

Kinerja bom kalorimeter sebagai alat ukur nilai kalor bahan bakar

Mafruddin^{1*}, Sulis Dri Handono², Mustofa³, Eko Mujiyanto⁴, Ramadan Saputra⁵

^{1,2} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

^{3,4} Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Ki Hajar Dewantara 15 A Kota Metro, Lampung, Indonesia

*Corresponding author. mafruddinmn@gmail.com

Abstract

The calorific value contained in the fuel is one of the benchmarks for the quality of the fuel. To test the calorific value of fuel, a test device such as a bomb calorimeter is needed. The performance of the calorimeter bomb is influenced by the heat absorbed by the water media and the heat wasted into the environment and the heat from the combustion that occurs in the combustion chamber (reactor). Combustion in a bomb calorimeter is affected by the rate of air flow used. The wasted heat to the environment can be minimized by using an insulator on the outer wall of the calorimeter bomb. The purpose of this study was to determine the effect of air flow rate and type of insulator on combustion temperature, heat transfer and accuracy of bomb calorimeter test results. The method used in this research is experimental research by making and testing bomb calorimeters using variations in the air flow rate in the combustion process, namely 40 m/s, 50 m/s and 60 m/s and the types of insulators are air and fiber glass wool. From the results of the research that has been done, it can be concluded that the air flow rate and the type of insulator affect the combustion temperature, heat transfer and accuracy of the bomb calorimeter. The maximum combustion temperature is 480 °C to 490 °C, heat transfer is 77.7 Watts and the highest bomb calorimeter accuracy is 98% obtained at variations in air flow rate of 60 m/s and Fiber glass wool insulator.

Keywords: Air flow rate, insulator type, bomb calorimeter performance.

Abstrak

Nilai kalor yang terkandung didalam bahan bakar merupakan salah satu tolak ukur dari kualitas bahan bakar. Untuk pengujian nilai kalor bahan bakar diperlukan alat uji seperti bom kalorimeter. Kinerja bom kalorimeter dipengaruhi oleh panas yang diserap media air dan panas terbuang ke lingkungan serta panas dari hasil pembakaran yang terjadi didalam ruang pembakaran (reaktor). Pembakaran pada bom kalorimeter dipengaruhi oleh laju aliran udara yang digunakan. Panas yang terbuang ke lingkungan dapat diminimalkan dengan penggunaan isolator pada dinding luar bom kalorimeter. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur pembakaran, perpindahan panas dan akurasi hasil pengujian bom kalorimeter. Metode yang digunakan pada penelitian adalah penelitian eksperimental dengan melakukan pembuatan dan pengujian bom kalorimeter menggunakan variasi laju aliran udara pada proses pembakaran yaitu 40 m/s, 50 m/s dan 60 m/s dan jenis isolator yaitu udara dan *fiber glass woll*. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa laju aliran udara dan jenis isolator berpengaruh terhadap temperatur pembakaran, perpindahan panas dan akurasi bom kalorimeter. Temperatur maksimal pembakaran 480 °C sampai 490 °C, perpindahan panas 77,7 Watt dan akurasi bom kalorimeter tertinggi 98 % diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator *Fiber glass wool*.

Kata kunci: Laju aliran udara, jenis isolator, kinerja bom kalorimeter.

Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan pokok bagi manusia dan salah satu dari prioritas riset nasional pada tahun 2020 sampai 2024. Pada saat ini sumber energi yang digunakan didominasi oleh sumber energi tak terbarukan seperti solar, pertalite/pertamax, batu bara dan sumber energi lainnya. Sedangkan sumber energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan pada saat ini yaitu biogas, biomassa dan sumber energi terbarukan lainnya. Untuk itu perlu dikembangkan sumber energi terbarukan guna mendukung prioritas riset nasional diantaranya dengan mengembangkan penelitian bahan bakar yang berkualitas. Salah satu faktor yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan bahan bakar sebagai sumber energi didasarkan pada nilai kalor dari bahan bakar tersebut. Nilai kalor bahan bakar merupakan nilai yang diperoleh dari hasil pengujian bahan bakar menggunakan bom kalorimeter.

Bom kalorimeter merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menghitung nilai kalor yang dibebaskan pada pembakaran sempurna dalam oksigen berlebih suatu materi. Di Indonesia belum banyak yang melakukan penelitian lebih lanjut mengenai bom kalorimeter [1].

Penelitian yang dilakukan oleh Mardiyah Noviyanti dan Hufri 2020 dengan judul rancang bangun set eksperimen kalorimeter digital dengan pengindera sensor termokopel dan sensor *load cell* berbasis *arduino uno* diketahui bahwa persentase ketepatan dari pembacaan suhu yaitu sebesar 99.38% dengan persentase kesalahan 0.62%. persentase ketepatan dari pembacaan massa yaitu sebesar 99.46% dengan persentase kesalahan 0.54% [2].

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi akurasi hasil pengujian bom kalorimeter yaitu isolator dan alat uji temperatur [3]. Selain itu, hasil pengujian bom kalorimeter juga dipengaruhi oleh proses pembakaran yang terjadi. Pada penelitian dilakukan oleh Subroto dan

Nurhadi Saputra tahun 2016 dengan memvariasikan kecepatan udara yang masuk kedalam tungku terhadap temperatur pembakaran, waktu penyalaan awal dan lama waktu nyala efektif. Hasil penelitian menunjukkan variasi kecepatan udara berpengaruh terhadap temperatur [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Bambang Herlambang dan Djuhana 2016 telah berhasil melakukan modifikasi bom kalorimeter dengan menambahkan isolator panas menggunakan *styrofoam* untuk meningkatkan akurasi pengukuran nilai kalor bahan bakar. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan kecepatan pendinginan temperatur air dalam kalorimeter dari 0,052°C menjadi 0,043°C. Penurunan kecepatan pendinginan ini akan menghasilkan pengukuran yang lebih akurat [3].

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan dan pengujian bom kalorimeter. Pengujian dilakukan dengan variasi jenis isolator dan laju aliran udara pada proses pembakaran terhadap kinerja bom kalorimeter. Dengan penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan alat uji nilai kalor bahan bakar, baik bahan bakar padat, cair maupun gas untuk mendukung proses pembelajaran dan juga sebagai alat uji pada penelitian tentang bahan bakar sebagai sumber energi khususnya energi terbarukan.

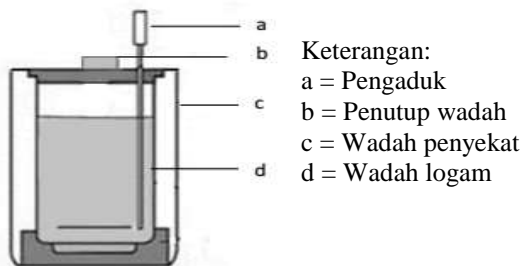
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh jenis isolator terhadap perpindahan panas yang terjadi, mengetahui pengaruh laju aliran udara terhadap temperatur pembakaran pada reaktor (ruang bakar) dan akurasi dari hasil pengujian bom kalorimeter.

Tinjauan Pustaka

Indonesia merupakan negara yang belum banyak meneliti lebih lanjut mengenai bom kalorimeter. Pada penelitian yang dilakukan oleh Hesti Nikmah Safitri dkk. 2018 menguji kelayakan kalorimeter bom hasil penelitian terhadap dosen ahli, kemudian menerapkannya kepada mahasiswa umum. Sampel penelitian yaitu

mahasiswa asisten laboratorium fisika dasar Unnes. Uji kelayakan menghasilkan alat dan buku manual dengan kategori sangat layak. Hasil penerapan alat menghasilkan respon sangat tinggi dari mahasiswa [1].

Kalorimeter adalah alat yang digunakan untuk menentukan kapasitas kalor, kapasitas kalor jenis, dan kapasitas kalor laten dari suatu benda atau bahan. Alat kalorimeter yang sering digunakan dalam percobaan di laboratorium adalah kalorimeter gelas atau kalorimeter termos. Wadah kalorimeter ini terbuat dari logam dan dilapisi oleh bahan isolator untuk mencegah hilangnya kalor dari wadah logam ke lingkungan. Prinsip kerja alat ini adalah mengukur perubahan suhu dan perkiraan kapasitas kalor, umumnya kapasitas kalor wadah dapat diabaikan karena relatif sangat kecil. Bentuk kalorimeter sederhana dapat dilihat pada Gambar berikut [2].



Gambar 1. Kalorimeter Sederhana

Kandungan energi suatu bahan bakar adalah merupakan energi kimia yang dapat diperoleh menjadi energi panas dengan melakukan pembakaran yaitu reaksi kimia antara unsur bahan bakar dengan oksigen. Besarnya energi pembakaran dalam joule per gram (J/gr) kilojoule per kilogram (kJ/kg) atau kilokalori per kilogram (kkal/kg).

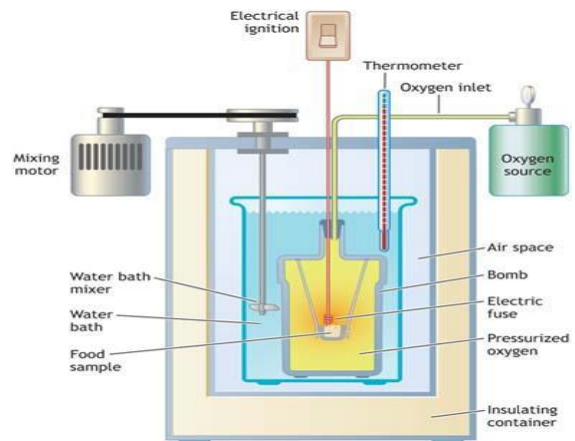
Ada beberapa pengembangan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja bom kalorimeter diantaranya yaitu Pemilihan bahan isolator dan Pemilihan alat ukur temperatur [3]:

Pemilihan bahan isolator panas berdasarkan pada nilai konduktivitas panas dan kemudahan memperolehnya serta faktor harga. Semakin baik isolator maka

semakin sedikit pula kalor yang keluar dan hasil pengukuran yang diperoleh akan semakin akurat.

Alat ukur temperatur yang digunakan pada bom kalorimeter akan mempengaruhi akurasi hasil pengukuran. Untuk itu dipilih alat ukur yang memiliki akurasi yang relatif tinggi dan mudah dalam membaca hasil pengukuran.

Secara umum prinsip kerja bom kalorimeter seperti gambar berikut [5]:



Gambar 2. Prinsip kerja bom kalori meter

Kalor merupakan bentuk energi yang terjadi akibat adanya perubahan suhu. Jadi perubahan kalor pada suatu reaksi dapat diukur melalui pengukuran perubahan suhu yang terjadi [6].

$$Q = m C_p \Delta T \quad (1)$$

Dimana:

- Q = Perubahan Kalor (J)
- m = Massa zat (kg)
- C_p = Kalor jenis zat (J/kg°C)
- ΔT = Perubahan suhu (°C)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Subroto dan Nurhadi Saputra tahun 2016 dengan memvariasikan kecepatan udara yang masuk kedalam tungku (6,0 m/s, 7,0 m/s dan 8,0 m/s) data yang diambil meliputi temperatur pembakaran, waktu penyalaan awal dan lama waktu nyala efektif. Hasil penelitian menunjukkan variasi kecepatan udara berpengaruh terhadap temperatur [4].

Penelitian yang dilakukan oleh Nasruddin Aziz, dkk. 2019 dengan variasi laju aliran massa udara panas dan kecepatan aliran udara lingkungan. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa laju pengeringan sangat dipengaruhi oleh variasi kecepatan aliran udara lingkungan dan laju udara panas hasil pembakaran [7].

Hasil penelitian Wusana Agung Wibowo, dkk. 2014 menunjukkan bahwa Kinerja kompor gasifikasi dipengaruhi oleh laju alir udara dan ukuran tipe aliran udara. Kedua variabel ini menentukan komposisi *combustible gas* yang merupakan indikator baik buruknya komposisi gas produser hasil gasifikasi [8].

Penelitian yang dilakukan oleh Gilang Wahyu Ramadhan dan Basyirun 2020 pengaruh tekanan udara terhadap temperatur pembakaran yaitu apabila tekanan udara semakin tinggi maka temperatur pembakaran yang di hasilkan lebih maksimal dengan tekanan 2,5 bar mendapatkan 994,5°C dan pembakaran semakin cepat yaitu mencatatkan waktu 151 detik, sebaliknya tekanan semakin rendah maka temperatur pembakaran minimal dengan 0,5 bar mendapatkan temperatur 662,0°C dan memperoleh waktu pembakaran yang lebih lama yaitu sebesar 843 detik [9].

Pada penelitian Ahmad Suzaqi, dkk. 2020 dengan judul pengaruh laju udara dan variasi lubang terhadap karakteristik nyala warna api pada kompor gasifikasi biomassa diketahui bahwa laju udara berpengaruh terhadap efisiensi pembakaran [10].

Penelitian yang dilakukan Laifa Rahmawati, dkk. tahun 2010 diketahui bahwa laju aliran udara berbanding terbalik dengan temperatur pembakaran, dimana semakin lambat laju aliran udara akan semakin tinggi temperatur yang dihasilkan dari biobriket sekam padi [11].

Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari suatu daerah kedaerah lain akibat adanya perbedaan suhu atau temperatur pada daerah tersebut. Macam-macam proses perpindahan kalor yaitu perpindahan panas konduksi dan perpindahan panas konveksi serta radiasi [12].

Untuk silinder yang panjangnya melebihi diameternya dapat diasumsikan bahwa aliran kalor berlangsung menurut arah radial, sehingga koordinat ruang yang diperlukan untuk menentukan sistem ini yaitu jari-jari. Luas bidang aliran kalor dalam sistem silinder dihitung dengan persamaan berikut [13].

$$A_r = 2 \pi r L \quad (2)$$

Sehingga perpindahan panas konduksi pada silinder yaitu

$$Q_r = -k A_r \frac{\partial T}{\partial r} \quad (3)$$

Dimana:

- Q_r = Perpindahan panas (W)
- k = Konduktivitas termal (W/m °C)
- A_r = Luas penampang silinder (m²)
- $\frac{\partial T}{\partial r}$ = Gradient temperatur (°C)
- r = Jari-jari silinder (m)
- L = Panjang silinder (m)

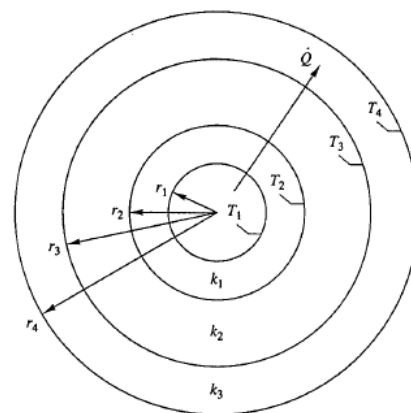
Dan tahanan termal pada silinder dapat diketahui dengan persamaan berikut ini:

$$R_{th} = \frac{\ln (r_2/r_1)}{2 \pi kL} \quad (4)$$

Dimana :

- R_{th} = Tahanan thermal (°C /W)
- r_1 = Jari – jari lingkaran dalam (m)
- r_2 = Jari – jari lingkaran luar (m)

Konsep tahanan termal dapat juga digunakan untuk dinding lapis-rangkap berbentuk silinder, seperti halnya pada dinding datar berikut [14].



Gambar 3. Dinding lapis-rangkap berbentuk silinder

Sehingga penyelesaian perpindahan panas untuk silinder yaitu sebagai berikut [15]:

$$Q = \frac{\Delta T}{\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi kL}} \quad (5)$$

Dimana :

- Q = Perpindahan panas silinder (W)
- ΔT = Perbedaan tempertur ($^{\circ}\text{C}$)
- r_1 = Jari – jari dalam (m)
- r_2 = Jari – jari luar (m)
- k = Konduktivitas thermal (W/m $^{\circ}\text{C}$)
- L = Panjang silinder (m)

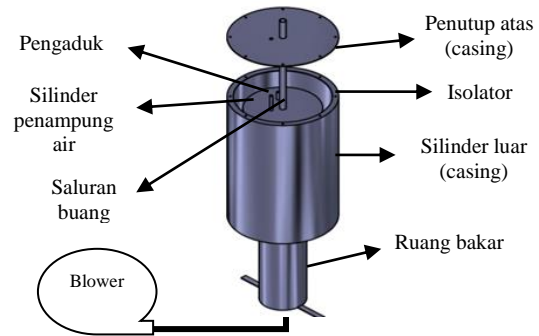
Metode Penelitian

Proses penelitian diawali dengan pembuatan bom kalorimeter yang kemudian dilakukan pengujian kinerja dari bom kalorimeter tersebut. Sampel bahan bakar yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini yaitu arang kayu jati. Sampel bahan bakar tersebut juga dilakukan pengujian menggunakan bom kalorimeter yang sudah tersertifikasi. Hasil dari masing-masing pengujian tersebut nantinya akan dibandingkan guna mengetahui akurasi hasil pengujian bom kalorimeter yang dibuat.

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu laju aliran udara (40 m/s, 50 m/s dan 60 m/s) dan jenis isolator (udara dan *fiber glass wool*). Diameter saluran udara yang digunakan yaitu 1 in. Variabel terkontrol dalam penelitian ini yaitu jumlah bahan bakar yang digunakan untuk pengujian yaitu 50 gram dan volume air yang digunakan sebagai media uji yaitu 8 liter. Pada awal proses penyalaan digunakan bahan bakar tambahan sebagai pemicu guna mempermudah pembakaran pada saat pengujian. Bahan bakar tambahan yang digunakan yaitu spirtus dengan jumlah 10 ml. Pengambilan data dilakukan setiap menit dengan lama durasi pengujian yaitu 60 menit. Dari hasil pengujian bom kalorimeter dengan variasi laju aliran udara 40 m/s, 50 m/s dan 60 m/s dan jenis isolator

(udara dan *Fiber glass wool*) yang digunakan diperoleh data sebagai berikut.

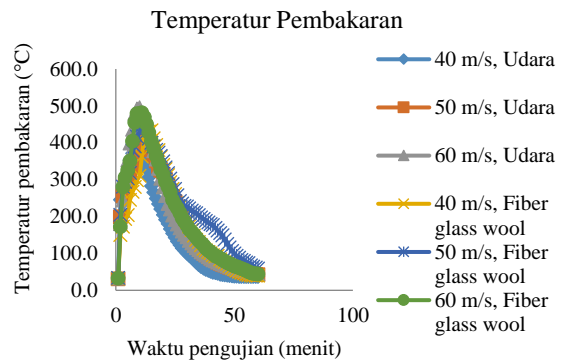
Skema penelitian yang dilakukan dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 4. Skema penelitian

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan analisa data hasil pengujian dan perhitungan diperoleh data pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur pembakaran yang dihasilkan dari pengujian bom kalorimeter.

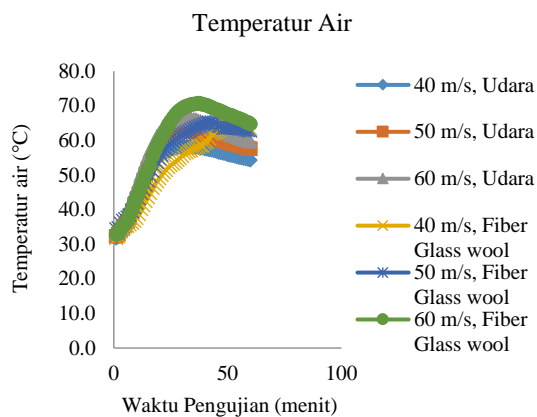


Gambar 5. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur pembakaran

Berdasarkan Gambar 5. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur pembakaran dapat diketahui bahwa pada awal pembakaran temperatur pada ruang bakar masih rendah dan terus mengalami kenaikan hingga mencapai temperatur maksimal pada menit ke 8 sampai pada menit ke 15. Pola grafik hasil pengujian dari masing-masing variasi menunjukkan bentuk yang seragam. Setelah 15 menit pengujian temperatur pembakaran semakin lama semakin menurun hal ini disebabkan karena jumlah bahan bakar yang terbakar semakin berkurang dan habis seiring dengan berjalannya waktu

pengujian. Proses pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar dipengaruhi oleh laju aliran udara yang digunakan. Semakin besar laju aliran udara yang digunakan maka proses pembakaran yang terjadi semakin cepat. Temperatur maksimal proses pembakaran pada variasi laju aliran udara 60 m/s terjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan variasi laju 40 m/s dan 50 m/s. Temperatur maksimal yang dihasilkan dari pembakaran dengan variasi laju aliran udara 60 m/s tercapai pada menit ke 11 sedangkan variasi laju aliran udara 40 m/s temperatur pembakaran maksimal terjadi pada menit ke 15 dan variasi laju aliran udara 50 m/s temperatur maksimal pembakaran terjadi pada menit ke 12.

Berikut ini grafik hasil pengujian pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur air pada pengujian bom kalorimeter.

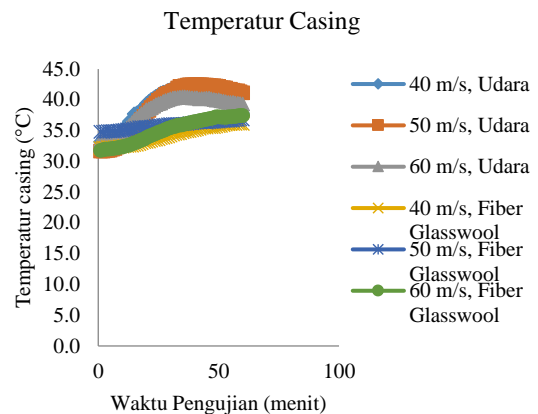


Gambar 6. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur air

Dari gambar 6. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur air dapat diketahui bahwa temperatur maksimal air diperoleh pada menit ke 25 sampai menit ke 55. Grafik temperatur air yang dihasilkan pada proses pengujian memiliki pola yang sama dari masing-masing variasi pengujian. Namun terdapat sedikit perbedaan pada variasi jenis isolator yang digunakan. Penggunaan isolator udara lebih cepat terjadi kenaikan temperatur air jika dibandingkan dengan penggunaan isolator udara. Hal ini terjadi karena isolator *Fiber glass wool* memiliki panas spesifik yang lebih tinggi jika dibandingkan

dengan jenis isolator udara sehingga proses kenaikan temperatur air terjadi juga lebih lama. Temperatur maksimal air dengan isolator udara dicapai pada menit ke 30 sedangkan dengan penggunaan isolator *Fiber glass wool* temperatur maksimal air tercapai pada menit ke 55.

Gambar berikut menjelaskan pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur casing bom kalorimeter.

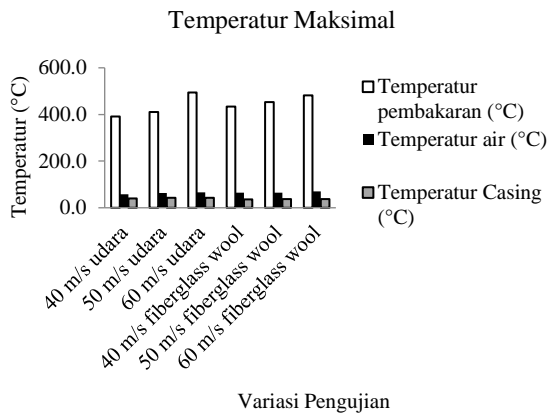


Gambar 7. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur casing

Dari Gambar 7. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap temperatur casing dapat diketahui bahwa jenis isolator berpengaruh terhadap temperatur casing bom kalorimeter. Penggunaan jenis isolator udara menghasilkan temperatur casing yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penggunaan jenis isolator *fiber glass wool*. Selain itu penggunaan jenis isolator udara mengalami kenaikan temperatur yang lebih cepat jika dibandingkan dengan isolator *fiber glass wool*. Temperatur maksimal pada penggunaan jenis isolator udara terjadi pada menit ke 35 sedangkan penggunaan jenis isolator *Fiber glass wool* temperatur maksimal diperoleh pada menit ke 59. Hal ini tentunya akan berpengaruh pada kinerja bom kalorimeter yang diuji. Semakin besar perbedaan temperatur antara casing dan temperatur udara lingkungan serta semakin cepat kenaikan temperatur casing maka akan semakin besar dan cepat perpindahan panas antara casing ke lingkungan.

Gambar berikut menjelaskan pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator

terhadap temperatur maksimal pada pengujian bom kalorimeter.

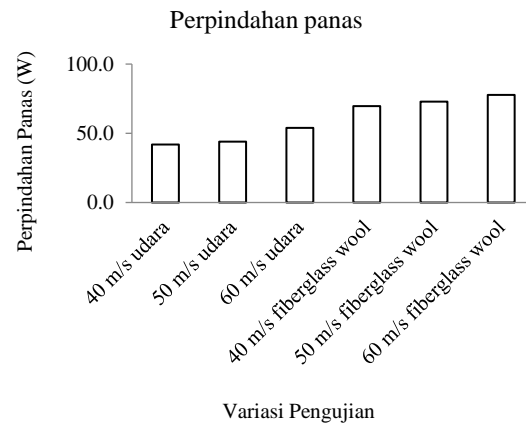


Gambar 8. Temperatur maksimal pada pengujian bom kalorimeter

Dari Gambar 8. Temperatur maksimal pada pengujian bom kalorimeter dapat diketahui bahwa laju aliran udara berpengaruh terhadap temperatur maksimal hasil pembakaran. Temperatur maksimal pembakaran diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s yaitu sebesar 480 °C sampai 490 °C. Sedangkan variasi laju aliran udara 40 m/s temperatur maksimal pembakaran yaitu 390 °C sampai 430 °C dan variasi laju aliran udara 50 m/s temperatur pembakaran diperoleh sebesar 410 °C sampai 450 °C.

Berdasarkan Gambar 8. Temperatur maksimal pada pengujian bom kalorimeter diketahui bahwa laju aliran udara dan jenis isolator yang digunakan berpengaruh pada temperatur maksimal air dan casing. Temperatur maksimal air sebesar 70,7 °C diperoleh dengan penggunaan isolator Fiber glass wool dan laju aliran udara 60 m/s. Variasi jenis isolator yang digunakan berpengaruh terhadap temperatur maksimal casing. Jenis isolator udara menghasilkan temperatur casing yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis isolator *Fiber glass wool*. Semakin tinggi temperatur casing maka perpindahan panas antara casing dengan lingkungan akan semakin besar sehingga panas yang diserap air cenderung lebih rendah yang mengakibatkan temperatur air juga lebih rendah.

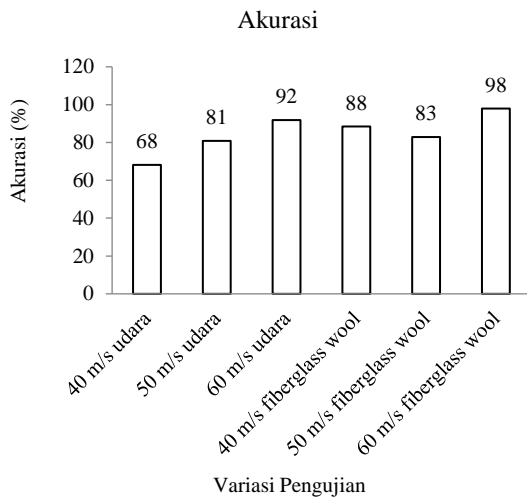
Gambar berikut menjelaskan pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap perpindahan panas pada bom kalorimeter



Gambar 9. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap perpindahan panas

Berdasarkan Gambar 9. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap perpindahan panas dapat diketahui bahwa jenis isolator berpengaruh terhadap perpindahan panas yang terjadi pada bom kalorimeter dari ruang bakar sampai casing luar. Perpindahan panas tertinggi diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator *Fiber glass wool* yaitu sebesar 77,7 watt. Sedangkan dengan variasi laju aliran udara dan isolator udara yang lain perpindahan panas lebih rendah. Perpindahan panas yang terjadi dipengaruhi oleh perbedaan temperatur antara ruang bakar dan casing dan juga jenis isolator yang digunakan. Pada penggunaan jenis isolator *Fiber glass wool* temperatur casing lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan jenis isolator udara, sehingga perpindahan panas pada jenis isolator *Fiber glass wool* cenderung lebih besar. Perpindahan panas yang terjadi pada pengujian bom kalorimeter akan berpengaruh pada kinerja bom kalorimeter tersebut.

Gambar berikut menjelaskan Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap akurasi bom kalorimeter.



Gambar 10. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap tingkat akurasi

Berdasarkan Gambar 10. Pengaruh laju aliran udara dan jenis isolator terhadap akurasi dapat diketahui bahwa variasi laju aliran udara dan jenis isolator berpengaruh terhadap akurasi bom kalorimeter. Akurasi bom kalorimeter tertinggi diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator *Fiber glass wool* yaitu sebesar 98 %. Sedangkan pada variasi yang lain akurasi bom kalorimeter lebih rendah. Pada variasi laju aliran udara 60 m/s mampu menghasilkan proses pembakaran yang sempurna hal ini dibuktikan dengan temperatur yang dihasilkan lebih tinggi (maksimal) jika dibandingkan dengan variasi laju aliran udara yang lainnya. Dengan temperatur pembakaran yang tinggi maka besarnya energi panas yang diserap oleh air akan lebih besar. Selain itu, penggunaan isolator *Fiber glass wool* mampu menurunkan temperatur casing luar sehingga panas yang dihasilkan dari proses pembakaran dapat diserap air secara maksimal dan panas yang terbuang kelingkuangan lebih sedikit. Hal ini yang menyebabkan jenis isolator *Fiber glass wool* mampu menghasilkan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Akurasi hasil pengujian bom kalorimeter yang dibuat masuk dalam kategori baik karena mencapai angka diatas 95% sehingga dapat digunakan sebagai alat uji nilai kalor bahan bakar guna menunjang

proses pembelajaran khususnya mata kuliah bahan bakar dan pembakaran.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa jenis isolator berpengaruh terhadap perpindahan panas yang terjadi pada bom kalorimeter. Perpindahan panas tertinggi diperoleh dengan variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator *Fiber glass wool* yaitu 77,7 watt sedangkan variasi laju aliran udara 50 m/s dan isolator *Fiber glass woll* yaitu 73 watt, variasi laju aliran udara 40 m/s dan isolator *Fiber glass woll* yaitu 69,6 watt, variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator udara yaitu 54,0 watt, variasi laju aliran udara 50 m/s dan isolator udara yaitu 43,9 watt, variasi laju aliran udara 40 m/s dan isolator udara yaitu 41,9 watt. Laju aliran udara berpengaruh terhadap terhadap temperatur pembakaran pada ruang bakar (reaktor) bom kalorimeter.

Temperatur maksimal pembakaram diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s yaitu sebesar 480 °C sampai 490 °C. sedangkan variasi laju aliran udara 40 m/s temperatur maksimal pembakaran yaitu 390 °C sampai 430 °C dan variasi laju aliran udara 50 m/s temperatur pembakaran diperoleh sebesar 410 °C sampai 450 °C. Variasi laju aliran udara dan jenis isolator berpengaruh terhadap akurasi bom kalorimeter. Akurasi bom kalorimeter tertinggi diperoleh pada variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator *Fiber glass wool* yaitu sebesar 98 %. Sedangkan pada variasi laju aliran udara 50 m/s dan isolator *Fiber glass wool* akurasi bom kalorimeter yaitu 83 %, variasi laju aliran udara 40 m/s dan isolator *Fiber glass woll* akurasi bom kalorimeter yaitu 88 %, variasi laju aliran udara 60 m/s dan isolator udara akurasi bom kalorimeter yaitu 92 %, variasi laju aliran udara 50 m/s dan isolator udara akurasi bom kalorimeter yaitu 81 %, variasi laju aliran udara 40 m/s dan isolator udara akurasi bom kalorimeter yaitu 68 %.

Referensi

- [1] Nikmah Safitri H., Masturi dan Supeni Edie S., (2018). Pengembangan Alat Praktikum Kalorimeter Bom pada Pokok Bahasan Kalor. *Unnes Physics Education Journal* 7 (1) (2018).
- [2] Noviyanti M., dan Hufri., (2020). Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital Dengan Pengindera Sensor Termokopel Dan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Uno. *Pillar of Physics*, Vol. 13. April 2020, 34-41.
- [3] Herlambang B., dan Djuhana, (2016). Modifikasi Sebuah Prototipe Kalorimeter Bahan Bakar (*Bomb Calorimetry*) Untuk Meningkatkan Akurasi Pengukuran Nilai Kalor Bahan Bakar Cair. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016 Prodi Teknik Mesin Universitas Pamulang Pamulang*, 12 November 2016.
- [4] Subroto dan Saputra N., (2016). Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Kinerja Tungku Gasifikasi Sekam Padi Tipe *Downdraft* Kontinu. *Media Mesin: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 17 No. 2 Juli 2016: 13-22.
- [5] Nainggolan R., dan Fahmi Hasan F., (2016). Menguji Akurasi Bom Kalorimeter Ika C200 Ver 1.12 Dengan Sampel Batu Bara, Cangkang & Serat Sawit, Minyak Solar Dan Bensin. *Polimedia*, V 36 Ol 19 No. 3 Agustus 2016.
- [6] Kurniawan H., (2017). Analisis Pengaruh Kandungan Logam Berat Terhadap Energi Pembakaran Batubara. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, Vol.1, No.2, Agustus 2017, hal.121-128 ISSN 2549-3698 (printed)/ 2549-3701 (online).
- [7] Aziz N., Djafar Z., dan Kusumawati D., (2019). Pengaruh Laju Aliran Massa Udara Panas Terhadap Kinerja Mesin Pengereng Rak Telur. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 10 No.1: Januari 2019: 897-905.
- [8] Agung Wibowo W., Marantika Afriyadi H., dan Driyatmono N., (2014). Pengaruh Laju Alir Udara Dan Tipe Aliran Udara Terhadap Kinerja Kompor Gasifikasi Tongkol Jagung. *Ekulibrium* Vol. 13. No. 1. Halaman : 7 – 10.
- [9] Gilang Wahyu Ramadhan1, Basyirun2 (2020). Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Oli Bekas Pada Kompor. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin Volume 5 Nomor 2 Oktober 2020* Hal 163-168 <https://journal.uny.ac.id/index.php/dynamika/issue/view/1939>.
- [10] Ahmad Suzaqi, Suwandi dan Nurwulan f., (2020). Pengaruh Laju Udara Dan Variasi Lubang Terhadap Karakteristik Nyala Warna Api Pada Kompor Gasifikasi Biomassa. *e-Proceeding of Engineering : Vol.7, No.3 Desember 2020* (9286).
- [11] Rahmawati L., Rizky Stiyabudi, dan Lita Agustiani C., (2010) Pengaruh Laju Aliran Udara Terhadap Karakteristik pembakaran Biobriket Dari Limbah Penggilingan Padi (Sekam). *Prosiding seminar nasional sains dan pendidikan sains, universitas kristen satya wacana vol. 1 no. 1 juni 2010*.
- [12] Holman, P. Jack, 1997. Perpindahan Kalor. Jakarta: Edisi ke Enam. Penerbit Erlangga.
- [13] Yunus A Cengel., Michael A Boles, 2003. Thermodynamics And Engineering Approach. New York: Edisi ke Lima. Penerbit Mc Grow Hill.
- [14] Wahyu Pribadi L.A, Nurchayati, Made Wijana (2016). Pengaruh Variasi Jenis Dan Tebal Isolasi Terhadap Kehilangan Energi Panas Pada Tungku Gasifikasi Sekam Padi Multi Burner. *Universitas Mataram : Fakultas Teknik Unram., 2016*.
- [15] Legisnal Hakim (2016). Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di

Tinjau Dari Koefisien Perpindahan
Panas Menyeluruh. *Surya Teknika*
Vol. 1 No. 4, Juni 2016 : 50 – 55.