

RANCANG BANGUN ALAT PRAKTIKUM KALORIMETER COFFEE-CUP PENGUKUR KALOR JENIS BERBANTUAN ARDUINO UNO

¹⁾Nur Aisyah, ¹⁾Alex Harijanto, ¹⁾Lailatul Nuraini

¹⁾ Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email: nuraissy9@gmail.com

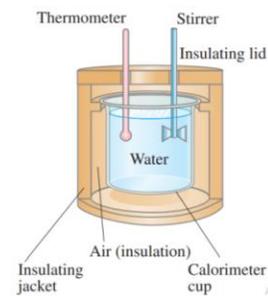
Abstract

Practical activities are a series of activities carried out to apply skills or practice something that requires practical tools in its implementation. The purpose of using practical tools is to meet the needs of practitioners in carrying out a process. One of the physics concepts that can be explained through practical activities is calorimetry. Specific heat is one of the observations made during the practicum using a calorimeter. The specific heat of the material is usually measured using a coffee-cup calorimeter manually. The obstacle faced by the practitioner during the calorimetry practicum is that the measurement of the dependent variables takes up the time and attention of the practitioner in the implementation of the practicum. The objectives of this research are (1) to design an Arduino Uno-based calorimeter practicum tool; (2) explain the work system of the Arduino Uno-based calorimeter practicum tool. This study uses a type of research and development (Research and Development) with a Nieveen design conducted in the Laboratory of Physics Education Study FKIP Jember University. Nieveen's design research procedures include Preliminary Research, Prototyping Stage, and Assessment Stage (summative evaluation). Based on the results of data analysis, there is a very strong relationship between the data from the measurement results of the design of the tool and the data from the results of the measuring instruments that have been standardized. The results of the measurement of the specific heat of the material using the design of the tool indicate a conformity with the previous theoretical study.

Key word: calorimetry, calorimeter coffee-cup, sensor loadcell, sensor DHT22, arduino-based.

PENDAHULUAN

Pertukaran energi adalah dasar untuk sebuah teknik yang dikenal sebagai kalorimetri. Kalorimetri merupakan proses pengukuran panas yang bertukar secara kuantitatif menggunakan alat yang disebut dengan kalorimeter, (Giancoli, 2001). Bagian-bagian kalorimeter terdiri dari termometer, pengaduk, penutup, kalorimeter, dan bejana luar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Kalorimeter
(sumber : Giancoli, 2001)

Kalorimeter ialah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah kalor yang dipindahkan ke atau dari suatu benda. Salah satu penggunaan penting dari kalorimeter adalah dalam penentuan kalor jenis zat tertentu. Teknik umum yang dikenal sebagai "metode campuran" yaitu sampel suatu zat dipanaskan hingga suhu tinggi lalu diukur secara akurat dan dengan cepat di tempatkan pada air dingin dalam kalorimeter. Inti dari kalorimetri adalah untuk "menjebak" panas yang masuk atau keluar dari sistem dan mendapatkan ukuran kuantitatifnya, dalam satuan Joule. Kalorimeter (air dan wadah) akan memiliki kapasitas kalor tertentu (Kkal) yang akan memiliki satuan $J/^{\circ}C$ atau kJ/K , (Giancoli, 2001). Sesuai dengan tulisan McCord (2007:2) yang menyatakan bahwa kalorimeter diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu kalorimeter bom dan kalorimeter *coffee-cup*.

a. Kalorimeter Bom

Proses pengukuran kalor yang menggunakan kalorimeter bom dilakukan dalam kondisi volume konstan (isokhorik). Hal ini ditunjukkan secara eksplisit dengan menulis q_v untuk istilah panas, v menunjukkan bahwa proses pengukuran dilakukan pada volume konstan. Volume dipertahankan konstan dan V dipaksa menjadi nol, sehingga tidak ada ekspansi yang dapat dilakukan selama proses ($w = 0$). Ini berarti bahwa semua aliran panas (q_v) sama dengan perubahan energi internal (U), (McCord, 2007:2).

b. Kalorimeter *coffee-cup*

Kalorimetri *coffee-cup* dilakukan di bawah kondisi tekanan konstan (isobarik), sehingga aliran panas (q_p) sama dengan perubahan entalpi (H). Seperti semua kalorimetri, ($q_{kal} = Kkal \cdot \Delta T$) Kkal adalah kapasitas panas seluruh kalorimeter (baik air dan perangkat keras). Namun, karena "perangkat keras" kalorimeter *coffee-cup* sebenarnya hanyalah cangkir, maka

kapasitas panas perangkat keras dianggap nol dan hanya mempertimbangkan air. Hanya dengan menggunakan kalor jenis air dan massa air, didapatkan $q_{kal} = m_{air} \cdot C_{s_{air}} \cdot T$. Cangkir itu sendiri diasumsikan tidak berkontribusi pada penyerapan panas secara keseluruhan, karena dinding cangkir diperlakukan sebagai dinding adiabatik sempurna. Proses adiabatik adalah proses dimana $q = 0$ karena dinding adiabatik adalah isolator yang sempurna. Kalorimetri *coffee-cup* dilakukan dengan melarutkan sistem dalam air, sehingga keduanya menempati ruang yang sama persis. Hal ini menjadi penting untuk termodinamika karena terkadang batas untuk sistem / lingkungan bisa sangat abstrak, (McCord, 2007:2).

Alat praktikum kalorimeter yang kurang memadai menyebabkan kegiatan praktikum yang dilakukan didalam kelas yang menyebabkan situasi kurang kondusif, (Rahman dkk., 2015). Terbatasnya waktu menjadi salah satu faktor terkendalanya pengambilan data hasil praktikum menggunakan kalorimeter, (Nurdiana dkk, 2019:51). Alat praktikum kalorimeter *coffee-cup* memerlukan atensi praktikan pada prosedur pengoperasian alat karena praktikan cenderung lebih memperhatikan termometer untuk pengukuran suhu, (Alamsyah, 2016:64). Oleh karena itu, studi pendahuluan dilakukan agar memudahkan peneliti dalam membuat alat praktikum yang inovatif, mudah dioperasikan namun tidak kehilangan fungsi sebagai pengukur kalor jenis bahan.

Berbeda dari penelitian sebelumnya, peneliti menampilkan pilihan menu untuk pengukuran dengan suhu materi tertentu serta tampilan hasil perhitungan massa campuran, suhu campuran, dan kalor jenis pada LCD. Sensor suhu DHT22 ditempelkan pada tutup kalorimeter yang berfungsi untuk mengukur nilai dari suhu campuran setelah bahan dipanaskan pada suhu tertentu dan

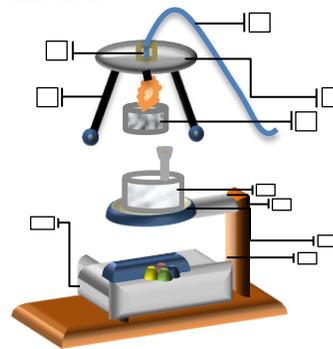
dicampurkan dengan air yang ada di dalam kalorimeter. Sensor *loadcell* dipasang pada statif dengan menempelkan salah satu ujungnya dengan penampang yang berfungsi untuk mengukur massa bahan tertentu. Sketsa program yang telah di *run* pada board Arduino Uno dan kedua sensor tersebut akan melakukan pengukuran secara serempak. Hasil pengukuran oleh sensor suhu DHT22 dan sensor *loadcell* akan ditampilkan secara bersamaan pada LCD berupa nilai suhu campuran, massa bahan, dan kalor jenis bahan.

Sensor DHT22 adalah output digital yang telah terkalibrasi. Stabilitasnya yang jangka panjang membuat sensor DHT22 digunakan untuk berbagai keperluan mulai dari peralatan rumah tangga, produk konsumen, hingga deteksi kelembapan pada unit medis. Ukurannya yang kecil dan konsumsi energi yang rendah membuat sensor ini cocok untuk aplikasi yang berat, (Circuit School, 2020). Sensor *loadcell* digunakan karena perubahan sinyal keluaran sensor ini tidak berubah selama pembebanan dan akibat lingkungan sekitar. Tidak ada perubahan pengukuran saat sensor diberikan beban dan setelah beban dihilangkan. Nilai pengukuran saat sensor diberikan beban selalu konstan, (Jost D., 2019). Kedua sensor ini sangat digemari karena harganya murah, pengoperasiannya sederhana, namun memiliki performa yang bagus. Berdasarkan penjelasan tersebut, maka penelitian ini akan membahas tentang Rancang Bangun Alat Praktikum Kalorimeter *Coffee-cup* Pengukur Kalor Jenis berbantuan Arduino Uno.

METODE

Jenis penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah jenis penelitian *research and development* dengan desain

penelitian adalah desain Nieveen dengan tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) *Preliminary research*, (2) *Prototyping stage*, dan (3) *Assessment stage (summative evaluation)*, (Nieveen dkk., 2017:233-234). Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menjelaskan pembuatan dan sistem kerja alat serta menampilkan hasil ukur dari nilai kalor jenis suatu bahan menggunakan kalorimeter berbasis Arduino Uno berbantuan sensor *loadcell* dan sensor suhu DHT22. Perancangan kalorimeter coffee-cup berbantuan Arduino Uno dilakukan dengan memasang sensor *loadcell* pada statif dan menempelkan sensor suhu DHT22 pada tutup kalorimeter. Sensor *loadcell* digunakan untuk mengukur massa bahan sedangkan sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu akhir campuran. Kedua sensor ini telah dirangkai dengan *push button* dan LCD ukuran 20×4 kemudian disimpan di dalam box kecil. Sensor *loadcell* bersifat analog sehingga untuk menggunakannya harus dilakukan kalibrasi, sedangkan sensor DHT22 telah memiliki sistem kalibrasi otomatis. Desain rancangan alat praktikum pengukur kalor jenis berbantuan Arduino UNO diterangkan dalam Gambar 2:



Gambar 2. Desain akhir alat praktikum

Tahap *assesment stage* atau uji coba lapang dilakukan untuk memanfaatkan fungsi alat praktikum kalorimeter *coffee-cup* pengukur kalor jenis yaitu mengukur kalor jenis bahan. Bahan yang digunakan pada

penelitian ini adalah kubus bahan besi, tembaga, dan bahan. Uji coba lapang bersifat terbatas berskala laboratorium dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Pengambilan data dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali. Setiap balok bahan dilakukan percobaan sebanyak 15 kali dengan tiga tetapan suhu yaitu pada 60°C, 70°C, dan 80°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian *research and development* rancang bangun alat praktikum pengukur kalor jenis ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat alat praktikum pengukur kalor jenis bahan, massa serta suhu akhir campuran sebagai hasil akhir praktikum pengukur kalor jenis bahan. Penelitian ini dimulai dari tahap *preliminary research* atau studi pendahuluan untuk memperoleh gambaran awal terkait rancang bangun alat praktikum pengukur kalor jenis bahan. Berbeda dari penelitian yang telah ada, alat praktikum yang dibuat dalam penelitian ini telah berinovasi dengan menambahkan LCD 20×4 untuk menampilkan hasil pengukuran dan memasukkan persamaan kalor jenis bahan pada *coding* di Arduino Uno untuk mempermudah pengambilan data ukur kalor jenis bahan. Selain itu, variasi menu suhu bahan juga ditambahkan pada tampilan LCD, sehingga praktikan dapat memanfaatkan alat sesuai kebutuhan dengan bantuan tombol *push button* yang terpasang di permukaan *box*.

Tahap *prototyping stage* atau perancangan alat diawali dengan pembuatan rancangan alat praktikum pengukur kalor jenis dibuat peneliti menggunakan *software fritzing*. Pemilihan Arduino Uno sebagai mikrokontroler atau sistem kendali dikarenakan kebutuhan yang digunakan pada rancang bangun alat praktikum ini cukup menggunakan Arduino Uno dan dioperasikan menggunakan bahasa pemrograman melalui Arduino IDE.

Arduino Uno difungsikan sebagai sistem kendali sensor *loadcell*, sensor DHT22 dan LCD. Sensor *loadcell* digunakan untuk mengukur massa bahan setelah bahan yang telah dipanaskan pada suhu tertentu, dicampurkan dengan air di dalam kalorimeter dan diletakkan pada alas penampang. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu akhir campuran setelah bahan yang dipanaskan pada suhu tertentu dicampurkan dengan air di dalam kalorimeter. Sensor *loadcell* dan sensor DHT22 dipilih dengan mempertimbangkan beberapa faktor, salah satunya adalah karena kedua sensor tersebut memiliki harga yang ekonomis namun tetap memiliki performa yang bagus. Sensor DHT22 dapat mengirimkan sinyal hingga 2 meter dan memiliki kemampuan anti gangguan, serta output digital yang telah terkalibrasi. Stabilitas jangka panjang, ukurannya yang kecil dan konsumsi energi yang rendah membuat sensor ini cocok untuk aplikasi yang berat, (Circuit School, 2020). Sensor *loadcell* banyak digunakan karena perubahan sinyal keluaran sensor ini tidak berubah selama pembebanan dan akibat lingkungan sekitar. Tidak ada perubahan pengukuran saat sensor diberikan beban dan setelah beban dihilangkan, serta nilai pengukuran saat sensor diberikan beban selalu konstan, (Jost. D., 2019).

Kubus bahan yang digunakan sebagai variabel bebas pada penelitian ini adalah kubus bahan besi, tembaga, dan bahan, sedangkan suhu bahan yang ditetapkan untuk menjadi variabel bebas adalah suhu bahan pada 60°C, 70°C, 80°C. Sesuai dengan spesifikasinya, sensor DHT22 dapat bekerja dengan baik pada suhu -40°C sampai 125°C, sehingga peneliti memilih suhu 60°C, 70°C, dan 80°C sebagai variabel bebas tetapan suhu bahan yang dipanaskan agar sensor DHT22 dapat memaksimalkan fungsinya dalam mengukur suhu akhir campuran.

SIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun alat praktikum pengukur kalor jenis bahan telah berhasil dibuat dengan pedoman desain penelitian Nieveen melalui 3 tahapan yaitu *preliminary research* atau studi pendahuluan untuk memperoleh rancangan awal desain alat praktikum, kemudian dilanjutkan ke tahap *prototyping stage*. Proses pembuatan rancang bangun alat praktikum ini meliputi penyediaan alat dan bahan, serta pembuatan desain produk. Tahap terakhir adalah tahap uji coba terbatas alat praktikum melalui kalibrasi, perbaikan alat dan menghasilkan rancang bangun alat yang sudah terkalibrasi. Sistem kerja alat praktikum kalorimeter berbantuan Arduino Uno adalah mengkonversi perubahan resistansi oleh sensor DHT22 sehingga menghasilkan nilai kelembapan dan suhu lingkungan yang dapat dibaca mikrokontroler. Sensor *loadcell* akan menampilkan hasil ukur massa setelah kalorimeter yang berisi air dan kubus bahan diletakkan diatas alas penampang. Sesuai dengan prinsip kerjanya, beban yang diletakkan diatas sensor *loadcell* mengakibatkan perubahan bentuk secara elastis dari reaksi logam. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan tersebut kemudian dikonversikan ke dalam sinyal listrik oleh strain gauge, sehingga LCD dapat menampilkan nilai ukur massa bahan.

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, terdapat beberapa saran yaitu: (1) bagi siswa dan mahasiswa, rancang bangun alat praktikum ini dapat membantu dalam pengukuran kalor jenis bahan; (2) bagi peneliti selanjutnya, mengganti sensor *loadcell* sebagai alat ukur massa karena sifatnya yang sensitif terhadap tegangan dan regangan serta tidak terkalibrasi secara otomatis; dan (3) bagi guru dapat diujicobakan kepada siswa agar kegunaannya bermanfaat lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, W. N. 2016. Pengembangan Lembar Kerja Siswa (LKS) berbasis *Discovery Learning* untuk Meningkatkan *Life Skill* Siswa SMA pada Pokok Bahasan Suhu dan Kalor. *Skripsi*. Semarang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Giancoli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Jost, D. 2019. What is a *Loadcell*?. <https://www.fierceelectronics.com/sensors/what-a-load-sensor>. [diakses 19 Mei 2021] .
- McCord, P. 2007. *Principles of Chemistry II*. Texas : University of Texas.
- Nieveen, N. et al. 2017. *Educational Design Research*. Enschede : Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO).
- Noviyanti, M., dan Hufri. 2020. Rancang Bangun Set Eksperimen Kalorimeter Digital dengan Pengindera Sensor Termokopel dan Sensor *Loadcell* Berbasis Arduino Uno. *Pillar of Physics*. 13(1):40.
- Nurdiana, I. M., A. Harijanto, dan S. H. P. Budi. 2019. Efektifitas Pembelajaran Suhu dan Kalor menggunakan Model *Inkuiri* Terbimbing Disertai *Mind Mapping* terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Siswa SMA. *Jurnal Pembelajaran Fisika*. 8(1):51.
- Prakoso, B. F., A. D Sutomo., dan Riyatun. 2018. Design of Calorimeter Based on Microcontroller. *Physics*. 5:2-5.

- Purnomo, S. 2013. Metode Penelitian dan Pengembangan (Pengenalan untuk Mengembangkan Produk Pembelajaran Bahasa Arab). *LITERASI*. 4(1):21-22.
- Rahman, D., Adlim, Mustanir. 2015. Analisis Kendala dan Alternatif Solusi terhadap Pelaksanaan Praktikum Kimia pada SLTA Negeri Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*. 3(2):1-13.
- Staff Circuit Schools. 2020. DHT22 Temperature and Humidity Sensor. <https://www.circuitschools.com/dht22-temperature-and-humidity-sensor/> [diakses pada 18 Mei 2021].