JTIK
Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi

JTIK (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)
p-ISSN : 2087-0868 (media cetak); e-ISSN : 2598-9707 (media online)
Vol. 16, No. 2, September 2025
http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JTIKP

MODEL PENGENDALI SUHU PEMANAS AIR UNTUK PEMBUAT KOPI MENGGUNAKAN KONSEP INTERNET OF THINGS (IOT)

Susanto[1], April Firman Daru[2], Dita Nabila Nova Pangestu[3]

[1,2,3] Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang

Article Info

Article history:

Received June 15, 2025
Revised June 29, 2025
Accepted August 29, 2025

Keywords:

ESP 32
IoT
AI 2 App Inventor
Suhu
Kopi

ABSTRACT

The quality of coffee is determined by its taste, aroma, and flavor. These three factors are key attributes influencing the human multisensory perception of coffee. This multisensory perception can be affected by various factors, including the brewing method, roasting temperature, coffee variety, storage conditions, grinding process, and the quality of the brewing water. Manual coffee preparation poses the risk of water temperatures deviating from recommended standards. Therefore, this study proposes an efficient control device in the form of an IoT-based automatic coffee heater. The system integrates a temperature sensor to measure water temperature, an ESP32 microcontroller for processing, and the AI2 App Inventor application for control and monitoring purposes. The device is designed to maintain coffee at the ideal temperature range, preserving its freshness and sensory quality as if it had just been brewed. This is critical because the brewing temperature is a major factor influencing the flavor profile of coffee. According to the Specialty Coffee Association of America (SCAA), the recommended water temperature for brewing coffee is 92°C, with a technical requirement for beverages served to consumers to be no lower than 80°C and no higher than 85°C. The ideal serving temperature for coffee is between 62.8°C and 68.3°C. Based on comprehensive system testing, the device achieved an average success rate of 98.97%.

Corresponding Author:

April Firman Daru,
Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang
Jl. Soekarno-Hatta Tlogosari, Semarang 50196, 024-6702757.
Email: firman@usm.ac.id

OPEN ACCESS

1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi dewasa ini semakin meluas hingga merambah berbagai aktivitas sehari-hari. Otomatisasi menjadi salah satu upaya yang dilakukan masyarakat untuk mempermudah kegiatan manusia. *Internet of Things* (IoT) merupakan sistem yang menghubungkan mesin komputasi, perangkat mekanik dan digital, manusia, hewan, maupun objek tertentu, sehingga dapat berinteraksi melalui jaringan internet. Sistem

ini memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui internet tanpa membutuhkan interaksi langsung antarmanusia maupun antara manusia dengan komputer [1], [2].

Sebagai contoh, pengendalian lampu rumah berbasis IoT dengan kontrol jarak jauh melalui smartphone Android memungkinkan seluruh lampu dalam rumah dioperasikan tanpa perlu menyalakan saklar secara manual. Dalam hal ini, keberadaan mikrokontroler, smartphone Android, dan fasilitas WiFi memiliki peran krusial dalam mendukung kenyamanan dan kemudahan aktivitas manusia [3]. Contoh penerapan lainnya adalah penggunaan IoT untuk mendeteksi kualitas air dengan tujuan memastikan air layak dikonsumsi dan tidak menimbulkan penyakit [4]. Meskipun IoT memanfaatkan jaringan internet dalam proses kerjanya, sistem ini juga memiliki kemampuan mendeteksi serangan pada jaringan. IoT memungkinkan penangkapan data secara simultan pada banyak jaringan, sehingga kecepatan akuisisi data dapat ditingkatkan tanpa membebani perangkat, bahkan pemrosesan data lebih ringan dibandingkan model penangkapan data *non-scalable* [5], [6].

Setelah data berhasil diperoleh, proses deteksi serangan pada jaringan IoT dapat dilakukan dengan penerapan metode *Machine Learning*, salah satunya algoritma *Reinforcement Learning*. Algoritma ini berfungsi untuk membuat agen mampu belajar secara mandiri dengan menambah pengetahuannya terkait data yang diterima, apakah berupa serangan atau data normal [7]. Dengan demikian, penerapan IoT dalam berbagai aplikasi dapat berjalan secara aman dan optimal.

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan dengan nilai ekonomis tinggi, tidak hanya berperan sebagai sumber devisa, tetapi juga menjadi sumber penghasilan bagi lebih dari satu setengah juta petani di Indonesia [8]. Suhu dan waktu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein dalam kopi robusta. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu ekstraksi, maka semakin besar pula kadar kafein yang terekstraksi [9], [10]. Faktor-faktor yang memengaruhi proses ekstraksi antara lain suhu, kualitas air, dan durasi ekstraksi; semakin tinggi suhu air penyeduhan, semakin besar kemampuan air dalam mengekstrak senyawa kimia dari kopi, sehingga memengaruhi cita rasa yang dihasilkan [11], [12].

Kualitas kopi ditentukan oleh rasa, aroma, dan *flavor*, yang merupakan sifat-sifat yang memengaruhi persepsi multisensorik manusia. Persepsi ini dapat dipengaruhi oleh metode penyeduhan, suhu penyangraian, varietas kopi, kondisi penyimpanan, proses penggilingan, serta kualitas air seduhan [13]. Dalam pengembangan sistem otomatisasi pemanas kopi, studi pustaka dilakukan sebagai salah satu tahapan penting. Penelitian ini menggunakan tiga tinjauan studi untuk mendukung pengembangan, yakni: penelitian Reni Soelistijorini et al. yang mengimplementasikan ESP32 untuk monitoring suhu dan kelembapan pada fermentasi tempe berbasis IoT, yang menunjukkan inkubator otomatis mampu mempercepat proses fermentasi hingga 10 jam lebih cepat dibanding metode konvensional [14]; penelitian Irawati et al. terkait prototipe monitoring suhu dan kelembapan pada kubikel 20 kV berbasis IoT, yang memudahkan petugas memantau kondisi kubikel secara online dan memberikan notifikasi real-time melalui aplikasi MIT App Inventor [15]; serta penelitian Fuat Zakaria mengenai pengaruh teknik penyeduhan dan suhu air seduhan terhadap kualitas sensoris kopi arabika Sunda Gulali, yang menemukan bahwa perbedaan metode seduhan dan level suhu menghasilkan intensitas rasa kopi yang signifikan [16].

Selain itu, penerapan IoT pada monitoring dan kontrol kualitas air untuk budidaya ikan Koi dengan metode Fuzzy juga telah dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 1,59%. Informasi terkait kategori tingkat pakan, yaitu ‘rendah’ (<40%), ‘sedang’ (40–60%), dan ‘tinggi’ (60–100%), dapat membantu menjaga kesehatan ikan secara optimal [17].

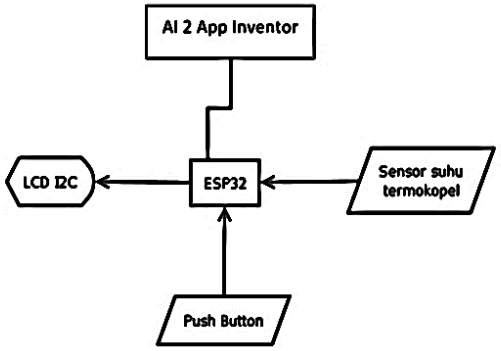
Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mengangkat topik penelitian dengan judul “Pengendali Suhu pada Model Pemanas Air untuk Alat Pembuat Kopi Berbasis Internet of Things”, mengingat suhu seduhan merupakan faktor penting yang memengaruhi cita rasa kopi. *Specialty Coffee Association of America* (SCAA) merekomendasikan suhu air seduhan sebesar 92°C, dengan ketentuan teknis suhu minimum untuk penerima minuman adalah tidak kurang dari 80°C, dan tidak lebih dari 85°C, sementara suhu ideal penyajian berkisar antara 62,8–68,3°C. IoT dapat mempermudah barista dalam memantau dan mengatur suhu sesuai jenis kopi menggunakan perangkat masing-masing, sehingga barista dapat mengerjakan aktivitas lainnya secara efisien [18].

p-ISSN : 2087-0868
e-ISSN : 2598-9707

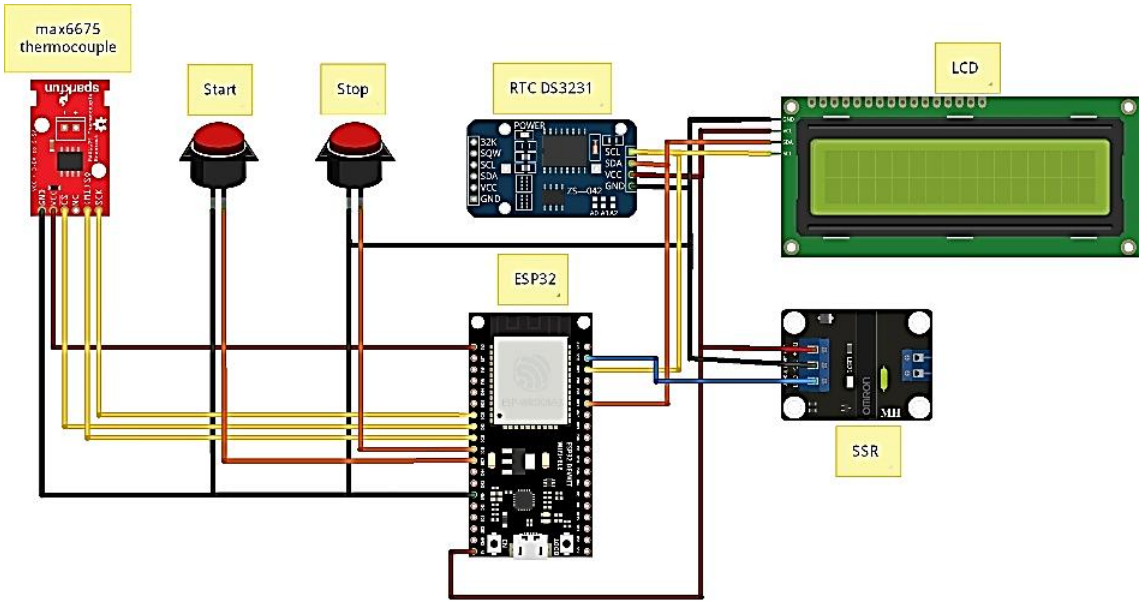
Penelitian ini akan difokuskan pada pengembangan mesin pemanas kopi berbasis mikrokontroler ESP32 dan aplikasi MIT App Inventor untuk monitoring dan pengendalian rangkaian, sehingga diperoleh suhu air seduhan yang presisi untuk menghasilkan cita rasa kopi yang optimal. Suhu air yang tidak sesuai dapat menyebabkan ekstraksi rasa yang kurang maksimal; air terlalu dingin tidak dapat mengekstraksi rasa dengan baik, sedangkan air terlalu panas dapat merusak cita rasa kopi. Mikrokontroler ESP32 dari Espressif Systems yang telah dilengkapi modul WiFi di dalam chip, sangat mendukung pengembangan sistem aplikasi *Internet of Things* [19].

2. METHOD

Diagram blok merupakan salah satu komponen penting dalam tahap perancangan, karena melalui diagram blok dapat diketahui prinsip kerja secara menyeluruh dari rangkaian yang dikembangkan. Diagram ini memberikan gambaran alur kerja sistem dan hubungan antar komponen utama, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



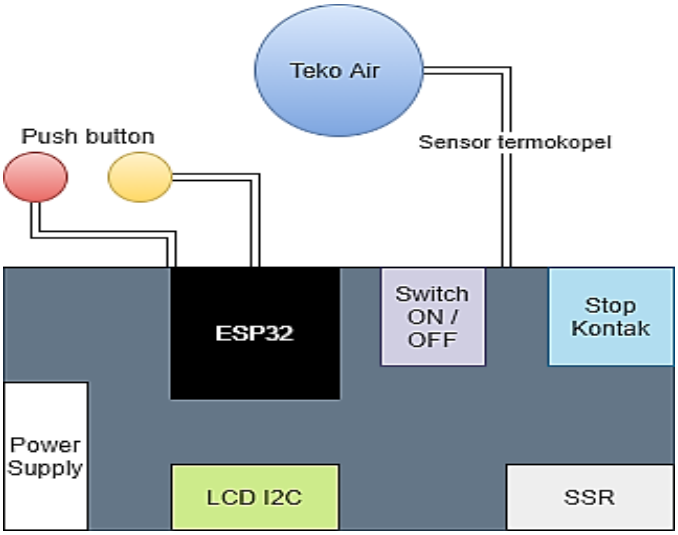
Gambar 1. Desain Blok Model Perancangan



Gambar 2. Skema rangkaian

ESP32 digunakan sebagai unit pengolah program yang telah dirancang serta untuk mengendalikan perangkat-perangkat yang terhubung. Aplikasi AI2 App Inventor berfungsi sebagai media monitoring suhu sekaligus untuk mengatur batas suhu atas dan batas suhu bawah. Sensor suhu termokopel berperan dalam mendeteksi suhu air secara akurat. Modul LCD I2C digunakan untuk menampilkan informasi suhu air, suhu batas atas, dan batas bawah. Tombol tekan (push button) berfungsi untuk mengatur suhu batas atas atau bawah secara manual, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Secara lebih rinci, ESP32 berperan sebagai pusat pengolah data untuk menjalankan keseluruhan program dan perangkat. Sensor suhu termokopel MAX6675 digunakan untuk mengukur suhu air. Modul LCD I2C menampilkan informasi suhu air, suhu batas atas, status operasi, dan timer. Tombol tekan start dan stop digunakan untuk mengatur suhu batas atas atau bawah secara manual. Modul RTC DS3231 berfungsi sebagai pewaktu digital dengan fitur tambahan pengukuran suhu dalam satu modul. Sementara itu, *Solid State Relay* (SSR) digunakan sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan elemen pemanas (*heater*), Berdasarkan skema yang telah diuraikan di atas, dilakukan perancangan dan pembuatan prototipe Pengendali Suhu pada Model Pemanas Air untuk Alat Pembuat Kopi Berbasis Internet of Things, seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perencanaan Model alat

ESP32 digunakan sebagai pusat pengolah program yang telah dibuat, berfungsi untuk menjalankan perangkat yang terhubung serta mengirimkan data ke aplikasi AI2 App Inventor. Modul power supply berperan dalam mengubah arus listrik bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) untuk menyuplai seluruh komponen sistem. Modul LCD I2C digunakan untuk menampilkan informasi suhu batas atas dan batas bawah secara real-time. *Solid State Relay (*SSR) berfungsi sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan elemen pemanas (*heater*). Stop kontak digunakan sebagai sumber suplai listrik untuk teko listrik. Sensor suhu termokopel berperan sebagai pendeteksi suhu air di dalam teko. Teko air merupakan wadah air yang akan dipanaskan. Tombol tekan (*push button*) digunakan untuk mengatur suhu batas atas dan batas bawah secara manual. Elemen pemanas (heater) bertugas untuk memanaskan air hingga suhu yang diinginkan. Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk menyiapkan kebutuhan software dan desain antarmuka aplikasi yang akan mengendalikan sistem Pengendali Suhu pada Model Pemanas Air untuk Alat Pembuat Kopi Berbasis *Internet of Things*. Perancangan perangkat lunak yang dibahas mencakup instalasi perangkat lunak pengembangan dan perancangan antarmuka aplikasi Android menggunakan AI2 App Inventor, yang berfungsi sebagai aplikasi monitoring pada smartphone dan dapat diunduh melalui Play Store. Untuk penulisan program pada board ESP32 diperlukan software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang dapat diunduh secara gratis melalui situs resmi Arduino di alamat https://www.arduino.cc/en/software/. File unduhan berupa arsip kompresi dengan nama arduino-1.8.13-windows.zip, yang perlu diekstrak terlebih dahulu. Setelah itu, aplikasi dapat dijalankan

p-ISSN : 2087-0868
e-ISSN : 2598-9707

dengan membuka berkas arduino.exe. Penulisan program pada Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman Java atau C/C++ yang telah disesuaikan untuk Arduino, sehingga sintaks yang digunakan bukan bahasa C murni melainkan sudah dioptimasi untuk platform Arduino. Untuk menghubungkan komputer dengan board ESP32 diperlukan kabel Micro-USB, yang akan memungkinkan komputer mendeteksi port ESP32 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

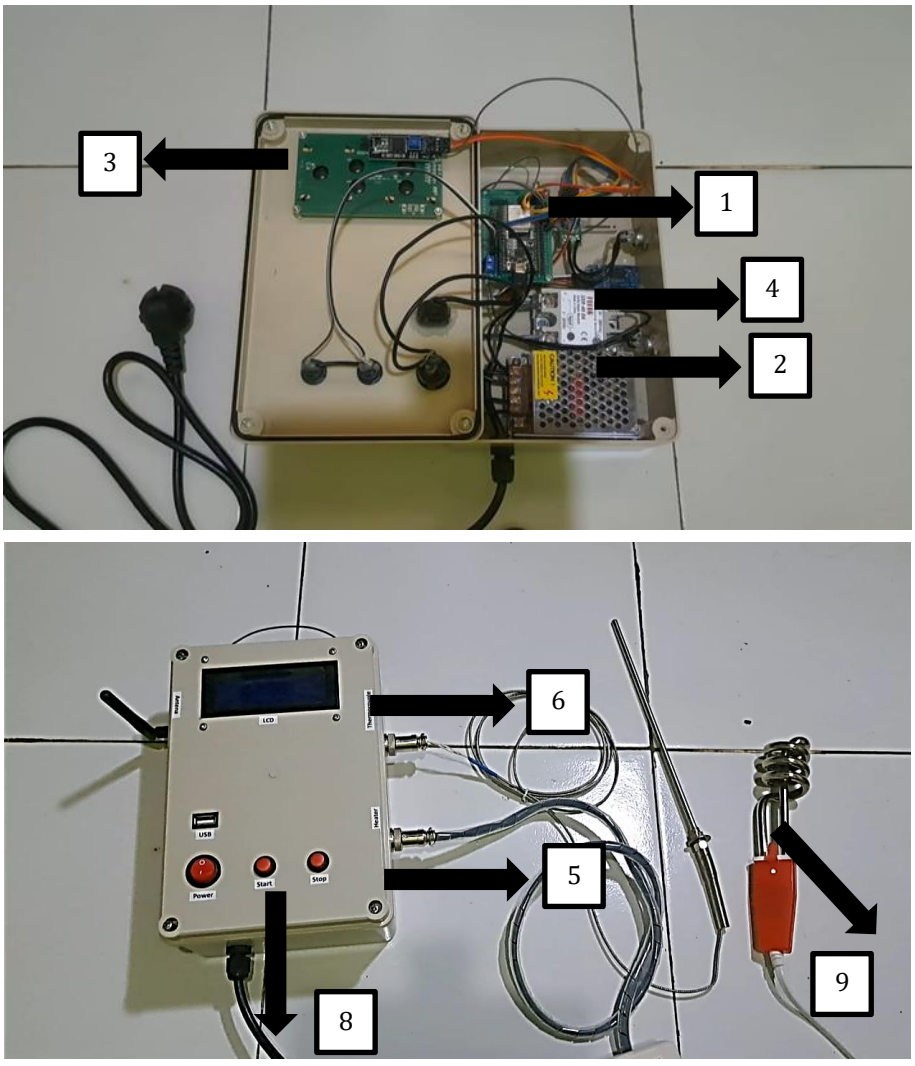


Gambar 4. Tampilan aplikasi

Pada tahap perencanaan perangkat lunak ini digunakan aplikasi AI2 App Inventor. Dalam penggunaan AI2 App Inventor, terdapat beberapa langkah awal yang perlu dilakukan, yaitu: membuka situs resmi App Inventor di https://ai2.appinventor.mit.edu, kemudian login menggunakan akun yang telah terdaftar. Setelah berhasil masuk, buatlah proyek aplikasi baru, kemudian lakukan drag and drop item-item yang akan digunakan pada Screen2 dan Blocks sesuai kebutuhan rancangan aplikasi. Selanjutnya, simpan proyek dengan menekan menu Save Project, kemudian lakukan proses kompilasi aplikasi dengan memilih menu Build (Android App). Setelah aplikasi berhasil di-generate, unduh aplikasi tersebut dan lanjutkan dengan menginstalnya pada perangkat smartphone berbasis Android. Tahap perakitan perangkat keras meliputi integrasi beberapa modul, yaitu ESP32, sensor suhu termokopel, SSR, LCD I2C, push button, stop kontak, dan power supply. Setiap komponen perangkat keras harus saling terhubung dan bekerja secara harmonis serta terintegrasi sesuai dengan kebutuhan sistem. Keseluruhan rangkaian modul ini kemudian dirakit menjadi satu kesatuan alat yang terintegrasi dan mendukung sistem otomatisasi pengendali suhu pada pemanas air. Gambar 5 memperlihatkan hasil rancangan sistem pengendali suhu otomatis pada pemanas air yang digunakan dalam perangkat pembuat kopi berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk menghasilkan kontrol suhu yang presisi dan efisien. Penjelasan dari setiap komponen utama adalah sebagai berikut:

1. **ESP32**: Mikrokontroler ini berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali utama sistem. ESP32 menjalankan algoritma yang telah diprogram untuk mengatur kerja seluruh komponen dalam sistem. Selain itu, modul ini juga memiliki konektivitas nirkabel yang digunakan untuk mengirimkan data suhu secara real-time ke aplikasi monitoring berbasis *App Inventor* yang terdapat pada perangkat pengguna.
2. **Power Supply**: Komponen ini berfungsi untuk mengonversi arus listrik dari sumber listrik rumah tangga yang berupa arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Arus DC ini dibutuhkan untuk mendukung operasional semua perangkat elektronik dalam sistem.

3. **LCD I2C**: Layar ini digunakan untuk menampilkan informasi suhu, khususnya suhu batas atas dan batas bawah yang telah ditentukan. Teknologi I2C memungkinkan komunikasi yang efisien dengan mikrokontroler menggunakan jumlah pin yang minimal.
4. ***Solid State Relay* (SSR)**: SSR bertugas sebagai saklar elektronik yang mengatur aliran listrik ke pemanas air (teko listrik). Penggunaan SSR memungkinkan pengendalian beban listrik secara aman dan responsif.
5. **Stop Kontak**: Berfungsi sebagai media penyalur daya listrik dari sumber ke pemanas air.
6. **Sensor Termokopel**: Sensor ini digunakan untuk mendeteksi suhu air secara akurat. Data yang diperoleh menjadi acuan dalam pengendalian suhu.
7. **Teko Air**: Merupakan wadah untuk proses pemanasan air.
8. **Push Button**: Digunakan untuk mengatur nilai ambang batas suhu secara manual sesuai preferensi pengguna.
9. ***Heater***: Elemen pemanas ini bertugas menaikkan suhu air dalam teko hingga mencapai nilai yang telah ditentukan oleh sistem.



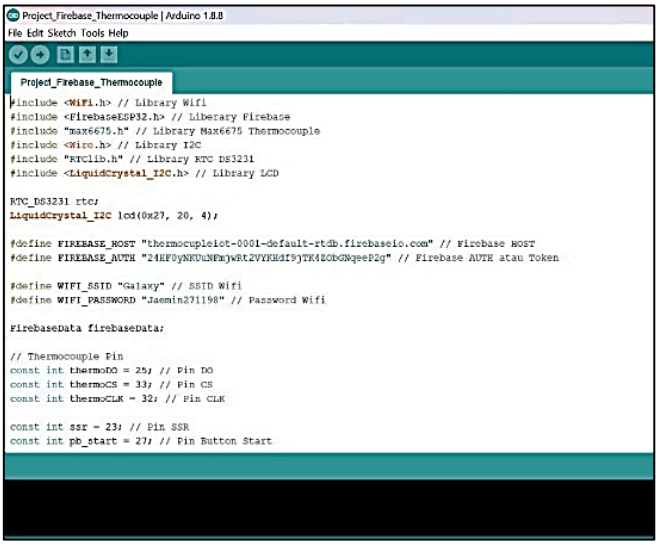
Gambar 5. Hasil rangkaian prototype

p-ISSN : 2087-0868
e-ISSN : 2598-9707

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 6. Hasil rangkaian komponen prototype



```
Project_Firebase_Thermocouple | Arduino 1.8.8
File Edit Sketch Tools Help
Project_Firebase_Thermocouple
#include <WiFi.h> // Library Wifi
#include <FirebaseESP32.h> // Liberary Firebase
#include "max6675.h" // Library Max6675 Thermocouple
#include <Wire.h> // Library I2C
#include "RTClib.h" // Library RTC DS3231
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library LCD

RTC_DS3231 rtc;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

#define FIREBASE_HOST "thermocupleiot-0001-default-rtdb.firebaseio.com" // Firebase HOST
#define FIREBASE_AUTH "24EF0yNKUuNFmjwRt2VYKHdI9jTK4ZObGNqeeP2g" // Firebase AUTH atau Token

#define WIFI_SSID "Galaxy" // SSID Wifi
#define WIFI_PASSWORD "Jaemin271198" // Password Wifi

FirebaseData firebaseData;

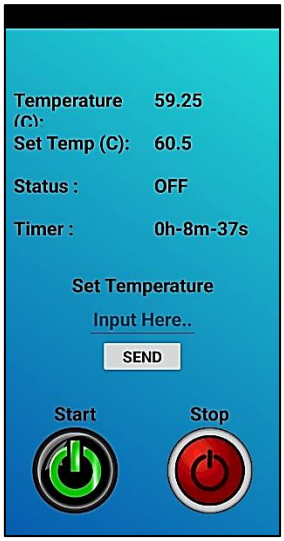
// Thermocouple Pin
const int thermoDO = 25; // Pin DO
const int thermoCS = 33; // Pin CS
const int thermoCLK = 32; // Pin CLK

const int ssr = 23; // Pin SSR
const int pb_start = 27; // Pin Button Start
```

Gambar 7. Kode program alat pemanas kopi dengan sensor suhu

Setelah semua komponen dirangkai dan terhubung sesuai dengan fungsinya, selanjutnya dilakukan proses perakitan menjadi satu kesatuan sistem. Gambar 6 memperlihatkan hasil rangkaian komponen prototipe pemanas kopi yang telah dirakit. Perangkat lunak memiliki peran penting dalam memastikan sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Pada sistem ini, perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE yang berfungsi sebagai compiler dan untuk menulis instruksi program yang akan diunggah ke mikrokontroler ESP32. Sedangkan untuk antarmuka pengguna (*interface*) sistem, digunakan aplikasi AI2 App Inventor karena kemudahan dalam pengoperasiannya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Dengan adanya konektivitas internet pada aplikasi AI2 App Inventor dan pada mikrokontroler ESP32, data hasil pembacaan sensor suhu termokopel serta pengaturan suhu dapat dikirimkan secara efektif ke antarmuka aplikasi AI2 App Inventor. Informasi mengenai suhu dan pengaturan suhu dapat ditampilkan serta diatur langsung melalui aplikasi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8. Sensor suhu termokopel, yang berfungsi sebagai input sistem, diletakkan di dalam air yang akan diukur suhunya. Sensor ini membaca parameter suhu air secara real-time. Data hasil pembacaan sensor kemudian dikirim ke ESP32 untuk diproses menjadi data numerik yang dapat dipahami pengguna. Selanjutnya, data tersebut diteruskan ke modul aplikasi AI2 App

Inventor, sehingga informasi suhu dari sensor dapat muncul secara real-time baik pada layar smartphone maupun pada LCD di perangkat.



Gambar 8. Informasi suhu dan pengatur suhu pada aplikasi AI 2 App Inventor

Pengujian sistem dilakukan untuk meminimalkan potensi kesalahan yang dapat terjadi ketika sistem digunakan oleh pengguna. Pengujian sistem merupakan serangkaian tahapan pengujian yang bertujuan untuk memastikan bahwa sistem yang telah dibangun berfungsi dengan baik, serta untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan yang mungkin masih ada. Pengujian ini juga dilakukan untuk memverifikasi bahwa setiap fungsi pada sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Metode pengujian yang diterapkan pada sistem ini difokuskan pada validasi kemampuan aplikasi AI2 App Inventor dalam menampilkan data suhu secara real-time serta mengatur suhu pada rangkaian perangkat, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1 Pengujian *Black Box*

Input / Pengujian **Menghidupkan alat pemanas kopi**	**Fungsi** **Mengoprasikan alat pemanas kopi**	**Output** **LED indicator hidup**	**Hasil Uji** **Berhasil**
Menghidupkan koneksi WiFi	Menghubungkan antara alat dan aplikasi AI 2 App Inventor dengan jaringan WiFi	WiFi terhubung	Berhasil
Sensor suhu termokopel tipe oven deck	Mengukur suhu	Suhu terbaca dan tampil di LCD I2C	Tidak aman, menghantarkan listrik / menyetrum
Sensor suhu termokopel tipe K M6	Mengukur suhu air	Suhu terbaca dan tampil di LCD I2C	Berhasil dan tidak menghantarkan listrik / menyetrum
Water Heater	Memanaskan air	Air mendidih	Berhasil
Mengamati tampilan suhu pada aplikasi AI 2 App Inventor	Mengetahui alat mengirim data suhu	Tampilan antarmuka aplikasi AI 2 App Inventor suhu	Berhasil
Input suhu	Mengatur suhu OFF dan ON agar otomatis ON dan OFF	Angka SET OFF dan SET ON berubah	Berhasil
SET ON dan SET OFF mesin pemanas kopi	Mesin pemanas kopi ON dan OFF secara otomatis	Mesin pemanas ON OFF secara otomatis	Berhasil
Input suhu OFF dan ON	Mengetahui delay ON dan OFF	Ada delay saat ON	Berhasil, ada delay hanya saat ON yaitu selama 5 detik.
Input suhu menggunakan 3 jenis kopi yaitu kopi robusta, kopi arabika, kopi liberika.	Mengetahui rasa kopi sesuai jenis kopinya	kopi robusta 95°C, kopi arabika 90°C, kopi liberika 70°C.	Rasa dan aroma kopi sama yang disajikan oleh barista.

Hasil pengujian perangkat yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem yang dibangun telah memenuhi seluruh persyaratan fungsional yang ditetapkan. Terdapat jeda waktu (delay) sekitar 5 detik ketika pemanas air mulai bekerja atau menyala secara otomatis. Berdasarkan perbandingan terhadap kopi yang disajikan oleh

barista, rasa dan aroma kopi yang dihasilkan dari sistem ini memiliki kesamaan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem mampu menghasilkan kualitas seduhan yang setara dengan metode manual oleh barista.

Tabel 2. Hasil Perbandingan thermometer dan sensor termokopel

Set Suhu	Pengukuran Hasil Thermometer	Pengukuran Hasil Termokopel	Presentasi Akurasi
70°C	73,6°C	70°C	94,86 %
90°C	91,6°C	90°C	98,23 %
95°C	96,4°C	95.50°C	98,6 %

Rumus akurasi :

$$\text{Error rate} = \frac{[\text{Observedvalue} - \text{Actualvalue}]}{\text{Actualvalue}} \times 100 \quad (1)$$

1. Error rate $= \frac{[\ 73{,}6 - 70\ ]}{70} \times 100$
   $= 3{,}6/70 \times 100$
   $= 0{,}0514 \times 100$
   $= 5{,}14\ \%$
   Presentase akurasi = 100 % - 5,14 % = 94,86 %

2. Error rate $= \frac{[\ 91{,}6 - 90\ ]}{90} \times 100$
   $= 1{,}6/90 \times 100$
   $= 0{,}0177 \times 100$
   $= 1{,}77\ \%$
   Presentase akurasi = 100 % - 1,77% = 98,23 %

3. Error rate $= \frac{[\ 96{,}4 - 95{,}50\ ]}{95.50} \times 100$
   $= 0{,}9/95{,}50 \times 100$
   $= 0{,}0094 \times 100$
   $= 0{,}94\ \%$
   Presentase akurasi = 100 % - 0,94 % = 99,06 %

Data pada table 2. menunjukan bahwa peresentase hasil Akurasi antara sensor termokopel dan Thermometer diatas 90%, sehingga bisa dikatakan bahwa sensor termokopel dapat bekerja dengan baik dan nilai akurasinya selisih tidak terlalu jauh.

4. CONCLUSION

Berdasarkan pada hasil penelitian alat pengendali suhu dapat memberikan kesimpulan berupa pengendali suhu air dengan memanfaatkan sensor termokopel dapat membaca panas suhu air dalam nilai celcius. Alat pengendali suhu air dapat digunakan untuk memanaskan air tanpa harus melihat LCD yang terpasang pada komponen karena alat terkoneksi dengan aplikasi AI 2 app inventor yang ada di smartphone. Alat pengendali suhu air dapat menghentikan pemanas / *heater* otomatis saat air terdeteksi sudah sesuai set suhu yang di atur. Pengujian dari alat pengendali suhu air dapat menunjukkan dimana tingkat keakuratan sensor termokopel dengan rata – rata presentase mencapai 98.83% dengan suhu pengukuran di thermometer. Untuk

penelitian selanjutnya, alat ini dapat dikembangkan dengan klasifikasi status air seperti dingin, hangat, dan panas ,menggunakan algoritma kecerdasan buatan.

ACKNOWLEDGEMENTS

Penelitian ini didukung oleh Fakultas Teknologi Informasi dan komunikasi Universitas Semarang (USM).

REFERENCES

[1] L. Rizkinaswara, "Revolusi Industri 4.0," https://aptika.kominfo.go.id/2020/01/revolusi-industri-4-0/. Accessed: Jan. 28, 2020. [Online]. Available: https://aptika.kominfo.go.id/2020/01/revolusi-industri-4-0/

[2] R. Muzawi, Y. Efendi, and W. Agustin, "Sistem Pengendalian Lampu Berbasis Web dan Mobile," *Sains dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, pp. 29–35, 2018.

[3] D. P. Sari, S. Rasyad, A. Amperawan, and S. Muslimin, "Kendali Suhu Air Dengan Sensor Termokopel Tipe-K Pada Simulator Sistem Pengisian Botol Otomatis," *Jurnal Ampere*, vol. 3, no. 2, pp. 128–134, 2018.

[4] I. Z. J. M. Fahd, M. F. Hasan, A. F. Andoko, and A. Sumarahinsih, "Rancang Bangun Alat Ukur Kualitas Air pada Penampungan Air Hujan dengan Sensor TDS Berbasis Mikrokontroller ESP8266," *JASIEK (Jurnal Aplikasi Sains, Informasi, Elektronika dan Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2023.

[5] A. F. Daru, K. D. Hartomo, and H. D. Purnomo, "Internet of Things Wireless Attack Detection Conceptual Model Over IPv6 Network," in *2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic)*, IEEE, 2020, pp. 431–435.

[6] K. D. Hartomo, A. F. Daru, and H. D. Purnomo, "A new approach of scalable traffic capture model with Pi cluster," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 2, pp. 2186–2196, 2023.

[7] A. F. Daru, K. D. Hartomo, and H. D. Purnomo, "IPv6 flood attack detection based on epsilon greedy optimized Q learning in single board computer," *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 13, no. 5, pp. 5782–5791, 2023.

[8] J. Towaha, E. Purwanto, and H. Supriadi, "Atribut Kualitas Kopi Arabika Pada Quality Attributes of Arabica Coffee Grown," *J. Tidp*, vol. 2, no. 1, pp. 29–34, 2015.

[9] B. Marhaenanto, D. W. Soedibyo, and M. Farid, "Penentuan Lama Sangrai Kopi Berdasarkan Variasi Derajat Sangrai Menggunakan Model Warna Rgb Pada Pengolahan Citra Digital (Digital Image Processing)," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 9, no. 02, pp. 102–111, 2015.

[10] E. T. Setiawan, "Pengendalian lampu rumah berbasis mikrokontroler Arduino menggunakan smartphone android," PhD Thesis, STMIK ATMA LUHUR, 2015.

[11] I. Zarwinda and D. Sartika, "Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap kafein dalam kopi," *Lantanida Journal*, vol. 6, no. 2, pp. 103–202, 2018.

[12] K. Anwar, F. Istiqamah, and S. Hadi, "Optimasi Suhu dan Waktu Ekstraksi Akar Pasak Bumi (Eurycoma longifolia Jack.) Menggunakan Metode RSM (response surface methodology) dengan Pelarut Etanol 70%," *Jurnal Pharmascience*, vol. 8, no. 1, pp. 53–64, 2021.

[13] K. Pradipta and K. Fibrianto, "Perbedaan Air Seduh Terhadap Persepsi Multisensoris Kopi: Review Jurnal," *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 5, no. 1, 2017.

[14] R. Soelistijorini, "Implementasi ESP32 Untuk Monitoring Suhu Dan Kelembapan Pada Fermentasi Tempe Berbasis IoT," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, 2019, pp. 61–65.

[15] I. Irawati, M. T. Amien, E. Sumarno, and F. Rosyadi, "PROTOTYPE MONITORING SUHU DAN KELEMBAPAN PADA KUBIKEL 20 kV BERBASIS IoT," *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 25, no. 3, pp. 103–114.

[16] F. Zakaria, "Pengaruh Teknik Penyeduhan Dan Suhu Air Penyeduhan Terhadap Kualitas Sensoris Ekstrak Kopi Arabika Sunda Gulali," PhD Thesis, Universitas Brawijaya, 2019.

[17] A. F. Daru, A. M. Hirzan, S. Susanto, and W. Adhiwibowo, "Automatic Koi Fish Feeding Device with Internet of Things Concept Using Fuzzy Control Logic," in *2023 International Conference on Technology, Engineering, and Computing Applications (ICTECA)*, IEEE, 2023, pp. 1–6.

[18] A. Widyasari, W. Warkoyo, and M. Mujianto, "Pengaruh Ukuran Biji Kopi Robusta pada Kualitas Citarasa Kopi," *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, pp. 1–14, 2023.

[19] I. Rifky, "Mikrokontroler ESP32," https://raharja.ac.id. Accessed: Jan. 23, 2024. [Online]. Available: https://raharja.ac.id/2021/11/16/mikrokontroler-esp32-2/