktif jadi lebih mudah terurai sehingga lebih mudah menguap dan cepat bereaksi. Ini terjadi karena sebagian atom Karbon pada minyak jarak dan minyak kelapa sawit ditarik oleh karbon aktif untuk menutupi cacat yang terjadi pada karbon aktif karena kekurangan atom Karbon. Ini diilustrasikan pada gambar 11.



Gambar 10. Perubahan bentuk orbit atom karbon



Gambar 11. Ilustrasi pengikatan atom karbon oleh *graphene* pada trigliserida

4. KESIMPULAN

Polaritas minyak mempengaruhi proses penguraian molekul. Minyak dengan polaritas rendah lebih mudah terurai dibanding dengan minyak polaritas tinggi. Penambahan karbon aktif meningkatkan kecepatan api pembakaran *premixed*. Nilai kecepatan api pembakaran *premixed* minyak jarak dan minyak kelapa sawit dengan konsentrasi karbon aktif 400 ppm lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi karbon aktif 0 ppm, dan 200 ppm. Nilai kecepatan api pembakaran *premixed* minyak jarak lebih besar dibandingkan dengan minyak kelapa sawit pada setiap konsentrasi karbon aktif.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Prof. Wardana dan Bagus Khalifan AS yang telah membantu dalam pengambilan dan analisis data pada penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. SAID, W. SEPTIARTY, and T. TUTIWI, "Studi Kinetika Reaksi Pada Metanolisis Minyak Jarak Pagar," *J. Tek. Kim.*, 2010.
- [2] DEWAN ENERGI NASIONAL, "Ketahanan Energi Indonesia," *Dewan Energi Nas.*, 2015.
- [3] DEWAN ENERGI NASIONAL, "Indonesia Energy Outlook 2019," *J. Chem. Inf. Model.*, 2019.
- [4] PURNAMI, N. HAMIDI, M. N. SASONGKO, D. WIDHIYANURIYAWAN, and I. N. G. WARDANA, "Strengthening external magnetic fields with activated carbon graphene for increasing hydrogen production in water electrolysis," *Int. J. Hydrogen Energy*, 2020.
- [5] R. SOENOKO, PURNAMI, and F. G. UTAMI DEWI, "Second stage cross flow turbine performance," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, 2017.
- [6] W. WIJAYANTI, M. N. SASONGKO, and PURNAMI, "The calorific values of solid and liquid yields consequenced by temperatures of mahogany pyrolysis," *ARPJ. Eng. Appl. Sci.*, 2016.
- [7] PURNAMI, I. N. G. WARDANA, N. HAMIDI, M. N. SASONGKO, and D. B. DARMADI, "The effect of rhodium (III) sulfate and clove oil catalysts on the droplet combustion characteristics of castor oil," *Int. J. Integr. Eng.*, 2019.
- [8] D. B.N. RIWU, I. N. G. WARDANA, and L. YULIATI, "Kecepatan Pembakaran Premixed Campuran Minyak Jarak - Liquefied Petroleum Gas (LPG) pada Circular Tube Burner," *J. Rekayasa Mesin*, 2016.
- [9] R. DEWI, I. N. G. WARDANA, and N. HAMIDI, "Pengaruh Daya Penyerapan Gelombang Mikro Terhadap Karakteristik Pembakaran Droplet Minyak Jarak Pagar," *J. Rekayasa Mesin*, 2012.
- [10] L. ERNINGPRAJA and B. DRADJAT, "Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit," *War. Penelit. dan Pengemb. Pertan.*, 2006.
- [11] E. JULIANTI, "Pengembangan Minyak Jarak Pagar sebagai Biodiesel (Development of Jatropha Oil as Biodiesel) (Development of Jatropha Oil as Biodiesel) Jarak pagar (*Jatropha curcas* L) merupakan

- tanaman yang sejak 50 tahun lalu sudah dimanfaatkan sebagai bahan bakar ,” no. May, 2014.
- [12] DIRJENBUN, “Kelapa sawit,” *Tree Crop Estate Stat. Indones. 2014-2016*, 2015.
- [13] M. ARSAD AL BANJARI, L. YULIATI, and A. AS’AD SONIEF, “Karakteristik Pembakaran Difusi Campuran Biodiesel Minyak Jarak Pagar (*Jathropha Curcas L*) - Etanol/Metanol Pada Mini Glass Tube,” *J. Rekayasa Mesin*, 2015.
- [14] M. TANABE *et al.*, “Combustion Science and Technology Two Stage Ignition of n-Heptane Isolated Droplets Two Stage Ignition of ~Heptane Isolated Droplets,” *Combust. Sci. Technol. C. Sci. Trch*, 1995.
- [15] V. V. BYCHKOV and M. A. LIBERMAN, “Dynamics and stability of premixed flames,” *Physics Report*. 2000.
- [16] A. RIZKY, “Metode pembakaran | agusta,” *20 Juni* , 2015. .
- [17] S. MATERIALS, “Properties and characteristics of grafit for industrial applications,” *POCO Graph.*, 2015.
- [18] C. SOLDANO, A. MAHMOOD, and E. DUJARDIN, “Production, properties and potential of graphene,” *Carbon*. 2010.