



Rancang Bangun Alat Peraga Water Heater Menggunakan Heater Portable Dan Sensor Ds18b20 Berbasis Arduino Uno R3 Pada Konsep Termodinamika

Alfiatun Hasanah¹, Cindy Ineke Ferdianti², Lia Silvira³, Naili Farika⁴, Nurul Faradillah⁵ Alex Harijanto⁶ Subiki⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember

Abstract

Received: 12 April 2023

Revised: 22 April 2023

Accepted: 15 Mei 2023

This study aims to enable high school/MA students 1) to know and design a Water Heater Demonstration Tool Using an Arduino Uno R3-Based Portable Heater and a DS18B20 Sensor on the Thermodynamics Concept, 2) to know the results of experiments using an Arduino Uno-based Water Heater trainer on the Thermodynamics concept, 3) can find out the comparison of the results of the Arduino-based demonstration with the display shown by the Thermodynamics temperature measuring device. This research method uses the Research and Development method. The results of the study show that the weather heater trainer using the Arduino-based portable heater and sensor DS18B20 can explain the concept of thermodynamics in the discussion of energy changes, heat insulation against temperature properly. This teaching aid obtains measurement results with the smallest error value of -3.95% and the largest error of 2.27% when compared to the results of measuring the temperature of the thermometer

Keywords: Water Heater, Arduino Uno, Thermodynamics

(*) Corresponding Author: Alfiatunhasanah@gmail.com

How to Cite: Hasanah A, Ferdianti Cindy, Silvira L, Farika N, Faradillah N, Harijanto A, & Subiki. (2023). Rancang Bangun Alat Peraga Water Heater Menggunakan Heater Portable Dan Sensor Ds18b20 Berbasis Arduino Uno R3 Pada Konsep Termodinamika. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8067619>

PENDAHULUAN

Fisika ialah ilmu yang permulaannya dari mengamati, mengambil hipotesis, menjalankan percobaan, dan menarik kesimpulan. Mempelajari fisika tidak bisa hanya mengandalkan sikap menghafalkan teori maupun rumus saja. Fisika tidak bisa hanya dipelajari dengan mengerjakan berbagai latihan soal di dalam buku, akan tetapi diperlukan penerapan dan percobaan secara langsung terhadap lingkungan sekitar untuk mengetahui kebermaknaan akan teori yang dipelajari. Mempelajari fisika yang hanya mengerjakan soal-soal latihan membuat anggapan bahwasannya fisika itu sulit meskipun sebenarnya terapan dalam kehidupan sehari-hari banyak sekali (Aprilia et al., 2022). Terdapat suatu materi fisika yang harus dipahami peserta didik yaitu termodinamika. Termodinamika menjelaskan mengenai kalor (panas) serta cara perpindahannya. Materi termodinamika melibatkan konsep-konsep yang relevan dengan kehidupan sehari-hari dan pemanfaatan teknologi (Sudarmo et al., 2018). Materi sebenarnya mempelajari konsep yang mudah sebab dapat ditemukan dalam kehidupan sehari-hari baik saat memasak di dapur, penggunaan listrik, dll. Namun seorang pendidik biasanya hanya menjelaskan penerapan konsep termodinamika dalam lingkup sehari-hari hanya itu-itu saja tanpa adanya contoh terapan lainnya Terdapat beberapa permasalahan dapat timbul, seperti konsep yang abstrak, kurangnya contoh aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, kesulitan dalam menghitung dan



menerapkan rumus, serta kurangnya pengalaman praktis. Hal ini dapat membuat siswa kesulitan memahami materi dan menerapkan konsep termodinamika dalam kehidupan nyata (Jamuri et al., 2015).

Kemajuan teknologi yang disertai dengan perkembangan ilmu pengetahuan pada zaman sekarang, banyak menghasilkan alat-alat kompleks. Arduino merupakan suatu platform komputasi nyata *open source* dengan basis rangkaian *input/ output* sederhana (I/O) dan lingkungan pengembangan yang menggambarkan atau menerjemahkan bahasa *Processing* (Sokop et al., 2016). Arduino uno ialah perangkat kit elektronik yang bersifat *open source* yang dirancang secara khusus untuk programmer di bidang perangkat elektronik agar dapat terhubung dengan berbagai macam pengendali serta sensor. Kit Arduino ialah perangkat keras yang bersifat *open source*, yang mana dapat dibuat serta bebas dikembangkan oleh siapapun. Arduino uno R3 dapat dihubungkan dengan koneksi USB dan sumber daya eksternal (Dahlan et al., 2022). Daya data line dapat diambil oleh sensor DS18B20 secara langsung, atau dapat disebut juga dengan *parasite power*, sehingga tidak memerlukan sumber daya eksternal. Sensor DS18B20 memiliki berbagai fitur, termasuk sistem pengontrol lingkungan, sistem pemantau suhu tubuh meskipun berada di dalam peralatan dan bangunan, sistem pemantauan proses, serta sistem pengontrol (Bakti & Wardati, 2019).

Tujuan dari penelitian yang berjudul “Rancang Bangun Alat Peraga Water Heater Menggunakan Heater Portable Dan Sensor Ds18b20 Berbasis Arduino Uno R3 Pada Konsep Termodinamika” ini yaitu siswa SMA/MA dapat mengetahui dan merancang alat Peraga Water Heater Menggunakan Heater Portable Berbasis Arduino Uno R3 Dan Sensor DS18B20 Pada Konsep Termodinamika, dapat mengetahui hasil percobaan dengan menggunakan alat peraga Water Heater berbasis Arduino Uno pada konsep Termodinamika, dan dapat mengetahui perbandingan hasil percobaan dengan menggunakan tampilan LCD alat peraga berbasis arduino dengan tampilan yang ditunjukkan oleh alat pengukur suhu Termometer.

METODE

Artikel ini merupakan jenis penelitian *Research and Development (R&D)*. Jenis penelitian *Research and Development (R&D)* ini adalah penelitian yang secara teratur, memiliki tujuan untuk menggali temuan, merumuskan suatu permasalahan, mengembangkan suatu percobaan, menghasilkan sesuatu yang baru, dan menguji tingkat efektif dari suatu produk (Devega & Ambiyar, 2018). Kegiatan *research* dilakukan untuk memperoleh informasi dan pengetahuan yang dibutuhkan terkait dengan tema artikel. Untuk mendapatkan suatu produk, maka digunakannya penelitian yang nantinya akan menganalisis keperluan untuk mengetahui tingkat efektif suatu produk tersebut agar mampu dimanfaatkan di lingkungan masyarakat yang luas (Sidik, 2019). Penelitian dapat dikatakan berhasil ketika alat peraga dapat digunakan sesuai seperti yang diharapkan (Anantama et al., 2020). Kegiatan *research* dilakukan dengan menghimpun informasi dari artikel dalam penelitian-penelitian lain yang relevan. Kegiatan *development* dilakukan untuk menghasilkan alat peraga. Alat peraga dapat membuat proses pembelajaran akan jadi lebih menarik dan mampu membuat siswa lebih bersemangat (Hania et al., 2020).

Terdapat tiga prosedur yang digunakan sebagai langkah dalam penelitian ini, yang merupakan prosedur penelitian dan pengembangan milik Nieveen antara lain diawali dengan (1) Preliminary Research, lalu dilanjutkan dengan tahap (2) Prototyping Stage, dan diakhiri dengan tahap (3) Assesment Stage (Summative Evaluation). Tujuan penggunaan Analisis Regresi Linier yaitu untuk mengetahui tingkat keakuratan yang dihasilkan oleh alat peraga yang sedang dikembangkan. Keakuratan menggunakan Analisis Regresi tersebut berbantuan Microsoft Excel.

a. Tahap Studi Pendahuluan (Preliminary Research)

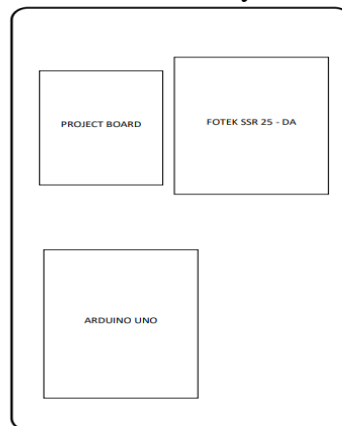
Tahap awal dari penelitian adalah studi pendahuluan, yang bertujuan untuk mendapatkan pemahaman awal tentang penelitian yang akan dilaksanakan. Dalam tahap ini, peneliti mencari studi literatur dengan berlandaskan pada penelitian-penelitian terdahulu untuk menelaah permasalahan yang sedang terjadi. Pada tahap ini mencakup pengumpulan kajian teori yang berasal dari penelitian terdahulu yang berhubungan.

b. Tahap Perencanaan (Prototyping Stage)

Pada tahap ini terdapat 5 tahap, yaitu:

1. Membuat Layout

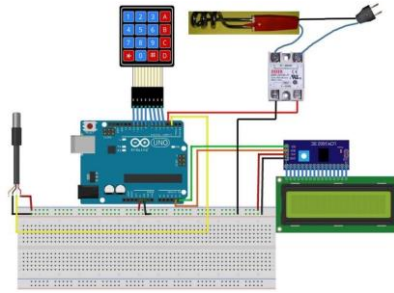
Langkah pertama yang dilakukan yaitu membuat desain perancangan atau layout mengenai bagaimana bentuk alat peraga yang akan dibuat. pembuatan layout meliputi desain bagian atas, isi atau alas, samping kiri, dan samping kanan. Gambar desain layout dalam atau alas sebagai berikut:



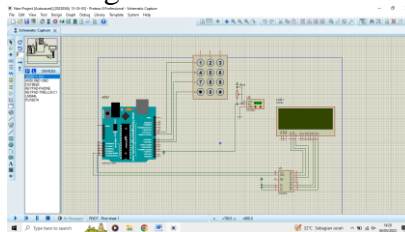
Gambar 1. Layout Alat Peraga

2. Membuat Rancangan KIT Water Heater

Langkah ini berisi kegiatan membuat rancangan KIT Water Heater sebelum dipasang dalam alat untuk mengetahui komponen yang dibutuhkan sudah tersedia semua dan untuk menentukan pin-pin yang akan disambungkan baik dari arduino menuju sensor suhu atau lcd dan komponen lainnya.



Gambar 2. Rancangan Kit Water Heater di TinkerCard



Gambar 3. Rancangan Kit Water Heater di Proteus

3. Membuat Program Coding Pada Arduino
Langkah ini berisi kegiatan membuat program yang berisi perintah yang nantinya diinput menuju arduino dan Lcd dapat menampilkan hasil yang terbaca oleh sensor suhu DSB1820.
4. Melakukan Uji Coba Sementara Antara Program yang sudah dibuat dengan Rancangan KIT Water Heater
Langkah ini berisi kegiatan untuk memastikan program yang sudah dibuat dapat mengirimkan perintah dengan benar dan menghasilkan output yang sesuai.
5. Menginputkan Program Coding Arduino pada Alat yang Sudah Dirancang
Langkah ini berisi kegiatan untuk menguji alat peraga yang sudah siap dapat bekerja dengan baik. Untuk melihat alat sudah bekerja dapat dilihat dari tampilan output pada LCD.

c. Tahap Penilaian (Assesment Stage)

Langkah yang dilakukan selanjutnya adalah menguji coba pada produk yang telah dikembangkan. Alat peraga yang diuji coba tersebut bertujuan untuk menilai apakah produk tersebut berhasil. Setelah itu, hasil dari uji coba dianalisis untuk menentukan apakah produk tersebut memenuhi kriteria yang diharapkan berdasarkan literatur. Uji coba yang menghasilkan sesuai dengan literatur sudah mampu dianggap sebagai produk akhir. Namun, jika hasil uji coba masih belum memenuhi kriteria pada literatur, hal yang harus dilakukan adalah memperbaiki produk tersebut. Setelah dilakukan perbaikan, produk tersebut diuji coba lagi sampai memenuhi kriteria yang diharapkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kalibrasi Sensor Suhu DS18B20

Kalibrasi yang dilakukan untuk sensor suhu DS18B20 menggunakan alat ukur termometer alkohol sebagai alat ukur yang sudah terstandarisasi. Kalibrasi dilakukan dengan melakukan pengukuran secara bersamaan antara sensor suhu DS18B20 dan termometer alkohol terhadap suhu air yang dipanaskan selama waktu tertentu. Kalibrasi alat ukur suhu diatas dilakukan sebanyak 5 kali dengan

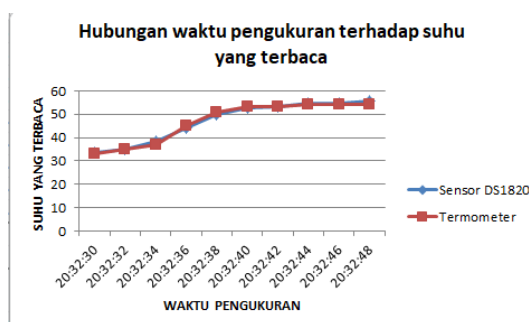
mengganti air yang sebelumnya dengan air bersuhu sesuai ruangan, serta mengembalikan hasil yang terbaca Sensor suhu DS18B20 dan termometer alkohol sesuai suhu ruangan sebelum diujicobakan kembali. Kalibrasi ini dilakukan untuk mengetahui apakah hasil yang terbaca pada sensor suhu DS18B20 sesuai dengan hasil yang terbaca pada termometer alkohol. Hasil kalibrasi alat ukur suhu anatar sensor DS18B20 dan termometer alkohol dapat dilihat pada tabel berikut:

Table 1. Data Kalibrasi alat

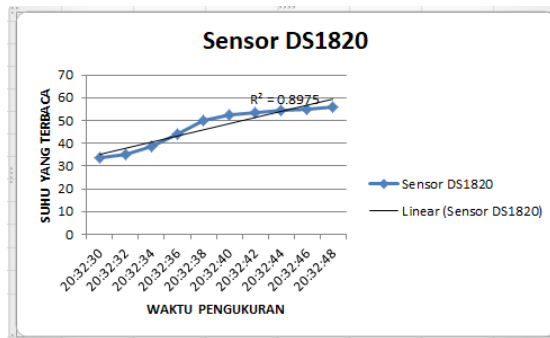
Waktu	Sensor DS18B20	Termometer	Error (%)
20:32:30	33,75	33	2.27
20:32:32	35,15	35	0.42
20:32:34	38,34	37	3.62
20:32:36	44,01	45	-2.2
20:32:38	50,02	51	-1.92
20:32:40	52,56	53	-0.83
20:32:42	53,44	53	0.83
20:32:44	54,67	54	1.24
20:32:46	54,69	54	1.27
20:32:48	55,75	54	3.24

Berdasarkan Table 1. Data Kalibrasi Alat menjelaskan bahwa pengukuran kalibrasi antara nilai yang terbaca pada sensor DS18B20 dan termometer alkohol pada rentang waktu 2 detik dimulai pada jam 20:32:30 diperoleh nilai error paling kecil -2,2% dan error paling besar 3,62%. Persentase error pada alat sensor DS18B20 tidak terlalu besar, dapat dilihat dari hasil yang terbaca pada objek yang sama dengan waktu yang sama tidak jauh berbeda. Hasil yang terbaca pada sensor DS18B20 lebih kompleks dengan menampilkan desimal dibelakangnya sedangkan pada termometer alkohol hanya bisa mengetahui nilai dalam bentuk bilangan bulat saja.

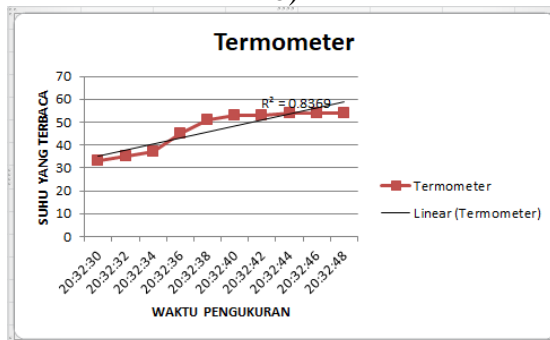
Untuk mengetahui apakah hasil yang terbaca dalam kedua alat ukur suhu yang berbeda yaitu DS18B20 dan termometer alkohol adalah linier. Hasil yang terbaca diantara keduanya dapat dibuat grafik dengan sumbu x yaitu waktu Pengukuran dan sumbu y yaitu nilai suhu yang terbaca. Grafik antara hasil yang terbaca pada sensor suhu DS18B20 dan alat ukur termometer alkohol dapat dilihat pada gambar berikut:



a)



b)



c)

Gambar 1. a) Hubungan Waktu Pengukuran Terhadap Suhu Yang Terbaca. b) Kalibrasi Sensor DS18B20. c) Kalibrasi Alat Ukur Termometer

Pada gambar 1. a) grafik hubungan waktu pengukuran terhadap nilai yang terbaca pada sensor DS18B20 dan termometer alkohol diperoleh nilai yang tidak jauh berbeda. Semakin lama waktu pengukuran maka nilai yang terbaca pada alat keduanya semakin besar. b) grafik menunjukkan kalibrasi sensor DS18B20 yang memiliki nilai kelinieran sebesar R^2 0,8975 yang mengartikan bahwasannya kenaikan suhu dalam rentan waktu dua detik sebanyak 10 kali perhitungan memiliki nilai dengan selisih tidak begitu jauh. c) Grafik menunjukkan kalibrasi termometer alkohol yang memiliki nilai kelinieran sebesar R^2 0,8369 yang mengartikan bahwasannya kenaikan suhu dalam rentan waktu dua detik sebanyak 10 kali perhitungan memiliki nilai dengan selisih tidak begitu jauh. Berdasarkan gambaran grafik tersebut antara sensor DS18B20 terkalibrasi dengan baik dengan menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda pada nilai yang terbaca pada termometer alkohol, sehingga sensor DS18B20 ini dapat digunakan sebagai sensor yang dapat membaca suhu berbasis arduino.

Data Uji Coba Alat Peraga

Tahap ini yaitu melakukan uji coba alat peraga yang sudah dirancang lengkap dimana sensor suhu DS18B20 yang digunakan sudah terkalibrasi menggunakan alat ukur termometer alkohol. Alat peraga water heater berbasis arduino ini ditujukan untuk bisa menjelaskan konsep perpindahan energi dan perubahan kalor terhadap suhu pada materi termodinamika. Alat peraga ini diatur secara otomatis untuk memperoleh nilai suhu yang terbaca <40 maka heater tetap menyala untuk menaikkan suhu, sedangkan saat suhu terbaca >40 maka heater akan mati untuk menurunkan suhu. Uji coba alat peraga dan pengambilan data dilakukan di

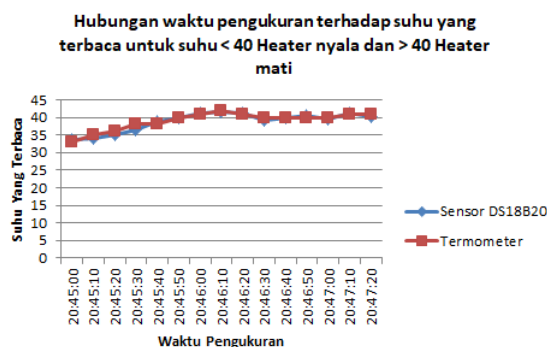
Laboratorium Elektronika Dasar Program studi pendidikan fisika Universitas Jember, sehingga dapat dikatakan bahwasannya uji coba alat ini bersifat terbatas skala laboratorium. Hasil uji coba alat peraga Water Heater untuk konsep perubahan kalor terhadap suhu menggunakan sensor suhu DS18B20 berbasis Arduino Uno R3 dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Data uji coba

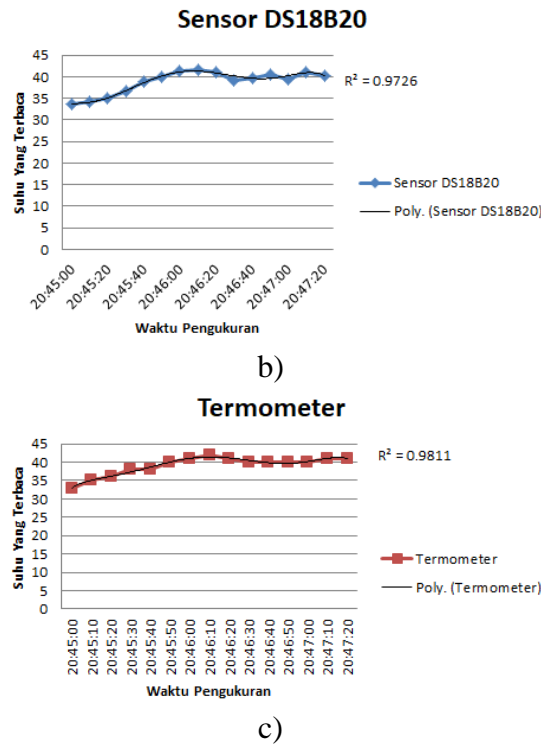
Waktu	Sensor DS18B20	Termometer	Error (%)
20:45:00	33,75	33	2.27
20:45:10	34,13	35	-2.48
20:45:20	35,13	36	-2.41
20:45:30	36,56	38	-3.78
20:45:40	38,81	38	2.13
20:45:50	39,88	40	-0.3
20:46:00	41,25	41	0.6
20:46:10	41,50	42	-1.19
20:46:20	41,19	41	0.46
20:46:30	39,18	40	-2.05
20:46:40	39,73	40	-0.675
20:46:50	40,54	40	1.35
20:47:00	39,53	40	-1.175
20:47:10	41,05	41	0.12
20:47:20	40,23	41	-1.87

Tabel 2. diatas menunjukkan data hasil uji coba pengukuran suhu dengan mengatur Heater akan menyala pada saat suhu <40 dan heater akan mati saat suhu >40. Hasil uji coba pada rentang waktu 10 detik dimulai pada jam 20:45:00 diperoleh nilai error antara sensor DS18B20 pada alat peraga dengan termometer alkohol paling kecil -3,95% dan error paling besar 2,27%. Hasil pada tabel 2. menunjukkan nilai suhu yang terbaca dari awal percobaan terus naik dengan kondisi heater menyala hingga suhu mencapai 39,88 lalu heater beralih mati disaat suhu terbaca 41,50 sehingga suhu menjadi turun seketika sampai terbaca 37,33 lalu heater akan menyala kembali untuk memanaskan air.

Untuk mengetahui hubungan yang linier antara hasil pengukuran yang terbaca dengan waktu yang ditentukan maka perlu untuk direpresentasikan kedalam bentuk grafik. Berikut gambar grafik hasil data uji coba alat peraga Water Heater untuk konsep perubahan kalor terhadap suhu menggunakan sensor suhu DS18B20 berbasis Arduino Uno R3:



a)



Gambar 2. a) Hubungan Waktu Pengukuran Terhadap Suhu Yang Terbaca apabila <40 Heater Nyala dan >40 Heater Mati. b) Nilai Hasil Ukur Alat Peraga Sensor DS18B20. c) Nilai Alat Ukur Termometer

Pada Gambar 2. a) Grafik hubungan waktu pengukuran terhadap suhu yang terbaca pada pemanasan air jika <40 heater menyala dan >40 Heater mati untuk waktu pengukuran berada pada rentan setiap 10 detik berlanjut diperoleh nilai suhu yang terus naik dengan kondisi heater menyala hingga mencapai suhu >40 heater akan mati dan suhu terbaca menurun dan pada saat suhu kembali terbaca <40 maka heater akan menyala kembali. b) Grafik menunjukkan hasil pengukuran pada alat peraga berbasis sensor DS18B20 memiliki nilai polynomial sebesar R^2 0,9726 yang mengartikan bahwasannya kenaikan suhu dalam rentan waktu 10 detik sebanyak 15 kali pengukuran memiliki nilai yang sesuai dengan perlakuan untuk suhu <40 heater menyala untuk mentranfer kalor ke sistem sehingga air menjadi lebih panas sedangkan pada suhu >40 heater mati sehingga kalor dalam air akan terlepas ke lingkungan menyebabkan suhu menurun. c) grafik menunjukkan nilai yang terbaca pada termometer yang memiliki nilai polynomial sebesar R^2 0,9811 yang mengartikan bahwasannya kenaikan suhu dalam rentan waktu 10 detik sebanyak 15 kali pengukuran memiliki nilai dengan selisih tidak begitu jauh.

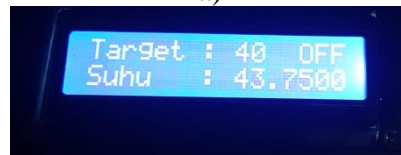
Pembahasan

Sesuai dengan data hasil uji coba alat peraga yang diperoleh dapat menjelaskan konsep fisika pada pokok bahasan Termodinamika sub materi perubahan energi, perpindahan kalor terhadap suhunya. Pada alat peraga yang telah dirancang membutuhkan heater portable sebagai pemanas air yang harus tersambung pada sumber listrik. Dari alat tersebut dapat menjelaskan adanya perubahan energi dari energi listrik menuju energi panas.

Alat peraga dilakukan uji coba saat proses pemanasan air dengan mengontrol heater akan menyala disaat suh air terukur <40 dan mati saat >40 . Dari data yang diperoleh dapat menjelaskan adanya perpindahan kalor yang berasal dari heater yang menyala menuju air sehingga suhunya menjadi naik sedangkan pada saat heater dalam kondisi mati maka terdapat perpindahan kalor yang terlepas dari air (sistem) menuju lingkungan sehingga suhunya berkurang. Tampilan nilai suhu yang terbaca pada lcd alat peraga dapat dilihat pada gambar berikut:



a)



b)

Gambar 3. a) Nilai yang terbaca untuk suhu <40 heater nyala. b) Nilai yang terbaca untuk suhu >40 heater mati

Pada Gambar 3. a) Nilai yang terbaca pada lcd alat peraga yaitu 39,06 artinya berada pada kisar suhu <40 maka kondisi heater akan menyala ditandai dengan adanya tulisan ON pada bagian pojok atas sebelah kanan lcd. b) Nilai yang terbaca pada lcd alat peraga yaitu 43,75 artinya berada pada kisar suhu >40 maka kondisi heater akan mati ditandai dengan adanya tulisan OFF pada bagian pojok atas sebelah kanan lcd.

KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa alat peraga water heater menggunakan heater portabe dan sensro DS18B20 berbasis arduino ini dapat menjelaskan konsep termodinamikan dalam bahasan perubahan energi, perpindahan kalor terhadap suhunya dengan baik. Perpindahan kalor yang terjadi akibat panas dari heater menuju sistem pada air akan mengakibatkan suhu meningkat sedangkan perpindahan kalor dengan melepas kalor dari suster pada air menuju lingkungan akan mengakibatkan suhu menurun. Alat peraga ini memperoleh hasil ukur dengan nilai error paling kecil -3,95% dan error paling besar 2,27% jika dibandingkan dengan hasil ukur termometer alkohol. Saran untuk peneliti selanjutnya bisa bisa menggunakan tambahan pengontrol lewat android berbasis IoT ESP8266 untuk memonitor perubahan suhunya. Bagi guru dapat diujicobakan kepada siswa agar alat peraga ini memiliki manfaat sesuai tujuan pembuatan.

REFERENSI

- Anantama, A., Apriyantina, A., Samsugi, S., & Rossi, F. (2020). Alat Pantau Jumlah Pemakaian Daya Listrik Pada Alat Elektronik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 29. <https://doi.org/10.33365/jtst.v1i1.712>
- Aprilia, R. D., Harijanto, A., & Subiki, S. (2022). Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Efek Doppler Menggunakan Modul Sensor Suara dan Arduino. *Jurnal*

- Fisika Unand*, 11(2), 139–145. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.2.139-145.2022>
- Bakti, W. T., & Wardati, N. K. (2019). Alat Deteksi Tingkat Stres Manusia Berbasis Android Berdasarkan Suhu Tubuh, Heart Rate dan Galvanic Skin Response (GSR). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 1(2), 93–98. <https://doi.org/10.32528/elkom.v1i2.3089>
- Dahlan, M., Wibowo, B. C., & Cahyanto, D. (2022). Egg Salting Diffusion Device Based On Programmable Logic Controller. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 11(3), 139–146.
- Devega, A. T., & Ambiyar. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Pada Mata Pelajaran Geografi. *Jurnal Teknologi Pendidikan (JTP)*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.24114/jtp.v5i1.487>
- Hania, P., Setyawan, A., & Citrawati, T. (2020). Pemanfaatan Alat Peraga IPS Menggunakan Metode Discovery untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Kelas IV SDN Mlajah 1 Bangkalan. *Prosiding ...*, 1(1), 307–311. <https://prosiding.ikipgribojonegoro.ac.id/index.php/Prosiding/article/view/1052%0Ahttps://prosiding.ikipgribojonegoro.ac.id/index.php/Prosiding/article/download/1052/373>
- Jamuri, Kosim, & Doyan, A. (2015). Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Stad Berbasis Multi Media Interaktif Terhadap Penguasaan Konsep Siswa Pada Materi Termodinamika. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1(1), 123–134. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v1i1.11>
- Sidik, M. (2019). Perancangan dan Pengembangan E-commerce dengan Metode Research and Development. *Jurnal Teknik Informatika Unika St. Thomas (JTIUST)*, 04(01), 2548–1916.
- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., Eng, M., & Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/11999>
- Sudarmo, N. A., Lesmono, A. D., & Harijanto, A. (2018). Analisis Kemampuan Berargumentasi Ilmiah Siswa Pada Konsep Termodinamika. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 7(2), 196–201.