

Sistem Monitoring pH dan Suhu Pada Fermentasi Kopi Berbasis *Internet of Things*

Bagus Irfanzah Arda Nugraha^{1✉}, Rudi Susanto², Mira Erlinawati³

^{1, 2, 3} Prodi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 10-06-2024

Direvisi : 20-06-2024

Diterima : 24-06-2024

Kata Kunci:

DS18B20; ESP32;
Fermentasi; Kopi; ph-
4502c

Keywords :

Coffe, DS18B20, ESP32,
Fermentation, ph-4502c.

Corresponding Author :

Bagus Irfanzah Arda Nugraha

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Duta Bangsa Surakarta
Jl. Bhayangkara No.55, Tipes, Kecamatan Serengan, Kota Surakarta, Jawa Tengah

Email: 202021094@mhs.udb.ac.id

ABSTRAK

Fermentasi pada kopi merupakan tahapan pengolahan kopi yang berpengaruh terhadap pembentukan citarasa kopi. Pada tempat studi kasus saat ini hasil fermentasi masih belum konsisten pada tiap pengolahan akibat tidak adanya monitoring terhadap suhu dan pH dengan menggunakan alat ukur. Tujuan penelitian ini untuk membuat sistem monitoring ph dan suhu pada proses fermentasi kopi berbasis *Internet of Things* (IoT) secara realtime agar fermentasi dapat dilakukan dengan maksimal. Pada penelitian ini menggunakan metode prototype dalam pengembangannya. Sistem tersebut menggunakan mikrokontroller dengan menggunakan sensor suhu DS18B20 dan sensor pH 4502c dan menggunakan buzzer sebagai kontrol alarm ketika fermentasi telah selesai. Kemudian dari pengujian yang dilakukan terhadap alat monitoring fermentasi kopi ini menunjukkan bahwa sensor pH memiliki nilai error sebesar 1.36% dan tingkat akurasi sebesar 98.64%, dan sensor suhu memiliki nilai error sebesar 1.32% dan tingkat akurasi sebesar 98.68%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat berfungsi dengan baik.

ABSTRACT

Fermentation in coffee is a stage of coffee processing that affects the formation of coffee taste. At the current case study site, the fermentation results are still inconsistent in each processing due to the lack of monitoring of temperature and pH using measuring instruments. The purpose of this research is to create a real-time Internet of Things (IoT)-based pH and temperature monitoring system for the coffee fermentation process so that fermentation can be carried out optimally. In this study, a prototype method is used in its development. The system uses a microcontroller using a DS18B20 temperature sensor and a pH 4502c sensor and uses a buzzer as an alarm control when fermentation has been completed. Then from the tests carried out on this coffee fermentation monitoring device, it shows that the pH sensor has an error value of 1.36% and an accuracy rate of 98.64%, and the temperature sensor has an error value of 1.32% and an accuracy rate of 98.68%. The test results show that the tool works well.

PENDAHULUAN

Kopi adalah salah satu komoditas utama di Indonesia (Harum, 2022). Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik yang berjudul Statistik Indonesia 2023, produksi kopi di Indonesia pada tahun 2022 mencapai sekitar 794,8 ribu ton. Hal ini menunjukkan pertumbuhan sekitar 1,1% jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya (Annur C, 2023). Salah satu daerah dengan penghasil kopi terbesar di Indonesia adalah Jawa Tengah. Jawa Tengah menempati posisi ke delapan sebagai provinsi sentra kopi terbesar di Indonesia, salah satunya adalah Temanggung. Temanggung menjadi salah satu penghasil kopi terbanyak dengan total produksi untuk kopi Arabika sebanyak 968.74 ton dengan luas area 1693 ha, sedangkan untuk kopi Robusta sebanyak 10.157 ton dan luas area 11.732 ha pada tahun 2023 (BPS Jawa Tengah, 2023).

Salah satu metode produksi kopi melibatkan tahap fermentasi. Fermentasi kopi merupakan bagian dari proses pengolahan setelah panen yang menggunakan metode basah. Tujuan dari fermentasi ini adalah untuk menghilangkan lendir yang masih menempel pada biji kopi (Saripah et al., 2021). Fermentasi merupakan fase krusial dalam pengolahan biji kopi karena berpengaruh signifikan terhadap kualitas akhir dari biji kopi (Fasya et al., 2022). Faktor yang memengaruhi proses fermentasi antara lain perubahan suhu dan pH dengan batas nilai tertentu (Vinanjana, 2023). Pada Proses fermentasi kopi yang dilakukan menggunakan proses anaerob dengan bantuan starter fermentasi dengan suhu awal sekitar 25 °C, dan suhu maksimal 33 °C, ketika fermentasi berhasil maka akan menurunkan kadar pH dengan pH awal 7,5 menjadi sekitar 4,5.

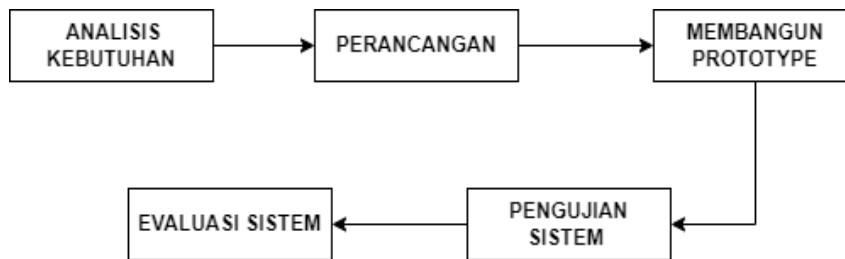
Fermentasi kopi yang dilakukan secara tepat dan sesuai akan terjadi transformasi pada biji kopi, seperti peningkatan kadar karbon dioksida, penurunan kadar air, kandungan oksigen dan tingkat pH, serta dapat meningkatkan cita rasa kopi (Adi Permana, 2022). Pada tempat studi kasus saat ini hasil fermentasi masih belum konsisten pada tiap pengolahan akibat tidak adanya monitoring terhadap suhu dan pH dengan menggunakan alat ukur. Akibatnya, kualitas biji kopi yang dihasilkan menjadi kurang optimal, yang pada akhirnya mempengaruhi harga jual kopi. Disisi lain suhu berpengaruh terhadap kecepatan proses fermentasi pada kopi. Konsep penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk menunjang pengolahan pada kopi yaitu dengan mengaplikasikan alat monitoring suhu dan pH secara real time dan akurat, sehingga dapat mempermudah dalam melakukan monitoring proses fermentasi.

Oleh sebab itu pada penelitian ini diperlukan sistem pemantauan pH dan suhu pada proses fermentasi kopi berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem monitoring ini menggunakan mikrokontroler sebagai otak dari pemrograman, sensor pH 4502C untuk membaca nilai pH, sensor suhu DS18B20 untuk membaca nilai suhu, kemudian menampilkan data pH dan suhu secara real-time kemudian pada saat pH mencapai titik ideal akan terdapat kontrol berupa sebuah buzzer sebagai tanda fermentasi telah selesai. Server Firebase akan menerima data dari mikrokontroler kemudian ditampilkan dalam aplikasi mobile flutter.

Beberapa yang menjadi batasan dalam penelitian ini adalah penelitian ini membahas secara umum mengenai monitoring kualitas pH dan suhu pada fermentasi kopi, kemudian hasil monitoring melalui aplikasi mobile flutter. Pada penelitian ini menggunakan Sensor yang digunakan pada sistem ini adalah sensor suhu DS18B20 dan sensor pH 4502C. Kemudian pada fermentasi ini akan ada kontrol ketika pH sudah sesuai dengan fermentasi yang dilakukan untuk menandakan fermentasi telah selesai. Pengembangan monitoring yang dilakukan dengan menggunakan firebase sebagai database realtime dan flutter sebagai pengembangan aplikasi mobile.

METODE PENELITIAN

Metode yang diterapkan peneliti untuk pengembangan sistem adalah Prototyping. Metode prototyping cocok untuk mengembangkan perangkat yang mungkin akan mengalami beberapa tahap pengembangan berdasarkan saran atau evaluasi dari pengguna (Nursobah et al., 2022). Berikut tahapan yang digunakan dari metode ini :



Gambar. 1 Metode Pengembangan Prototyping

Dari gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Analisis Kebutuhan

Tahap pertama peneliti melakukan pengumpulan data mengenai kebutuhan sistem menggunakan metode observasi di tempat pemilik perkebunan kopi yang berada di wilayah Jurang, Kertosari, Kecamatan Jumo, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Selain itu, tinjauan literatur dilakukan untuk mengumpulkan beragam bahan referensi yang penting untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan.

2. Perancangan

Pada tahap ini peneliti menentukan bagaimana sistem akan terlihat dan bekerja, termasuk proses dan data yang diperlukan pada saat perancangan sistem ini. Tahap ini mencakup desain perangkat keras dan perangkat lunak.

3. Membangun Prototype

Pada tahap ini, peneliti akan membuat bentuk prototype sistem yang telah diidentifikasi dari tahap sebelumnya, dengan mulai dibuatnya prototype system monitoring pada fermentasi kopi berbasis IoT. Tahap ini mencakup perakitan mikrokontroler yang dilengkapi dengan berbagai sensor yang ditunjuk, pembuatan aplikasi mobile yang berasal dari desain dan kerangka sistem yang ada, dan pemanfaatan firebase sebagai realtime database.

4. Pengujian Sistem

Setelah prototipe alat selesai dibuat, maka dilakukan pengujian pada alat tersebut. Terdiri dari pengujian fungsionalitas alat dan aplikasi, serta pengujian akurasi pengukuran suhu dan pH pada fermentasi kopi.

5. Evaluasi Sistem

Pada tahap evaluasi sistem, dilakukan pengecekan untuk memastikan bahwa perangkat lunak dan sensor berfungsi sesuai dengan hasil yang diharapkan..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan

Pada sistem yang dibuat, peneliti menggunakan komponen hardware seperti ESP32, Sensor pH-4502c, Sensor DS18B20 (suhu), ESP32 Expansion, dan buzzer sebagai alarm. Untuk software, peneliti menggunakan Arduino IDE, dan Visual Studio Code dan Firebase sebagai server. Selain itu, sistem ini juga didukung dengan menggunakan bahasa pemrograman C++ dan juga Dart. Berikut ini merupakan penjelasan dari hardware dan software yang digunakan.

1. Hardware yang digunakan yaitu ESP32, mikrokontroler ini dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266 (Savitri & PARAMYTHA, 2022). ESP32 sebagai mikrokontroller untuk sensor yang digunakan dan dengan modul Wi-Fi didalamnya berfungsi untuk mengirimkan data sensor ke server firebase, kemudian sensor pH-4502c digunakan untuk membaca tingkat keasaman dan kebasaan dalam air, sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air pada saat fermentasi, dan juga buzzer yang digunakan sebagai alarm ketika fermentasi telah selesai.

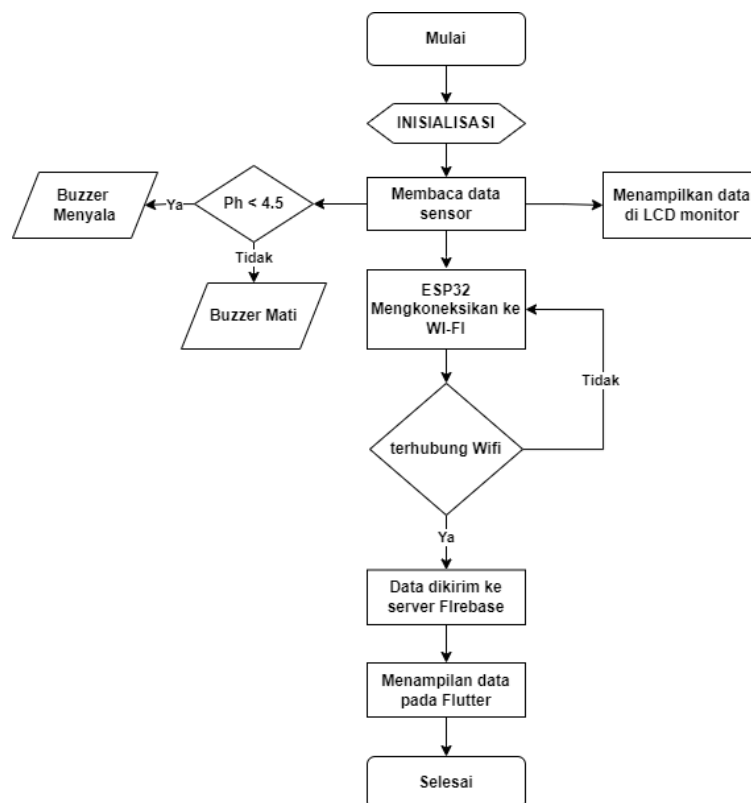
2. Software yang digunakan adalah Arduino IDE yang merupakan singkatan dari Integrated Development Environment (Sutono & Al Anwar, 2020). Arduino IDE digunakan untuk menyunting, membuat, mengunggah ke board yang ditentukan, serta meng-coding program sensor dan buzzer untuk menjalankan suatu instruksi tertentu, kemudian Visual Studio Code digunakan untuk menuliskan source code dalam pembuatan aplikasi mobile, dan juga Firebase digunakan untuk menyimpan dan menyesuaikan data antar pengguna secara real time.
3. Bahasa Pemrograman yang digunakan adalah C++ digunakan untuk menyunting, membuat, mengunggah ke board ESP32 dan meng-coding program sensor, buzzer serta mengirim data ke dalam firebase dan juga Dart digunakan untuk menuliskan source code untuk membuat aplikasi mobile dengan menggunakan framework Flutter.

Perancangan

Perancangan sistem berisi tentang tahapan operasi dalam proses pengolahan sistem dan prosedur untuk mendukung sistem operasi (Ardiansah et al., 2023). Tahap ini mencakup flowchart sistem, blok diagram kerja, desain perangkat keras dan perangkat lunak

Flowchat Sistem

Flowchart adalah diagram atau grafik yang menunjukkan tahapan prosedur kerja dalam suatu program serta keterkaitan antara proses beserta pernyataannya (Fauzi, 2020). Setelah melewati tahapan tersebut, penelitian dilanjutkan dengan perancangan skenario kerja prototype sistem monitoring pada fermentasi kopi pada diagram alur flowchart sebagai berikut :

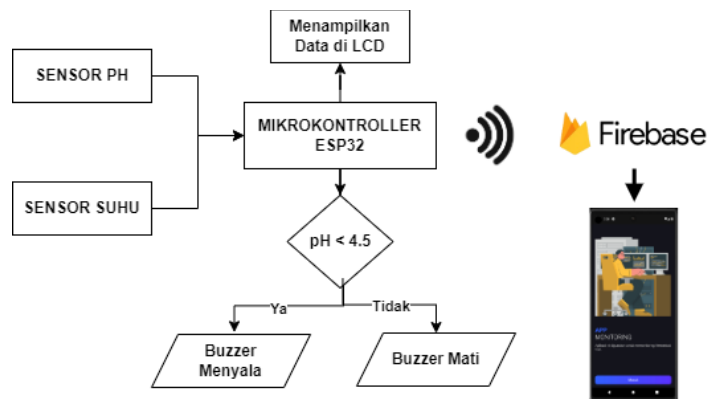


Gambar 2. Flowchart Sistem Montoring

Blok Diagram Kerja

Diagram blok sistem merupakan representasi visual yang menggambarkan urutan masukan dan keluaran dari suatu sistem. Diagram ini memberikan gambaran keseluruhan tentang struktur sistem yang sedang direncanakan (Fadli et al., 2023). Diagram ini menjadi

referensi penting saat merancang alur kerja perangkat keras atau hardware, membantu dalam pemahaman yang lebih baik tentang struktur sistem secara keseluruhan (Sudrajad et al., 2023). Blok diagram sistem yang dirancang adalah sebagai berikut :

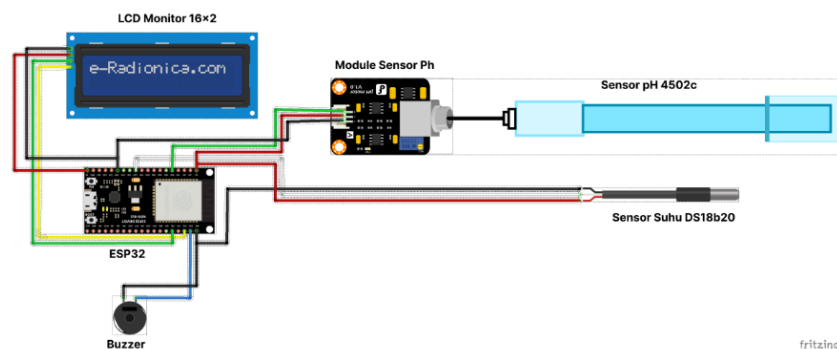


Gambar 3. Blok Diagram Sistem

Pada Gambar diatas terdapat dua buah sensor untuk membaca pH air (tingkat asam basa), dan suhu air pada saat proses fermentasi. Data dari sensor akan ditampilkan ke dalam aplikasi mobile flutter secara realtime. Selain itu akan ada kontrol berupa buzzer yang digunakan untuk alarm ketika pH kurang dari 4.5 yang menandakan fermentasi kopi telah selesai.

Perancangan Desain Prototype

Pada perancangan desain prototype ini menggunakan fritzing dan corel draw sebagai alat untuk merancang prototype monitoring pH dan suhu pada fermentasi kopi serta buzzer sebagai alarm ketika fermentasi telah selesai. Dimana dalam perancangan alat ini terdapat beberapa komponen yaitu :



Gambar 4. Rangkaian Desain Prototype

Sensor pH terhubung dengan mikrokontroler ESP32 melalui 3 kabel, kabel pertama yaitu Ground sensor dihubungkan ke pin GND mikrokontroler. Kabel kedua yaitu V+ sensor dihubungkan ke pin Vcc mikrokontroler. Kabel ketiga yaitu Output Data sensor dihubungkan ke pin 35 mikrokontroler. Selanjutnya sensor suhu terkoneksi dengan mikrokontroler ESP32 melalui 3 kabel, kabel pertama yaitu Ground sensor terhubung ke pin GND pada mikrokontroler. Kabel kedua yaitu VCC sensor dihubungkan ke pin 3.3V, dan kabel ketiga yaitu Output sensor terhubung ke pin 14 pada mikrokontroler. Kemudian LCD I2C terhubung menggunakan 4 kabel, kabel pertama yaitu Ground LCD dihubungkan ke pin GND pada mikrokontroler. kabel kedua yaitu VCC LCD dihubungkan ke pin 5V pada mikrokontroler. Kabel ketiga yaitu SDA LCD dihubungkan ke pin 21 pada mikrokontroler, dan kabel keempat yaitu SCL LCD dihubungkan ke pin 22 pada mikrokontroler. Yang terakhir buzzer dihubungkan

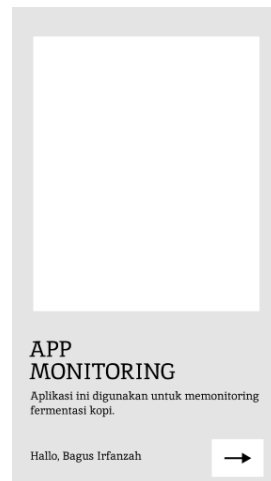
hanya dengan dua kabel yang pertama pin Negatif dihubungkan ke mikrokontroller pin GND, dan kedua pin positif dihubungkan ke mikrokontroller pin 23.

Perancangan Desain Aplikasi Mobile

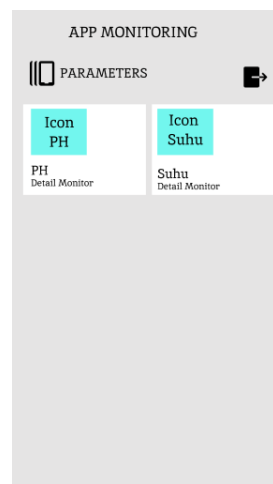
Desain Aplikasi Mobile yang dibuat bertujuan untuk mempermudah peneliti dalam membuat Aplikasi Mobile dan juga tujuan dibuatnya aplikasi mobile ini untuk mempermudah dalam memonitor fermentasi kopi, dimana dalam aplikasi mobile untuk monitoring terdapat fitur login dengan menggunakan email yang dikelola menggunakan Firebase kemudian aplikasi mobile ini akan menampilkan pH dan suhu pada saat proses fermentasi secara realtime.



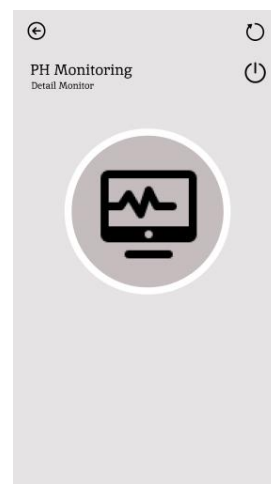
Gambar 5. Desain Login Aplikasi



Gambar 6. Desain Setelah Login



Gambar 7. Desain Dashboard



Gambar 8. Desain Monitoring

Membangun Prototype

Pada tahap ini, Penulis akan membuat bentuk prototype sistem yang telah diidentifikasi dari tahap sebelumnya, dengan mulai dibuatnya prototype system monitoring pada fermentasi kopi berbasis IoT. Tahap ini mencakup perakitan mikrokontroler yang dilengkapi dengan berbagai sensor yang ditunjuk, pembuatan aplikasi mobile yang berasal dari desain dan kerangka sistem yang ada, dan pemanfaatan firebase sebagai realtime database.

Skema Rangkaian Alat

Skema Rangkaian alat monitoring pH, suhu dan kontrol buzzer pada fermentasi kopi sebagai berikut :

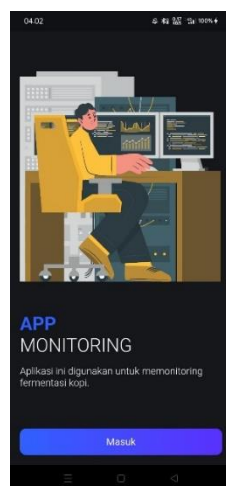


Gambar 9. Skema Rangkaian Alat

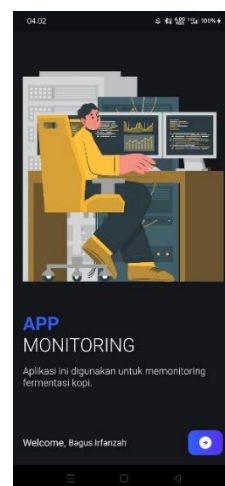
Pada gambar 9 merupakan tampilan bentuk prototype yang dibuat. Sensor pH dan Suhu air digunakan untuk memonitoring fermentasi kopi dan data dari sensor tersebut akan ditampilkan pada LCD Monitor serta pada aplikasi mobile monitoring, kemudian buzzer akan memberikan alarm ketika fermentasi kopi telah selesai dengan parameter $\text{pH} < 4.5$.

Tampilan Aplikasi Mobile

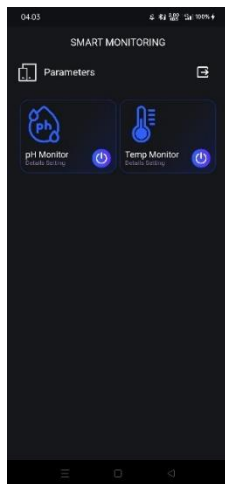
Tampilan aplikasi mobile monitoring ditunjukkan pada gambar nomor 10, 11, 12, 13 dan 14. Gambar 10 menggambarkan halaman login, yang merupakan proses memperoleh hak akses melalui email sebagai tindakan pencegahan untuk keamanan sistem. Setelah login berhasil, pengguna akan diarahkan ke halaman yang ditunjukkan pada gambar 11, yang selanjutnya akan mengarah ke antarmuka dashboard. Gambar 12 menampilkan halaman dashboard, kemudian menyajikan parameter pH dan suhu yang tersedia untuk melihat data pemantauan, disertai dengan opsi logout yang terletak di sudut kanan atas. Gambar 13 dan 14 menunjukkan menu pemantauan yang menyediakan data pH dan suhu waktu nyata selama proses fermentasi.



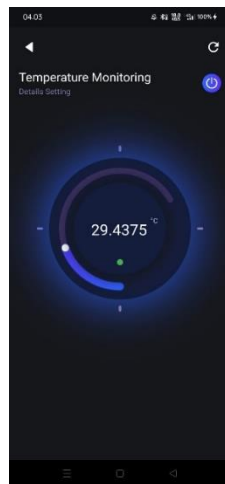
Gambar 10. Halaman Login



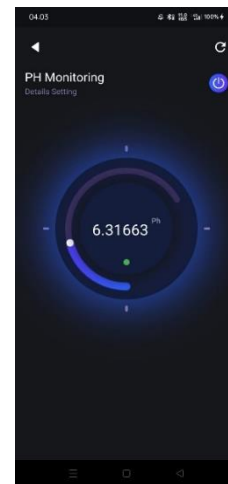
Gambar 11. Halaman Setelah Login



Gambar 12. Dashboard



Gambar 13. Monitoring Suhu



Gambar 14. Monitoring pH

Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memverifikasi sistem sudah berfungsi dengan baik seperti yang diharapkan (Firgianingsih U, Nurchim & Susanto, 2023). Jika hasil pengujian sesuai dengan yang diharapkan, hal ini berarti bahwa sistem telah mencapai tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Pengujian Sensor pH

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran pH pada fermentasi kopi dengan sensor pH yang sudah dikalibrasi dan membandingkannya dengan pH buffer untuk mengetahui akurasi dan error konfigurasi sensor pH pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{pH Buffer} - \text{Sensor pH}}{\text{pH Buffer}} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Pengujian Sensor pH

No	Sensor pH	pH Buffer	Selisih	Presentasi Error
1	4.11	4.01	0.10	2.49%
2	4.05	4.01	0.04	0.99%
3	4.08	4.01	0.07	1.74%
4	3.96	4.01	0.05	1.24%
5	6.95	6.86	0.09	1.31%
6	6.93	6.86	0.07	1.02%
7	6.76	6.86	0.10	1.49%
8	7.03	6.86	0.17	2.47%
9	9.11	9.18	0.06	0.65%
10	9.09	9.18	0.09	0.98%
11	9.22	9.18	0.04	0.43%
12	9.32	9.18	0.14	1.52%
Rata – rata error				1.36%
Akurasi Sensor				98.64%

Pengujian Sensor Suhu

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu pada fermentasi kopi dengan sensor suhu DS18B20 dan membandingkannya dengan alat ukur termometer untuk mengetahui akurasi dan error pada sensor suhu DS18B20 pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Termometer} - \text{Sensor Suhu}}{\text{Termometer}} \times 100\% \quad (2)$$

Tabel 2. Pengujian Sensor Suhu

No	Sampel	Sensor Suhu	Termometer Cairan	Selisih	Nilai Error
1	Air Minum	29.0	28.5	0.5	1.75%
2	Air Es	16.6	16.2	0.4	1.23%
3	Air Hangat	39.1	39.6	0.5	1.48%
4	Air Panas	61.7	61.9	0.3	0.84%
Rata – rata error					1.32%
Presentasi Akurasi Sensor					98.68%

Pengujian Buzzer

Pada tahapan ini merupakan tahapan pengujian kontrol menggunakan buzzer pada fermentasi kopi. Aktivasi Buzzer akan ditentukan oleh tingkat pH, yang menunjukkan selesainya proses fermentasi kopi. Jika tingkat pH kurang dari 4.5 maka buzzer akan aktif, dan saat kondisi pH lebih dari 4.5 maka buzzer tidak aktif.

Tabel 3. Pengujian Buzzer

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Memberikan perintah saat pH < 4.5	Buzzer berbunyi saat kondisi pH < 4.5	Berhasil
2	Memberikan perintah saat pH > 4.5	Buzzer tidak berbunyi saat kondisi pH > 4.5	Berhasil

Pengujian LCD Monitor

Pada tahapan ini merupakan tahapan pengujian LCD Monitor untuk menampilkan data pH dan suhu.

Tabel 4. Pengujian Buzzer

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Menampilkan data pH	LCD dapat menampilkan data pH	Berhasil
2	Menampilkan data Suhu	LCD dapat menampilkan data suhu	Berhasil

Pengujian Interface Mobile

Pada tahapan ini merupakan tahapan pengujian interface prototype sistem menggunakan flutter menggunakan Black Box testing. Black Box testing adalah metode pengujian yang menitikberatkan pada fungsi-fungsi perangkat lunak, mengamati bagaimana perangkat lunak berperilaku berdasarkan input yang diberikan pengguna untuk menghasilkan output yang diharapkan, tanpa memeriksa rincian proses internal atau kode program yang dijalankan oleh perangkat lunak tersebut (Elda et al., 2022). Tahapan ini bertujuan untuk memastikan kemampuan aplikasi mobile bekerja secara efektif dalam menyajikan nilai pH dan data suhu yang berkaitan dengan fermentasi kopi, yang berasal dari output sensor pH dan sensor DS18B20.

Tabel 5. Pengujian Interface Mobile

No	Daftar Fungsional	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian
1	Login	Melakukan Login menggunakan email	Pengguna berhasil login pada sistem	Berhasil
2	Logout	Melakukan Logout dari sistem	Pengguna berhasil logout dari sistem	Berhasil
3	Menampilkan monitoring Suhu	Menampilkan data pH monitoring fermentasi kopi	Sistem akan menampilkan data pH pada saat proses fermentasi	Berhasil
4	Menampilkan monitoring pH	Menampilkan data Suhu monitoring fermentasi kopi	Sistem akan menampilkan data Suhu pada saat proses fermentasi	Berhasil

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pengujian yang dilakukan terhadap alat monitoring fermentasi kopi dapat diambil beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, prototype dapat memonitoring kualitas pH dan suhu pada fermentasi kopi melalui smartphone menggunakan aplikasi mobile flutter. Dalam aplikasi mobile monitoring ditampilkan berupa pH dan juga data suhu. Selain itu terdapat buzzer yang digunakan sebagai alarm ketika fermentasi telah selesai. Fitur login diintegrasikan ke dalam sistem untuk meningkatkan keamanan aplikasi seluler. Kemudian dari pengujian yang dilakukan terhadap alat monitoring fermentasi kopi ini menunjukkan bahwa sensor pH memiliki nilai error sebesar 1.36% dan tingkat akurasi sebesar 98.64%, dan sensor suhu memiliki nilai error sebesar 1.32% dan tingkat akurasi sebesar 98.68%. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik.

Saran

Berdasarkan hasil dari sistem monitoring pH dan suhu pada fermentasi kopi yang telah dibuat maka peneliti memberikan saran dengan menambahkan sebuah fitur kontrol pada suhu ketika suhu berada pada tingkat yang tidak normal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang berperan dalam proses akademik dan penelitian ini, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pemikiran mereka untuk membantu serta memberikan bimbingan yang sangat berharga bagi peneliti.

REFERENSI

- Adi Permana. (2022). Mengenal Proses dan Produk dari Fermentasi Kopi. *Mengenal Proses Dan Produk Dari Fermentasi Kopi Lewat Kuliah Tamu Teknik Pangan ITB, April, 7–9*. <https://www.itb.ac.id/news/read/58552/home/mengenal-proses-dan-produk-dari-fermentasi-kopi-lewat-kuliah-tamu-prodi-teknik-pangan-itb>
- Annur C, M. (2023). produksi kopi Indonesia meningkat capai 794 ribu ton pada 2022. *Tingkat Produksi Kopi*, 3(1), 56–73.
- Ardiansah, R., Susanto, R., & Pradana, A. I. (2023). Sistem Penyiraman Otomatis Pada Tanaman dengan Monitoring Berbasis IoT (Internet of Things). *Jupiter (Jurnal Pendidikan*

- Teknik Elektro*, 8(1), 31–38. <https://e-journal.unipma.ac.id/index.php/JUPITER/article/view/16059>
- BPS Jawa Tengah. (2023). *Produksi Perkebunan Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Jawa Tengah*. <https://jateng.bps.go.id/statictable/2023/07/06/2709/produksi-perkebunan-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-jawa-tengah-ton-2021-dan-2022.html>
- Elda, E. S., Heri Mulyono, & Anggri Yulio Pernanda. (2022). Perancangan Sistem Informasi Layanan Pengaduan Badan Eksekutif Mahasiswa Berbasis Web. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 3(1), 1–11. <https://doi.org/10.51454/decode.v3i1.67>
- Fadli, M., Suherdi, D., & Taufik, F. (2023). Implementasi Sensor Proximity Induktif Pada Sistem Pemilah Sampah Logam Menggunakan Metode Counter Berbasis Arduino. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 2(4), 229. <https://doi.org/10.53513/jursik.v2i4.7610>
- Fasya, F., Prihandono, T., & Harijanto, A. (2022). Rancang Bangun Alat Fermentor Kopi Terkendali Menggunakan Elemen Pemanas Berbasis Arduino Uno. *ORBITA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Fisika*, 8(2), 307. <https://doi.org/10.31764/orbita.v8i2.11161>
- Fauzi, J. R. (2020). Algoritma Dan Flowchart Dalam Menyelesaikan Suatu Masalah Disusun Oleh Universitas Janabadra Yogyakarta 2020. *Jurnal Teknik Informatika*, 20330044, 4–6.
- Firgianingsih U, Nurchim, R. S., & Usanto. (2023). Implementasi Sistem Smart Home Untuk Monitoring Dan Kontrol Peralatan Rumah Berbasis Internet of Things. *Prosiding Seminar ...*, 09, 1–12. <http://senafiti.budiluhur.ac.id/index.php/senafiti/article/view/566%0Ahttp://senafiti.budiluhur.ac.id/index.php/senafiti/article/download/566/294>
- Harum, S. (2022). Analisis Produksi Kopi Di Indonesia Tahun 2015-2020 Menggunakan Metode Cobb-Douglass. *Jurnal Ilmiah Ekonomi Pembangunan*, 1(2), 102–109. <https://stiemmamuju.e-journal.id/GJIEP/article/view/107>
- Nursobah, N., Salmon, S., Lailiyah, S., & Sari, S. W. (2022). PROTOTYPE SISTEM TELEMETRI SUHU DAN PH AIR KOLAM BUDIDAYA IKAN AIR TAWAR (IKAN NILA) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). *Sebatik*, 26(2), 788–797. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2053>
- Saripah, Aini, A. F., Manfaati, R., & Hariyadi, T. (2021). Pengaruh Suhu Lingkungan dan Waktu Fermentasi Biji Kopi Arabika Terhadap Kadar Kafein, Etanol, dan pH. *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 4–5.
- Savitri, C. E., & PARAMYTHA, N. (2022). Sistem Monitoring Parkir Mobil berbasis Mikrokontroller Esp32. *Jurnal Ampere*, 7(2), 135. <https://doi.org/10.31851/ampere.v7i2.9199>
- Sudrajad, A., Susanto, R., & Muhtarom, M. (2023). Sistem Monitoring dan Kendali Pakan Ikan Hias pada Akuarium Berbasis Internet of Things Menggunakan Aplikasi Blynk. *Jurnal Ilmiah Komputer*, 591–598.
- Sutono, S., & Al Anwar, F. (2020). Perancangan dan Implementasi Smartlamp berbasis Arduino Uno dengan menggunakan Smartphone Android. *Media Jurnal Informatika*, 11(2), 36. <https://doi.org/10.35194/mji.v11i2.1036>
- Vinanjana, S. N. (2023). Rancang Bangun Sistem Monotoring Suhu dan pH Berbasis IoT Pada Proses Fermentasi Anaerob Kopi Arabika Argopuro. *Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember*, 1–129.