



## Identifikasi Waktu Dan Temperatur Pembakaraan Pelet Arang Sampah Organik

LALU MUSTIADI<sup>1</sup>, SISWI ASTUTI<sup>2</sup>, ALADIN EKO PURKUNCORO<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>2</sup>Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang

E-mail: [lamusdi@yahoo.co.id](mailto:lamusdi@yahoo.co.id)

### ABSTRAK

*Pembakaran pelet arang sampah organik telah dipelajari secara eksperimen pada tekanan atmosfer dan temperatur ruang. Bahan bakar pelet dibuat dari campuran polyethelin dan partikel arang sampah organik, berdasarkan prosentase rasio massa (1 ; 5 ;10 )%. Pembakaran pelet diidentifikasi dari waktu dan sinyal temperatur nyala api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, rasio massa campuran yang bertambah besar, memiliki pengaruh yang kuat terhadap pembakaran pelet, ditunjukkan dengan waktu awal nyala yang semakin pendek (553 sampai 474)s dan temperatur maksimal pembakaran yang semakin meningkat (853,833 sampai 1750,495)<sup>o</sup>c. Meningkatnya massa campuran, membentuk mol carbon dalam pelet menjadi meningkat, membantu pembangkitan energi aktivasi yang semakin cepat dan bertambah besar pada pembakaran pelet, hal ini dikonfirmasi oleh penyerapan energi %T inframerah yang semakin besar.*

**Kata kunci:** Pelet arang, temperatur pembakaran, waktu awal nyala.

### ABSTRACT

The burning of organic waste charcoal pellets has been studied experimentally at atmospheric pressure and room temperature. Pellet fuel is made from a mixture of polyethelin and organic waste charcoal particles, based on the percentage mass ratio (1 ; 5 ;10 ) %. Pellet combustion is identified from the time and temperature signal of the flame. The results showed that the larger the mass ratio of the mixture, the stronger the effect on combustion, as indicated by the shorter flame time (553 to 474)s and the increasing maximum combustion temperature (853,833 to 1750,495) oc. As the mass of the mixture increases, the moles of carbon in the pellets increase, helping to generate faster and larger activation energy in pellet combustion, this is confirmed by the greater absorption of %T infrared energy.

**Keywords:** Pelet arang, temperatur pembakaran, waktu awal nyala.

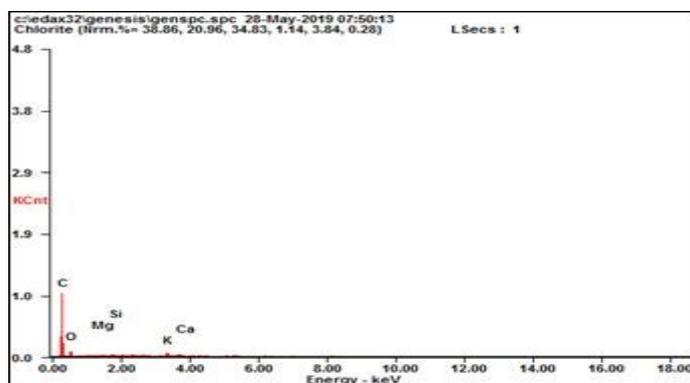
## 1. PENDAHULUAN

Strategi Pengembangan Green Technology Berbasis Manajemen Lingkungan Yang Berkelanjutan, pengolahan limbah sampah (organik dan anorganik) yang melimpah di wilayah Fakultas Teknologi Industri ITN Malang Jawa Timur, dengan membentuk bahan bakar pelet arang merupakan alternatif solusi yang memungkinkan. Dengan mengubah sampah botol plastik menjadi minyak yang terbentuk sebagai polyethylene (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, dan mengubah sampah organik menjadi partikel arang, dengan hasil analisis karakteristik struktur kimia untuk partikel arang sampah organik, menggunakan uji EDAX, diperlihatkan pada Gambar 1 dan Tabel 1.

**Tabel 1. Kandungan unsur kimia dari arang sampah organik**

Unsur kimia	Berat %	Luas %
Carbon	67,03	74,76
Oksigen	27,16	22,75
Magnesium	01,12	00,62
Aluminum	00,62	00,31
Silika	01,46	00,70
Calium	02,60	00,87

Sumber: hasil uji EDAX.



**Gambar 1. Grafik kandungan unsur kimia dari partikel arang sampah organik.**

Membentuk bahan bakar pelet berdasarkan persentase rasio massa campuran, dengan tujuan mengetahui karakteristik pembakaran, yang diidentifikasi dengan cara eksperimen dari waktu awal nyala dan sinyal temperatur nyala api.

Beberapa penelitian pembuatan bahan bakar pelet dari berbagai Bahan biomassa telah dipelajari, diantaranya: **(Setiawan, 2015)** biomassa dari limbah pabrik kertas, biomassa dari (kayu lunak, jerami gandum, residu zaitun) **(Clery et al., 2018)**, biomassa dari residu kayu putih, pinus dan zaitun **(Shan et al., 2018)**, biomassa dari kayu, rumput dan jerami(Whittaker and Shield), biomassa kehutanan, cemara (S) dan pinus (P), biomassa pertanian, rumput alang-alang (RCG), jerami timothy (H) dan switchgrass (SW) **(Christian et al., 2017)**, jerami dan serbuk gergaji kayu (Harun and Afzal). Sedangkan penelitian tambahan campuran pada bahan pelet biomassa juga telah dilakukan, diantaranya: penggunaan aditif aluminosilikat pada pelet biomassa **(Clery et al., 2018)**, campuran

biomassa pertanian dan biomassa kehutanan (**Christian et al., 2017**), campuran jerami dan serbuk gergaji kayu (Harun and Afzal). Demikian juga dengan penelitian karakteristik pelet biomassa telah diamati, diantaranya: pola api pembakaran (**Shan et al., 2018**), daya tahan pelet terdiri dari kondisi penyimpanan dan frekuensi penanganan (Whittaker and Shield), sifat mekanik dievaluasi (densitas dan tegangan luluh intrinsik) (**Christian et al., 2017**), analisis emisi hasil pembakaran (CO, NO dan SO<sub>2</sub>) (**Harun and Afza, 2016**).

Dari beberapa penelitian tersebut, teknologi pembuatan bahan bakar pelet partikel karbon sampah organik kampus dengan campuran minyak botol plastik (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, dengan karakteristik pembakaran yang diidentifikasi dari waktu awal nyala dan sinyal temperatur pembakaran belum terinformasikan, sehingga penelitian ini bisa dikatakan sebagai kebaruan dalam bidang industri bahan bakar pelet biomassa.

Adanya unsur kimia (magnesium, aluminium, silika, calium) pada arang sampah organik akan berfungsi sebagai katalis, sedangkan unsur kimia (carbon) pada (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> akan membuat konsentrasi molekul carbon di dalam pelet arang sampah organik menjadi meningkat. Katalis akan berinteraksi dan mengikat hydrogen dari minyak dengan cepat (**Nanlohy et al., 2018**), sehingga pada massa molekul hydrogen minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menjadi berkurang, membentuk densitas minyak menjadi rendah dan tegangan permukaan menjadi lemah, menjadikan cepat menguap dan terbakar. Dengan terbakarnya minyak, menyebabkan proses pembakaran bahan bakar pelet menjadi lebih cepat seperti ditunjukkan dengan waktu awal penyalaan yang lebih pendek.

Pencampuran menghasilkan ikatan hydrogen, pergerakan atom hidrogen ke katalis karena katalis memiliki proton lebih banyak, membuatnya lebih positif dan energik daripada senyawa (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>. Saat katalis menarik atom hidrogen, elektron menjadi aktif dan reaktif elektron memiliki cukup energi untuk bergerak ke permukaan katalis, sehingga massa molekul (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menurun, dan ikatan molekul rantai (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menjadi lemah.

Di sisi lain, proses memindahkan elektron membuat suhu pengapian lebih mudah dicapai dan (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> lebih mudah terbakar, menyebabkan proses pembakaran menjadi lebih cepat seperti dibuktikan dengan waktu awal nyala (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> yang lebih pendek. Campuran (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> dengan partikel arang sampah organik, menyebabkan (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menjadi cepat menyala untuk membakar pelet, sehingga waktu awal nyala pembakaran pelet menjadi lebih cepat.

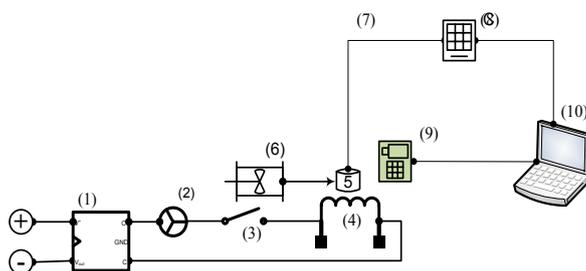
## 2. MATERI DAN METODE

Katalis pada arang sampah organik mengikat hidrogen dari (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, membentuk struktur molekul (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menjadi lemah dengan densitas yang rendah. Semakin besar rasio massa campuran, membentuk karakteristik penyerapan energi panas dari molekul minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> yang lebih luas. Hal ini dapat membentuk ikatan molekul minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> lebih lemah, maka molekulnya lebih cepat reaktif saat menyerap energi panas, sehingga menjadi cepat menguap dan terbakar.

Sedangkan unsur kimia (carbon) akan membuat konsentrasi molekul carbon di dalam pelet arang sampah organik menjadi meningkat. Dengan massa campuran yang semakin besar, menjadikan mol carbon dalam bahan bakar pelet partikel arang menjadi meningkat. Jumlah massa campuran minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> yang ditambahkan pada karbon sampah organik, meningkatkan mol carbon dalam pelet. Hasil pencampuran memperlihatkan karakteristik penyerapan energi panas yang lebih cepat pada saat pembakaran, menghasilkan pelepasan energi pembakaran semakin besar. Dari hasil pencampuran, diketahui bahwa penggunaan minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> yang ditambahkan pada partikel arang sampah organik, memungkinkan peningkatan kinerja bahan bakar pelet, untuk sangat memahami, uji FTIR dilakukan.

Penelitian dilakukan secara eksperimen, dengan menetapkan rasio massa campuran minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> dengan partikel arang sampah organik adalah (1; 5; 10) %. Massa partikel arang sampah organik diukur menggunakan neraca massa, sedangkan volume minyak (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> diukur menggunakan gelas ukur. Pencampuran menggunakan mixer bertenaga motor listrik dengan catu daya AC 220-V dan putaran 50 rpm pada arus listrik 2 A, dengan pencampuran dilakukan selama 10 menit. Pencetakan pelet dilakukan menggunakan mesin cetak pelet vertikal dengan putaran 500 rpm. Dengan tujuan mengetahui spesifikasi bahan bakar pelet dan karakteristik pembakaraan bahan bakar pelet partikel arang sampah organik.

Aparatus pembakaraan pelet ditunjukkan pada Gambar 2. Satu pelet sampah organik ditempatkan di bawah persimpangan termokopel yang terbuat dari Pt/Rh13% (diameter 0,1 mm). Pelet dinyalakan menggunakan koil pemanas listrik (bahan Ni-Cr, diameter 0,4 mm, panjang 30 mm). Resistansi kawat adalah 1,02 Ω. Pemanas listrik bertenaga dengan catu daya AC 220V dengan arus listrik 2 A. Pemanas listrik bertenaga dengan catu daya AC 220-V dengan arus listrik 2 A. Pembakaraan pelet dilakukan pada tekanan atmosfer dan suhu kamar. Sebuah kamera kecepatan tinggi digunakan untuk menangkap gambar nyala api pelet dari awal terbakar sampai selesai pada kecepatan perekaman 120 fps, memungkinkan penentuan waktu tunda pengapian dan total waktu pembakaraan. Suhu pelet selama pembakaraan direkam oleh sensor termokopel, yang terhubung ke data logger dengan frekuensi sampling 1 kHz. Data suhu tercatat lima kali, selanjutnya melakukan validasi rata-rata data dan pembuatan grafik hasil, menggunakan perangkat MiniTab 16.



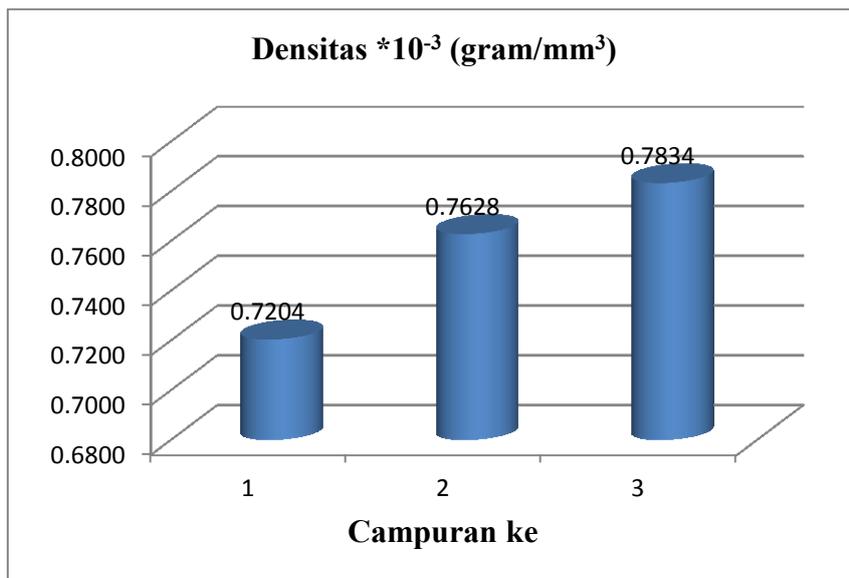
**Gambar 2. Skema instalasi pengujian.**

Keterangan:

- (1) Adaptor, (2) Potensio, (3) Saklar, (4) Koil pemanas, (5) Pelet, (6) Fan, (7) Termokopel, (8) Data logger, (9) Kamera high speed, (10) Komputer laptop.

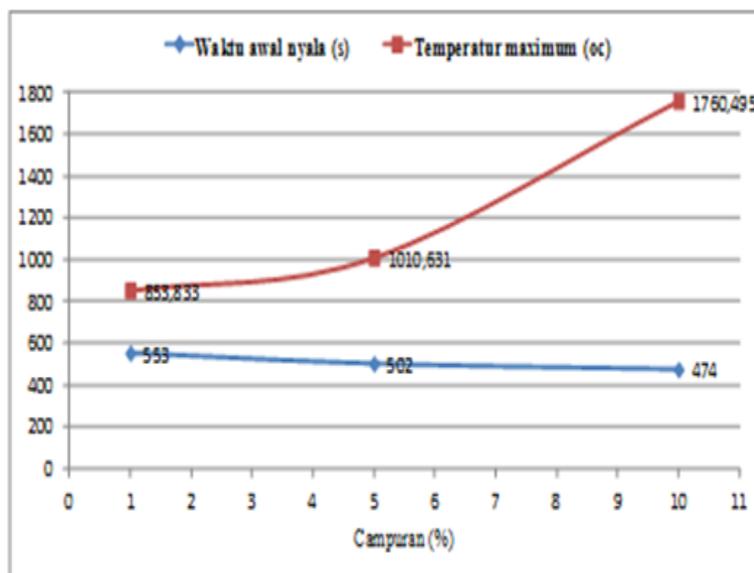
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencampuran menjadikan, massa pelet menjadi meningkat, akan membuat konsentrasi massa di dalam pelet arang sampah organik menjadi meningkat. Semakin besar rasio massa campuran, membentuk spesifikasi yang lebih besar, membentuk densitas pelet dengan menghasilkan yang meningkat. Hasil pencampuran menghasilkan densitas pelet arang sampah semakin besar (Gambar 3).



**Gambar 3. Densitas pelet partikel arang sampah organik**

Pencampuran menghasilkan, pergerakan atom hidrogen ke katalis adalah karena katalis memiliki proton lebih banyak, membuatnya lebih positif dan energik daripada senyawa (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>. Saat katalis menarik atom hidrogen, elektron menjadi aktif dan reaktif elektron memiliki cukup energi untuk bergerak atau ditarik ke permukaan katalis dan massa molekul rantai karbon (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub> menurun. kekuatan dispersi Van der Waals menjadi lemah dan kelelahan.



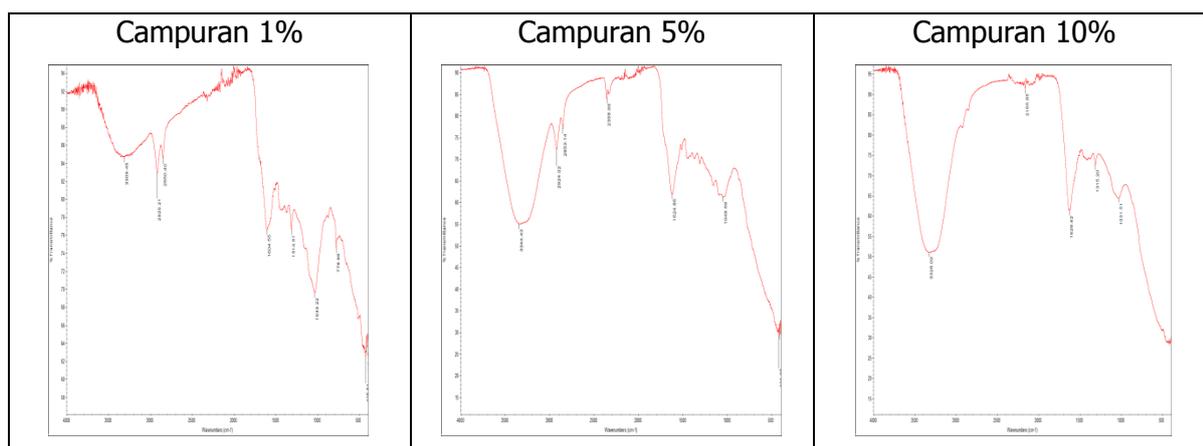
**Gambar 4. Grafik waktu awal nyala dan temperatur maksimum pembakaran pelet partikel arang sampah organik.**

Meningkatnya pelepasan energi pembakaran yang dihasilkan pada rasio massa campuran yang bertambah besar, ditunjukkan dengan temperatur nyala api pembakaran maximum yang bertambah besar (Gambar 4). Dengan massa campuran yang semakin besar, menjadikan mol carbon dalam pelet menjadi meningkat. Sehingga semakin besar rasio massa campuran, membentuk karakteristik penyerapan energi yang lebih luas, membentuk

kesetimbangan reaksi stoikiometri dengan menghasilkan laju pelepasan energi pembakaran yang meningkat.

Unsur kimia (carbon) pada  $(CH_2)_n$  akan membuat konsentrasi molekul carbon di dalam pelet arang sampah organik menjadi meningkat. Hasil pencampuran memperlihatkan karakteristik penyerapan energi panas yang lebih cepat pada saat pembakaran, menghasilkan pelepasan energi pembakaran semakin besar.

Dari hasil pembahasan sebelumnya, diketahui bahwa pencampuran  $(CH_2)_n$  pada partikel arang sampah organik, memungkinkan peningkatan kinerja bahan bakar pelet. Oleh karena itu, untuk sangat memahami dan memperkuat mekanisme kinerja partikel arang sampah organik, uji FTIR dilakukan. Berdasarkan hasil analisa spektrum FTIR (pada Gambar 4), untuk sampel rasio massa campuran minyak  $(CH_2)_n$  dengan partikel arang sampah organik yang meningkat (1; 5; 10) %, terlihat bahwa terdapat beberapa puncak spesifik yang terlihat pada masing-masing panjang gelombang tertentu, terdapat gugus C-O terdapat pada panjang gelombang  $1050 - 1300 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C=C Alkena terdapat pada panjang gelombang  $1610 - 1680 \text{ cm}^{-1}$ , gugus C-H Alkana terdapat pada panjang gelombang  $2850 - 2970 \text{ cm}^{-1}$ , dan gugus C=O dari  $CO_2$  terdapat pada panjang gelombang  $2368,59 \text{ cm}^{-1}$ . Dari gugus-gugus tersebut dapat diketahui bahwa terdapat kandungan unsur C yang meningkat, hal ini membentuk peningkatan temperatur pembakaran bahan bakar pelet.



**Gambar 4. Grafik penyerapan energi %T FT-IR.**

#### 4. KESIMPULAN

Dengan meningkatnya massa campuran minyak  $(CH_2)_n$  pada partikel arang sampah organik, katalis akan berinteraksi dan mengikat hydrogen dari minyak dengan cepat, sehingga massa molekul hydrogen pada minyak menjadi berkurang, membentuk struktur ikatan molekul minyak  $(CH_2)_n$  lebih lemah dengan densitas yang rendah, dan molekulnya lebih cepat reaktif saat menyerap energi panas. Sehingga dengan pemanasan, temperatur minyak  $(CH_2)_n$  menjadi cepat meningkat, kemudian lebih cepat menguap dan terbakar, menjadikan waktu awal nyala pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik yang semakin cepat. Dengan meningkatnya massa campuran  $(CH_2)_n$ , membuat konsentrasi molekul carbon di dalam pelet arang sampah organik menjadi meningkat, sehingga penyerapan energi panas yang lebih cepat pada saat pembakaran, menghasilkan pelepasan energi pembakaran semakin besar. Sehingga dalam pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik, dengan suhu pembakaran bahan bakar pelet partikel arang sampah organik yang meningkat. Hal ini dapat dikonfirmasi oleh %T inframerah dari panas yang diserap semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Christian, B., et al. (2017). ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Performance Evaluation of a Modern Wood Stove Using Charcoal Assessing the Feasibility of Seljeskog Using the Heat Kempegowda Heat Demand Forecast. *Energy Procedia*, 142, 192–97. doi:10.1016/j.egypro.2017.12.031.
- Clery, D. S., et al. (2018). The effects of an Additive on the Release of Potassium in Biomass Combustion. *Fuel*, 214, 647–55, doi:10.1016/j.fuel.2017.11.040.
- Harun, N. Y., and Muhammad T. Afzal. (2016). Effect of Particle Size on Mechanical Properties of Pellets Made from Biomass Blends. *Procedia Engineering*, 148, 93–99, doi:10.1016/j.proeng.2016.06.445.
- Nanlohy, H. Y., et al. (2018). The e Ff Ect of Rh 3 + Catalyst on the Combustion Characteristics of Crude Vegetable Oil Droplets. *Fuel*, 220, 220–32, doi:10.1016/j.fuel.2018.02.001.
- Setiawan, Y., and Aep Surachman. (2015). Reject Waste Pellets of Paper Mills as Fuel and Their Contribution to Greenhouse Gas (GHG). *International Journal of Technology*, 6(5), 847–55, doi:10.14716/ijtech.v6i5.1790.
- Shan, L., et al. (2018). Biomass and Bioenergy Studies on Combustion Behaviours of Single Biomass Particles Using a Visualization Method. *Biomass and Bioenergy*, 109, 54–60, doi:10.1016/j.biombioe.2017.12.008.
- Whittaker, C., and Ian Shield. (2017). Factors a Ff Ecting Wood , Energy Grass and Straw Pellet Durability – A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 71, 1–11, doi:10.1016/j.rser.2016.12.119.

---

Pertanyaan :

Pelet itu apa

Jawaban :

Pelet ini bahan bakar seperti briket tetapi dimensinya lebih kecil

Pertanyaan :

Maksud dari warna merah dan biru itu apa pada grafik

Jawaban :

Merah adalah grafik temperature pembakaran, dengan meningkatnya campuran minyak maka kandungan karbon pada pelet akan semakin bertambah besar, apabila karbon meningkat otomatis temperatur pembakaran semakin besar. Sedangkan biru minyak dan karbon di arang terdapat unsur yang bersifat silika, unsur ini akan mengikat hidrogen pada minyak sehingga mudah terbakar.