



# MODIFIKASI SEBUAH PROTOTIPE KALORIMETER BAHAN BAKAR (*BOMB CALORIMETRY*) UNTUK MENINGKATKAN AKURASI PENGUKURAN NILAI KALOR BAHAN BAKAR CAIR

**Bambang Herlambang, Djuhana**

Program Studi Teknik Mesin, Fak. Teknik, Univ. Pamulang  
Jl. Surya Kencana, No. 1, Pamulang, Tangerang Selatan, Banten, INDONESIA

**Abstrak** - Permasalahan utama dalam menggunakan kalorimeter bahan bakar adalah terjadinya aliran panas hasil pembakaran yang keluar dari kalorimeter akibat isolator panas yang buruk. Hal ini akan berdampak pada hasil pengukuran nilai kalor pembakaran suatu bahan bakar cair menjadi tidak akurat. Untuk mengatasi hal ini maka dalam penelitian ini dilakukan upaya optimalisasi untuk memperkecil nilai kalor hasil pembakaran yang keluar dari kalorimeter. Optimalisasi ini meliputi penggunaan bahan isolator panas yang digunakan, modifikasi konstruksi dan pemilihan alat ukur yang digunakan. Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan daya isolasi panas hasil pembakaran dan pembacaan temperatur menjadi lebih mudah. Hasil pencatatan temperatur menunjukkan adanya penurunan kecepatan pendinginan dari  $0,052\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$  menjadi  $0,043\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .

**Kata kunci** : kalorimeter bahan bakar, kecepatan pendinginan, nilai kalor dan harga air kalorimeter.

**Abstract** - The main problem in using bomb calorimeter is the heat of combustion that flows to surrounding due to the use bad isolator. This problem will give effect to the measurement accuracy in attempt to obtain calorific value of a liquid fuel. To overcome this problem in this research we optimized a prototype of bomb calorimetry to reduce the heat of combustion result flows to surrounding. The modifications carried out in this research include isolator materials, construction and the instrument used to measure water temperature. The results show that there is improvement on isolation ability and the reading of water temperature becomes easier than previous. The temperature measurement shows that the cooling rate is decreased from  $0,052\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$  becomes  $0,043\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .

**Keywords** : bomb calorimetry, cooling rate, heat of combustion and calorimeter water value

## I. PENDAHULUAN

Bom kalorimeter adalah alat ukur nilai kalor pembakaran suatu bahan bakar cair [1,2]. Akurasi nilai pembakaran hasil pengukurannya sangat ditentukan oleh hasil pengamatan suhu air di dalam kalorimeter sebelum dan sesudah pembakaran. Kesalahan hasil pengamatan suhu berasal dari kesalahan operator (kurang cermat, salah baca dan lainnya), kesalahan alat ukur temperatur (termometer), dan kesalahan internal kalorimeter [3,4,5].

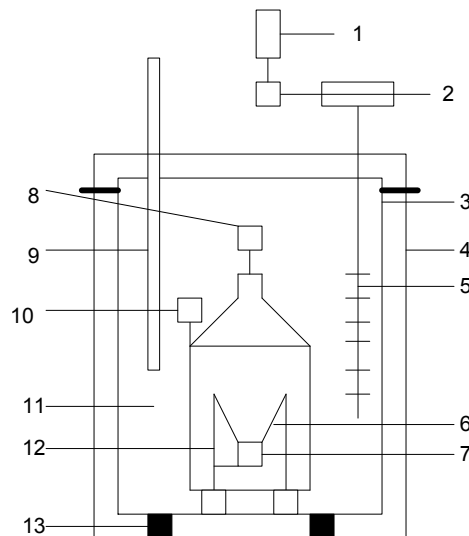
Faktor utama yang menimbulkan kesalahan internal kalorimeter adalah factor kecepatan pendinginan kalorimeter tersebut. Makin tinggi kecepatan pendinginan maka makin besar radiasi panas dari kalorimeter ke udara sekeliling. Maka makin besar pula kesalahan pengamatan suhu sehingga akurasi hasil pengukurannya makin rendah. Penurunan kecepatan pendinginan memerlukan peningkatan kualitas isolator panas kalorimeter.

Dalam tulisan ini penelitian dilakukan untuk mengatasi faktor kesalahan yang disebabkan oleh kesalahan internal kalorimeter yang disebabkan oleh kesalahan dalam perancangan kalorimeter tersebut. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pemilihan isolator panas, perbaikan konstruksi dan pemilihan alat ukur temperatur air dalam kalorimeter.

Untuk mengetahui kualitas pengembangan tersebut maka dilakukan pengujian. Hal yang dievaluasi adalah kecepatan pendinginan. Sebelum dilakukan modifikasi kecepatan pendinginan adalah  $0.052\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .

## II. PERCOBAAN

Sketsa prototipe kalorimeter bahan bakar yang digunakan dalam percobaan ini ditunjukkan pada gambar 1.



Keterangan : 1–Motor; 2–Pulley; 3–Bejana Dalam; 4–Bejana luar; 5–Stirer; 6–Kawat zikring; 7–Crucible; 8–Katup Oksigen; 9–Termokopel; 10– katup pembuka; 11–Air; 12–Penyangga; 13–Penyangga bejana dalam

Gambar 1. Sketsa prototype kalorimeter bahan bakar

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa pengembangan untuk optimalisasi kinerja protipe kalorimeter bahan bakar yang dibuat. Terdapat tiga pengembangan yang dilakukan yaitu :

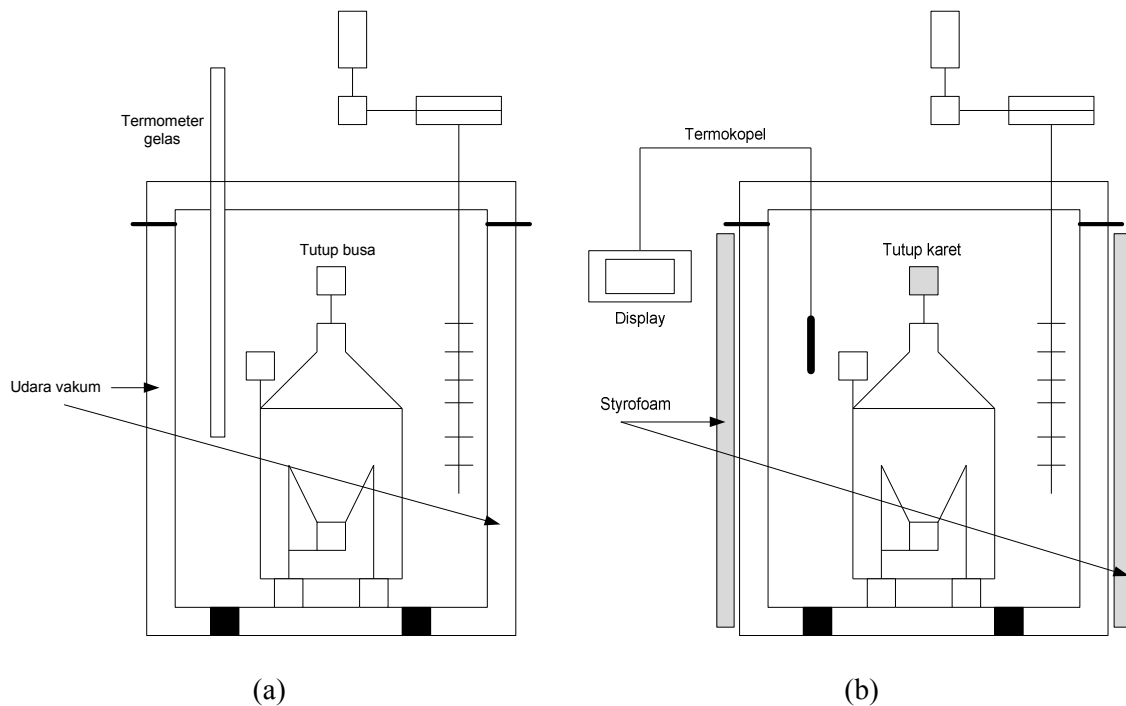
### 1. Pemilihan isolator panas.

Pertimbangan pemilihan bahan isolator panas berdasarkan : nilai konduktivitas panas, massa jenisnya, suhu aplikasinya, kemudahan memperolehnya dan faktor harga. Dalam penelitian ini digunakan isolator yang terbuat dari bahan styrofoam. Bahan ini diketahui memiliki konduktivitas termal yang kecil ( $0.033 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ) dan banyak digunakan untuk isolasi panas. System lama sebelumnya tidak menggunakan isolator panas namun menggunakan udara vakum diantara bejana luar dan bejana dalam ( $0,024 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ). Dipilihnya styrofoam sebagai bahan isolator panas, karena bahan ini memiliki nilai k yang cukup rendah, dan bahan ini mudah diperoleh dan harganya relatif murah di bandingkan jenis lainnya seperti rockwool atau ceramic fiber.

Isolator panas dalam kalorimeter diletakkan pada bagian luar bejana untuk mencegah terjadinya panas yang keluar. Semakin baik isolator maka semakin sedikit pula kalor yang keluar dan hasil pengukuran yang diperoleh akan semakin akurat. Modifikasi disini adalah peningkatan daya isolasi panas pada bagian lubang masuk untuk bahan bakar dan air. Dalam pengembangan ini dilakukan penggantian seal busa pada bagian tutup dan lubang masuk dengan karet sehingga diharapkan kalor yang keluar lebih sedikit. Untuk keperluan ini diperlukan modifikasi tutup dan lubang sehingga seal karet dapat digunakan.

### 2. Pemilihan alat ukur temperatur

Alat ukur temperatur yang digunakan akan mempengaruhi tingkat akurasi hasil pengukuran. Oleh karena itu dipilih alat ukur yang mudah untuk dibaca pembacaannya dan memiliki tingkat akurasi yang relatif tinggi. Dalam pengembangan ini dilakukan penggantian alat ukur temperatur termometer cairan (gelas) dengan termokopel tipe K yang dilengkapi dengan display digital untuk memudahkan pembacaan.

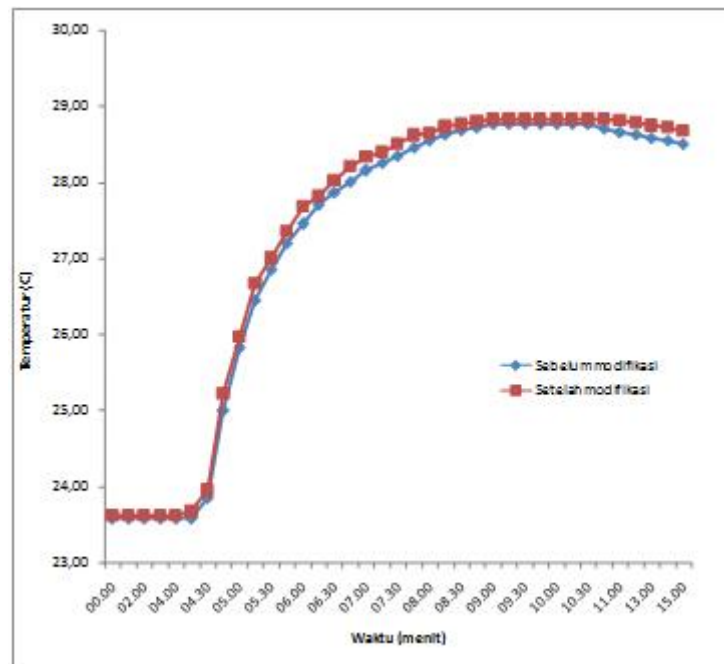


Gambar 2. Bom kalorimeter (a) sebelum modifikasi dan (b) setelah modifikasi

Pengujian dilakukan dengan menggunakan bahan bakar benzoic acid sebanyak 1 gram (nilai kalor pembakaran 6.325 kalori/gram [1,2]) dan pengamatan temperatur air dalam kalorimeter dilakukan setiap menit selama 4 menit sebelum pembakaran, kemudian setiap 15 detik setelah pembakaran bahan bakar sampai tercapai temperatur maksimum dan akhirnya tiap menit selama 5 menit setelah temperatur maksimum. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali dan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Dari hasil tersebut kemudian dibuat grafik temperatur terhadap waktu untuk menentukan kecepatan pendinginan temperatur air dalam kalorimeter.

### III. HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

Hasil pengukuran temperatur air dalam kalorimeter sebelum dan setelah modifikasi ditunjukkan dalam bentuk grafik temperatur terhadap waktu seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik temperatur vs waktu pengukuran kecepatan pendinginan kalorimeter bahan bakar

Bagian yang penting sebagai isolasi panas hasil pembakaran adalah ruang antara bejana luar - bejana dalam dan komponen yang menghubungkannya. Untuk menurunkan kecepatan pendinginan maka bagian ini harus dilakukan modifikasi atau diperbaiki rancangannya.

Kecepatan pendinginan sebuah kalorimeter menyatakan besarnya kecepatan penurunan temperatur akibat adanya aliran kalor hasil pembakaran yang keluar dari kalorimeter [2]. Kecepatan pendinginan merupakan salah satu parameter yang penting untuk diketahui. Parameter ini akan menentukan tingkat keakuratan hasil pengukuran nilai kalor suatu bahan bakar.

Kecepatan pendinginan sebuah kalorimeter bahan bakar sangat dipengaruhi oleh kualitas isolator kalorimeter tersebut [6,7]. Dengan kata lain semakin tinggi kualitas isolator maka akan semakin rendah kecepatan pendinginan.

Kecepatan pendinginan temperatur air dalam kalorimeter dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [2]:

$$v = \frac{T_3 - T_2}{t_3 - t_2} \quad (1)$$

dengan :

- v : kecepatan pendinginan (°C/menit)
- T<sub>3</sub> : temperatur air maksimum hasil pengukuran (°C)
- T<sub>2</sub> : temperatur air akhir pengamatan (°C)
- t<sub>2</sub> : waktu untuk mencapai temperatur maksimum (menit)
- t<sub>3</sub> : waktu untuk mencapai temperatur akhir pengukuran (menit)

Dari hasil pengukuran diperoleh data temperatur maksimum dan akhir air dalam kalorimeter seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Dengan menggunakan persamaan 1, data temperatur dan waktu pada grafik pada gambar 2 maka dapat diketahui kecepatan pendinginan.



Tabel 1. Data percobaan kecepatan pendinginan kalorimeter

	Sebelum modifikasi	Setelah modifikasi
Tmax (°C)	28.77	28.83
Takhir (°C)	28.50	28.68
Waktu (menit)	5,25	5
Kecepatan Pendinginan (C/menit)	0,052	0,043

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa kecepatan pendinginan setelah mengalami pengembangan menunjukkan adanya penurunan dari 0,052°C/menit menjadi 0,043°C/menit. Hal ini berarti kalor hasil pembakaran yang keluar dari kalorimeter ke atmosfer sekelilingnya mengalami penurunan sehingga kesalahan pengamatan temperatur air dalam kalorimeter dapat diperkecil. Dengan demikian akurasi nilai kalor hasil pembakaran semakin meningkat.

Modifikasi yang dilakukan pada tutup dan lubang menggunakan seal karet turut memberikan andil yang besar pada daya isolasi panas hasil pembakaran. Sebelumnya digunakan seal busa sebagai isolator. Penggunaan isolator ini kurang memberikan daya isolasi yang baik terhadap panas dalam kalorimeter karena memiliki lubang kecil sehingga panas yang dihasilkan dari pembakaran dapat keluar dari bom kalorimeter. Namun setelah dilakukan penggantian seal busa dengan karet dan modifikasi pada lubang dan tutup untuk memperoleh daya isolasi yang lebih baik maka dapat diperoleh penurunan kecepatan pendinginan temperatur air dalam kalorimeter. Hal ini disebabkan seal karet memiliki material yang lebih padat dan tidak memiliki lubang seperti busa sehingga mampu menahan panas yang lebih baik dibandingkan seal busa. Disamping itu penggunaan seal karet memudahkan dalam menutup lubang masuk bahan bakar dan air tersebut.

Penggantian alat ukur temperatur berpengaruh besar terhadap tingkat akurasi dan kemudahan dalam pengukuran temperatur air di dalam kalorimeter. Sebelum pengembangan digunakan termometer gelas yang memiliki daya baca 0,1°C. Penggunaan termometer ini membutuhkan kecermatan dan waktu yang relatif lama dalam membaca hasil pengukuran. Dengan cara seperti ini maka kemungkinan terjadinya kesalahan dalam pembacaan temperatur menjadi besar. Dengan menggunakan termokopel tipe K dan display digital dengan daya baca 0,01°C maka tingkat kesalahan pembacaan temperatur air dapat diperkecil [8].

#### IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan modifikasi alat 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.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. American Society for Testing and Materials, *ASTM Standards for Bomb Calorimetry and Combustion Methods*, ASTM, Philadelphia, 1987.
- [2]. Ballaney PL, *Thermal Engineering*, Khanna Publisher, Delhi- India, 10<sup>th</sup> Ed., 1980.
- [3]. Brebbia CA, Keramidias GA, *Computational Methods and Experimental Measurements*, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1984.
- [4]. Ernest O Doebelin, *Measurement System: Application and Design*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill Company, New York, 1990.
- [5]. William D Cooper, *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*, 2<sup>nd</sup> Ed., Jakarta, Penerbit Erlangga, 1994.
- [6]. Holman JP, *Heat Transfer*, 4<sup>th</sup> Ed., McGraw-Hill Kogakusha Ltd., Tokyo, Japan, 1976.
- [7]. Frank P Incropera, David P De Witt, *Introduction to Heat Transfer*, 2<sup>nd</sup> Ed., John Wiley & Sons, Singapore, 1990.
- [8]. Harry Norton, *Handbook of Transducers*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 1989.