

Implementasi *Real Time Operating System* (RTOS) Pada Sistem Pemantauan Kadar Alkohol Dan Suhu Dalam Proses Fermentasi Tape Ketan

Implementation Of Real-Time Operating System (RTOS) In The Monitoring System Of Alcohol Level And Temperature During The Fermentation Process Of Sticky Rice Tape

Felisitas Maretania¹, Irma Nirmala², Rahmi Hidayati³

^{1,2,3}Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura

E-mail : h1051211004@student.untan.ac.id¹, irma.nirmala@siskom.untan.ac.id², rahmihidayati@siskom.untan.ac.id³

Received 1 August 2025; Revised 4 September 2025; Accepted 2 October 2025

Abstrak - Tape ketan merupakan makanan tradisional Indonesia yang umumnya diproduksi secara manual dengan pengawasan berkelanjutan, sehingga memerlukan waktu lama dan tenaga kerja intensif. Proses manual yang mengharuskan membuka dan menutup wadah fermentasi secara berkala, berisiko menyebabkan kontaminasi dan menurunkan kualitas produk. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan *Real Time Operating System* (RTOS) pada sistem produksi tape ketan untuk merespons perubahan kondisi secara cepat dan memastikan parameter fermentasi tetap optimal. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari sensor uap alkohol, sensor suhu, dan mikrokontroler ESP32, sedangkan perangkat lunak menggunakan *firebase real time database* dan antarmuka *website*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan proses fermentasi tanpa RTOS dan dengan RTOS menggunakan waktu *deadline* 1000 ms dan interval pengambilan data setiap 1 jam. Komposisi tape ketan terdiri dari 100 gram beras ketan putih dan 1 gram ragi. Hasil pengujian menunjukkan persentase performa eksekusi dengan RTOS sebesar 98,53%, sedangkan tanpa RTOS sebesar 79,02%. Penerapan RTOS berhasil mempercepat proses fermentasi tape ketan hingga 12 jam lebih cepat. Implementasi RTOS terbukti efektif meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas tape ketan.

Kata Kunci - *Real Time Operating System* (RTOS), Fermentasi, Tape Ketan, Persentase Performa Eksekusi

Abstract - *Sticky rice tape is a traditional Indonesian food that is generally produced manually with continuous supervision, thus requiring a long time and intensive labor. The manual process that require opening and closing the fermentation container periodically risk causing contamination and reducing product quality. This research aims to implement a Real Time Operating System (RTOS) in the sticky rice tape production system to respond to changing conditions quickly and ensure fermentation parameters remain optimal. The hardware used consists of alcohol vapor sensors, temperature sensors, and ESP32 microcontrollers, while the software uses firebase real-time database and website interface. Testing was conducted by comparing the fermentation process without RTOS and with RTOS using a deadline time of 1000 ms and data collection intervals every 1 hour. The sticky rice tape composition consists of 100 grams of white glutinous rice and 1 gram of yeast. Test results show the execution performance percentage with RTOS at 98.53%, while without RTOS at 79.02%. The implementation of RTOS successfully accelerated the sticky rice tape fermentation process by up to 12 hours faster. RTOS implementation proved effective in improving production efficiency and sticky rice tape quality.*

Keywords: *Real Time Operating System* (RTOS), Fermentation, Sticky Rice Tape, Execution Performance Percentage

1. PENDAHULUAN

Tape ketan adalah makanan tradisional Indonesia yang dibuat dari beras ketan melalui proses fermentasi menggunakan ragi [1]. Ragi mengandung khamir yang mengubah gula dalam beras ketan menjadi alkohol, sehingga menghasilkan rasa manis, asam, alkoholik, dan tekstur yang empuk [2]. Proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh waktu dan suhu. Waktu fermentasi yang lebih lama akan menghasilkan alkohol lebih banyak oleh khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Suhu terbaik untuk fermentasi adalah 28°C-32°C, karena suhu yang terlalu rendah akan memperlambat proses fermentasi [3]. Kadar alkohol dalam tape ketan yang baik untuk dikonsumsi adalah kurang dari 5%, sesuai dengan aturan Kementerian Kesehatan RI Tentang Minuman Keras [4]. Saat ini, pembuatan tape ketan masih dilakukan secara manual dengan cara membuka dan menutup wadah untuk melihat perkembangan fermentasi [5]. Cara ini dapat mengakibatkan hasil fermentasi tape ketan menjadi kurang berkualitas, variasi produk menjadi tidak konsisten, bahkan dapat mengalami kegagalan. Untuk mengatasi masalah ini, dapat digunakan teknologi *Real Time Operating System* (RTOS) yang mampu memantau proses fermentasi secara otomatis dan langsung [6]. Sistem RTOS dapat melakukan pengukuran dan pengolahan data secara *real time* dengan respons cepat secara otomatis dibanding mengandalkan pengamatan secara visual

Penelitian sebelumnya mengenai sistem otomatis tape ketan telah mengembangkan pemantauan fermentasi jarak jauh menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang dilengkapi sensor suhu DHT22 dan sensor alkohol MQ-3. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui layar LCD dan dapat diakses secara langsung melalui aplikasi Blynk di *smartphone* [5]. Studi lain menganalisis pengaruh variasi konsentrasi ragi terhadap kadar alkohol tape ketan menggunakan sistem yang terdiri dari sensor TGS 2620, Arduino Uno, Data Logger, dan wadah fermentasi. Percobaan dilakukan dengan konsentrasi ragi 0,5%, 1,0%, dan 1,5% selama tiga hari, dengan hasil kadar alkohol berkisar 0,73%-1,63% [7]. Penelitian lain terkait implementasi RTOS dilakukan untuk pemantauan struktur jembatan yang menunjukkan keunggulan dalam penjadwalan tugas yang presisi. Sistem menggunakan sensor beban (*loadcell* HX711), akselerometer, dan ultrasonik untuk memantau beban, pergeseran, dan regangan secara bersamaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada beban 0 kg, RTOS menghasilkan waktu eksekusi rata-rata 956,3 ms dibandingkan 1918,6 ms tanpa RTOS. Pada beban 5 kg, waktu rata-rata RTOS adalah 8413,6 ms dan tanpa RTOS adalah 8843 ms. Pada beban 10 kg, RTOS menghasilkan waktu rata-rata 12884 ms dan tanpa RTOS 15255 ms [8].

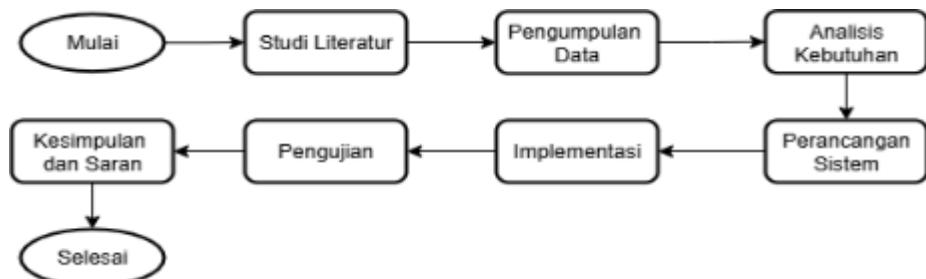
Berdasarkan beberapa penelitian terkait, maka dilakukan penelitian untuk memantau kadar alkohol dan suhu pada proses pembuatan tape ketan menggunakan RTOS. Data masukan yang digunakan dalam penelitian ini berupa data kadar alkohol dan suhu dan dilakukan dalam sebuah wadah tertutup. Penelitian ini diharapkan dapat menciptakan sebuah sistem yang dapat memantau tape ketan tetap terjaga dalam kondisi optimal dengan parameter yang baik saat proses fermentasi, pengambilan data yang lebih terjadwal, dan dapat memudahkan pembuatan tape ketan kualitas baik dalam waktu yang lebih cepat serta minim kontaminasi dari luar.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam pengembangan implementasi RTOS pada sistem pemantauan kadar alkohol dan suhu dalam proses fermentasi tape ketan, mencakup beberapa tahapan utama yaitu studi literatur, pengumpulan data, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan

kesimpulan serta saran. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa sistem yang dikembangkan memenuhi tujuan penelitian dan diagram tahap penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Tahap Penelitian

2.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk memperoleh pemahaman teoritis mengenai fermentasi tape ketan dan proses RTOS. Literatur yang dikaji mencakup referensi teknis dan penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan sistem pemantauan kadar alkohol dan suhu pada proses fermentasi tape ketan. Hasil dari studi ini digunakan sebagai dasar dalam pengembangan pendekatan sistem pada proses fermentasi secara *real time*.

2.3 Pengumpulan Data

Tahap ini dilakukan pembuatan tape ketan dalam sebuah wadah tertutup. Data yang dikumpulkan meliputi kadar alkohol dan suhu serta waktu respons dari masing-masing sensor saat mengambil data. Hasil pada proses ini digunakan sebagai dasar untuk mengoptimalkan sistem dan memastikan aktuator perangkat pengendali kadar alkohol dan suhu dapat bekerja secara *real time* selama proses fermentasi berlangsung.

2.4 Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan pemeriksaan keperluan sistem. Analisis mencakup kebutuhan perangkat keras utama yang terdiri dari ESP32, MQ-3, dan DHT11, buzzer, dan relay. Sedangkan pada perangkat lunak, diperlukan untuk pemrosesan data, pengiriman data, serta visualisasi data, yang meliputi RTOS, perhitungan *error* dan akurasi sensor, dan Arduino IDE.

2.4.1 ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang mendukung Wi-Fi, Bluetooth, dan RTOS untuk multitasking, sehingga cocok untuk aplikasi *Internet of Thing* (IoT) yang membutuhkan komunikasi nirkabel dan pengelolaan tugas secara terjadwal. ESP32 juga mendukung berbagai antarmuka komunikasi yang membuatnya fleksibel untuk berbagai kebutuhan integrasi perangkat keras [9].

2.4.2 MQ-3

MQ-3 merupakan sensor untuk mengukur kandungan uap alkohol yang menguap dari cairan alkohol. Resistansi sensor akan berubah-ubah seiring dengan terdeteksinya keberadaan gas etanol oleh elemen sensor. Jika konsentrasi etanol tinggi, maka resistansi sensor akan berkurang sehingga tegangan keluaran akan meningkat [10].

2.4.3 DHT11

DHT11 merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. DHT11 kemudian mentranslasikan perubahan resistansi tersebut menjadi nilai suhu dan kelembaban yang dapat diakses melalui protokol komunikasi digital, sering kali menggunakan sinyal satu kabel [11].

2.4.4 Buzzer

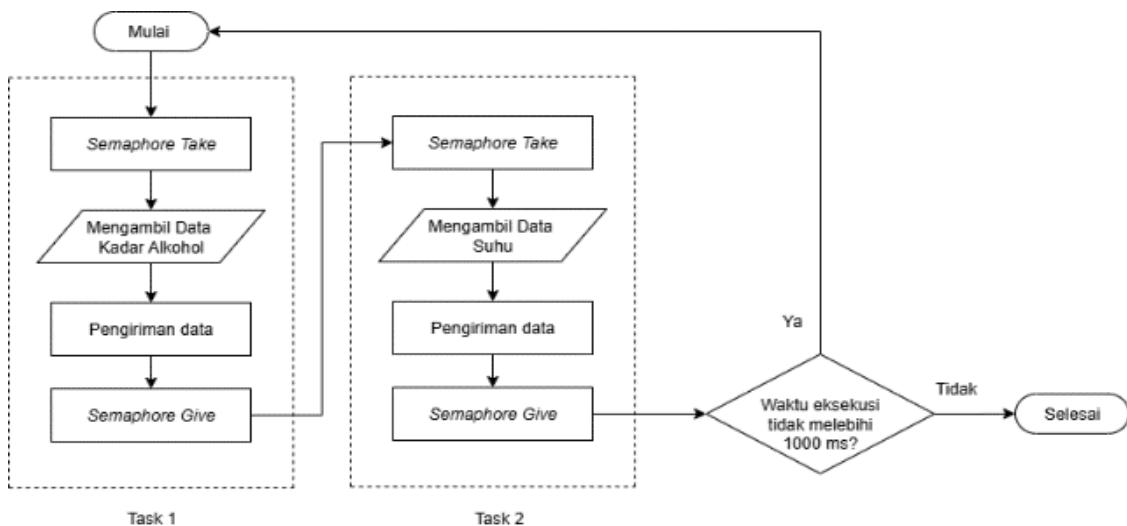
Buzzer merupakan sebuah *speaker* yang digunakan sebagai *output* nada antarmuka yang mudah untuk digunakan, berbentuk bulat dengan ukuran 12 mm dengan tegangan operasi 3.5V-5V. Buzzer salah satu komponen elektronika kategori tranduser yang bekerja dengan cara mengubah sinyal elektrik menjadi sebuah gelombang suara. Buzzer biasa difungsikan sebagai alarm sinyal [12].

2.4.5 Relay

Relay merupakan komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar. Relay memiliki sebuah kumparan tegangan rendah yang dililitkan pada sebuah inti. Terdapat sebuah armatur besi yang akan tertarik menuju inti apabila arus mengalir melewati kumparan. Ketika armatur tertarik menuju inti, kontak jalur bersama akan berubah posisinya dari kontak tertutup ke kontak terbuka [13].

2.4.6 Real Time Operating System (RTOS)

RTOS merupakan sistem yang menjalankan semua task dalam *deadline* waktu (*timer*) dengan membagi prioritas dan menjalankan eksekusi dengan sistem yang tersinkronisasi sehingga lebih terjadwal. Pada proses perancangan RTOS terdiri dari beberapa tahapan yaitu menentukan *timer* untuk memicu *scheduler*, menentukan prioritas tiap *task*, dan mengatur penjadwalan tiap *task* nya. *Timer* pada sistem dideklarasikan selama 1 detik (1000 ms) dalam setiap *task* yang dikerjakan. Dalam proses eksekusi prioritas, terdapat algoritma yang umum digunakan dalam RTOS yaitu algoritma *preemptive priority-based scheduling*. Algoritma ini yang akan mengatur setiap *task* dengan prioritas paling tinggi akan dieksekusi terlebih dahulu dan *task* lain akan ditunda hingga *task* prioritas tinggi selesai dieksekusi. Dalam penjadwalan *task* terdapat penanda bahwa *task* sedang melakukan proses pengambilan data yang disebut *semaphore*. Saat *semaphore* pada masing-masing *task* mulai memberi tanda bagi mikrokontroler untuk mengambil data, maka *task* yang lain akan menunggu untuk proses eksekusi sampai proses pada *task* sebelumnya selesai [6]. Diagram alir proses RTOS dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Proses RTOS

2.4.7 Perhitungan Error Dan Akurasi Sensor

Perhitungan *error* dan akurasi sensor bertujuan untuk memastikan kalibrasi sensor yang sudah diprogram dapat sesuai dengan nilai yang sesungguh nya pada objek yang di uji. *Error* adalah kesalahan yang timbul akibat perbedaan antara nilai aktual dan nilai yang dihasilkan oleh sensor serta berguna untuk melihat sejauh mana nilai yang diukur mendekati nilai sebenarnya.

Sedangkan akurasi membantu mengidentifikasi seberapa jauh hasil pengukuran dari nilai aktual [14]. Perhitungan *error* hingga akurasi sensor ditunjukkan pada persamaan 1 hingga persamaan 3.

$$\text{error} = \text{nilai ukur} - \text{nilai aktual} \quad (1)$$

$$(\%) \text{error} = \left| \frac{\text{error}}{\text{nilai aktual}} \right| \times 100 \quad (2)$$

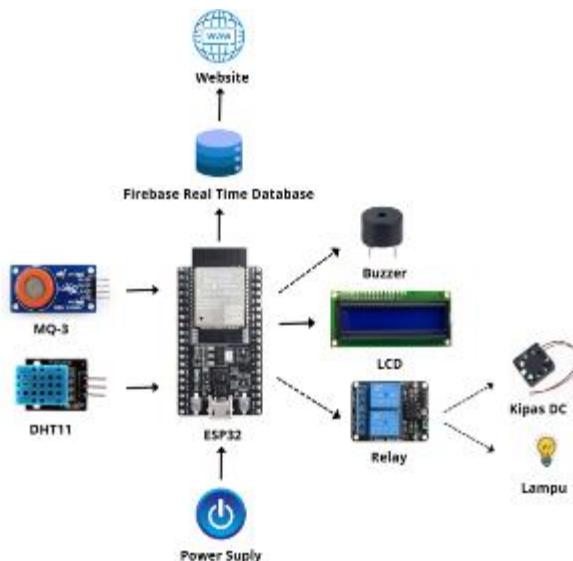
$$(\%) \text{Akurasi} = (100 - (\%) \text{error}) \quad (3)$$

2.4.8 Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah sebuah *software* yang digunakan untuk membuat program pada Arduino. Salah satu fitur pentingnya adalah kemampuan untuk mengunggah program yang telah dibuat ke papan ESP32 dengan mudah melalui koneksi USB, membuat proses pengembangan dan uji coba proyek menjadi lebih efisien [15].

2.5 Perancangan Sistem

Tahap perancangan sistem dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Pada sisi perangkat keras, sistem dirancang dengan menggunakan sensor MQ-3 untuk mendeteksi kadar alkohol, sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu, dan ESP32 sebagai mikrokontroler. Perancangan perangkat keras dilengkapi dengan perangkat keluaran yang menampilkan nilai data sensor yaitu LCD, serta perangkat pengendali kadar alkohol dan suhu yaitu buzzer, kipas, dan lampu. Sistem pemantauan proses fermentasi ketan ini dioptimalkan dengan penerapan RTOS agar pengambilan data yang telah dijadwalkan dapat terlaksana lebih cepat. Sementara itu, perancangan perangkat lunak meliputi pengembangan program pada ESP32 untuk memproses data sensor dan mengelola komunikasi data dengan *firebase*. Selain itu, dilakukan perancangan antarmuka *website* sebagai media untuk menampilkan data pemantauan secara *real time*. Perancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 3.

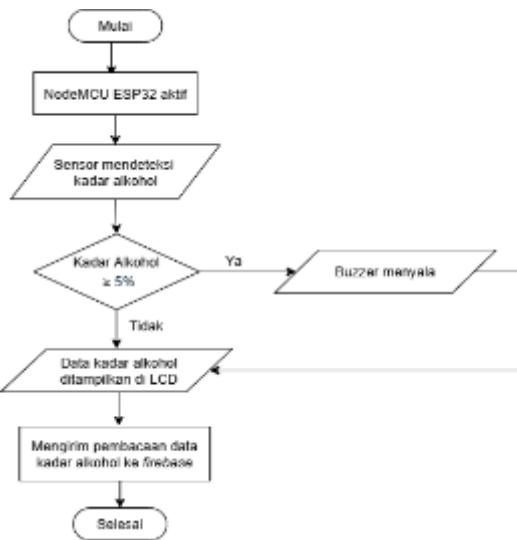


Gambar 3. Arsitektur Sistem

2.5.1 Perancangan Sistem Pembacaan Kadar Alkohol

Sensor akan mengambil data kadar alkohol saat sistem pada ESP32 mulai dihidupkan. Selanjutnya nilai dari pembacaan data kadar alkohol akan dikirim ke *firebase real time database* serta data ditampilkan melalui layar LCD. Setiap data yang diterima oleh *firebase real time database*, akan langsung dikirim ke antarmuka *website*. Perangkat pengendali dari data kadar

alkohol adalah buzzer yang akan berbunyi saat kadar alkohol sudah melebihi 5%. Diagram alir sistem pembacaan kadar alkohol dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem Pembacaan Kadar Alkohol

2.5.2 Perancangan Sistem Pembacaan Suhu

Sensor akan mengambil data suhu saat sistem pada ESP32 mulai dihidupkan. Selanjutnya nilai dari pembacaan data suhu akan dikirim ke *firebase real time database* serta data ditampilkan melalui layar LCD. Setiap data yang diterima oleh *firebase real time database*, akan langsung dikirim ke antarmuka *website*. Perangkat pengendali dari data suhu adalah kipas DC dan lampu. Kipas akan menyala saat keadaan suhu dalam wadah fermentasi lebih dari 32°C dan lampu akan menyala saat keadaan suhu dalam wadah fermentasi kurang dari 28°C. Saat keadaan suhu berada dalam rentang 28°C-32°C atau keadaan normal, maka kipas dan lampu akan tetap padam. Perangkat pengendali suhu ini dihubungkan pada relay yang mengatur kendali *on* dan *off* disertai dengan sumber daya dari adaptor. Diagram alir sistem pembacaan suhu dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Sistem Pembacaan Suhu

2.6 Implementasi

Implementasi adalah tahap di mana perancangan sistem direalisasikan untuk siap dioperasikan. Tahap ini merupakan penerapan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya dengan tujuan untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik dan mampu mengukur kadar alkohol serta suhu selama proses fermentasi berlangsung. Kode program yang ditanamkan ke perangkat keras dilakukan untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsinya, mulai dari sensor hingga tampilan antarmuka.

2.7 Pengujian

Setelah sistem berjalan stabil, dilakukan pengujian untuk mengevaluasi performa sistem dari RTOS setelah proses implementasi. Pengujian ini melibatkan perhitungan akurasi pada sensor uap alkohol dan suhu, pengujian proses fermentasi tanpa RTOS, dan pengujian menggunakan RTOS. Hasilnya digunakan untuk menilai apakah sistem memenuhi kriteria fungsional dan efektivitas yang telah ditetapkan dan dirancang sebelumnya.

2.8 Kesimpulan dan Saran

Penyusunan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil dari seluruh proses penelitian. Kesimpulan mencerminkan pencapaian tujuan sistem yang telah dirancang dan diuji. Saran diberikan sebagai masukan untuk pengembangan sistem ke depan, baik dari sisi perangkat keras, perangkat lunak, dan implementasinya.

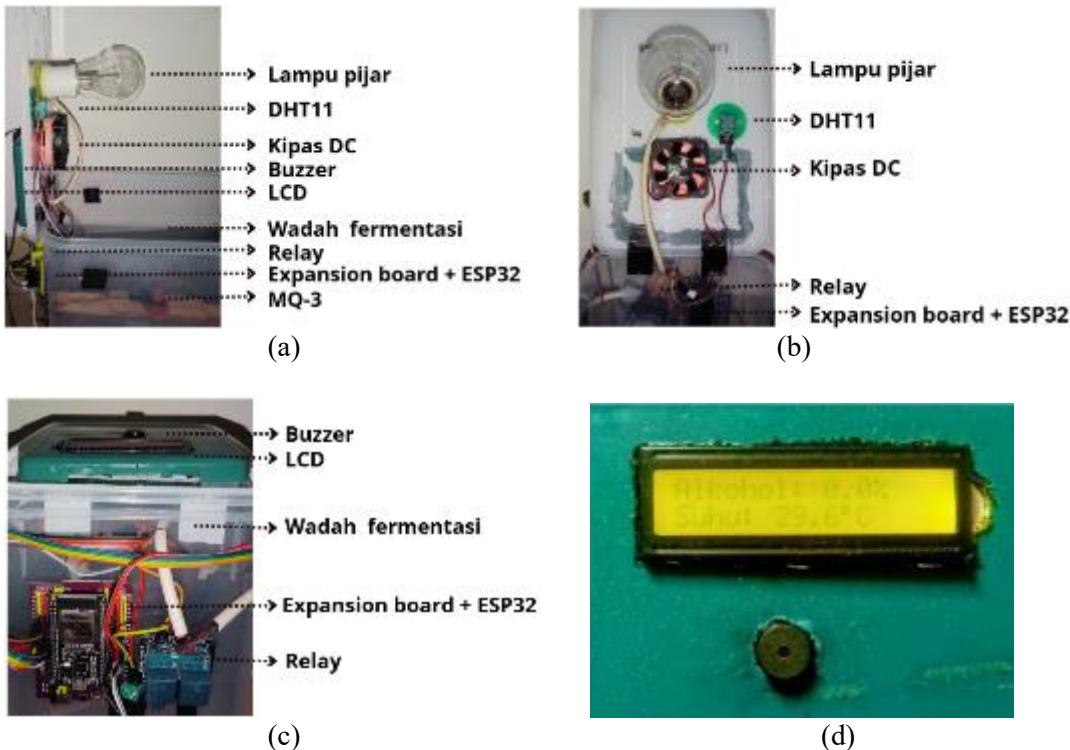
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi

Implementasi sistem adalah tahap di mana perancangan sistem direalisasikan agar dapat dioperasikan dengan baik. Tahap ini mencakup penerapan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya. Tujuan dari implementasi ini adalah memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal dalam mendeteksi kadar alkohol dan suhu selama proses fermentasi tape ketan dengan penjadwalan oleh RTOS, proses pengiriman data ke *firebase*, serta menampilkan informasi melalui antarmuka *website*.

3.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan langkah-langkah penyusunan komponen perangkat keras yang telah dirancang pada bab perancangan. Implementasi perangkat keras menggunakan komponen perangkat keras ESP32, sensor MQ-3 untuk mendeteksi kadar alkohol, dan sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu. Setiap proses pengambilan data oleh sensor, diberikan penjadwalan dan sinkronisasi data oleh RTOS yang kemudian masing-masing hasil pembacaan sensor akan dikirim ke ESP32. Setelah itu, dilakukan proses pengiriman data ke *firebase* dengan jaringan *local* dan diteruskan juga ke antarmuka *website* untuk visualisasi. Aktuator yang digunakan terdiri dari buzzer sebagai pemberi tanda saat kadar alkohol sudah melebihi dari 5%, relay yang mengontrol perangkat kipas dan lampu sebagai kendali suhu dalam wadah fermentasi selama proses fermentasi berlangsung. Kipas akan aktif saat suhu berada di atas 32°C sebagai pendingin dan lampu akan aktif saat suhu berada di bawah 28°C sebagai pemanas. Perangkat lainnya yaitu LCD yang akan menampilkan data kadar alkohol dan suhu yang diterima oleh sensor saat fermentasi berlangsung. Perangkat keras dirangkai dalam sebuah wadah tertutup untuk mencegah udara luar masuk saat proses fermentasi. Gambar implementasi perangkat keras dapat dilihat pada Gambar 6.

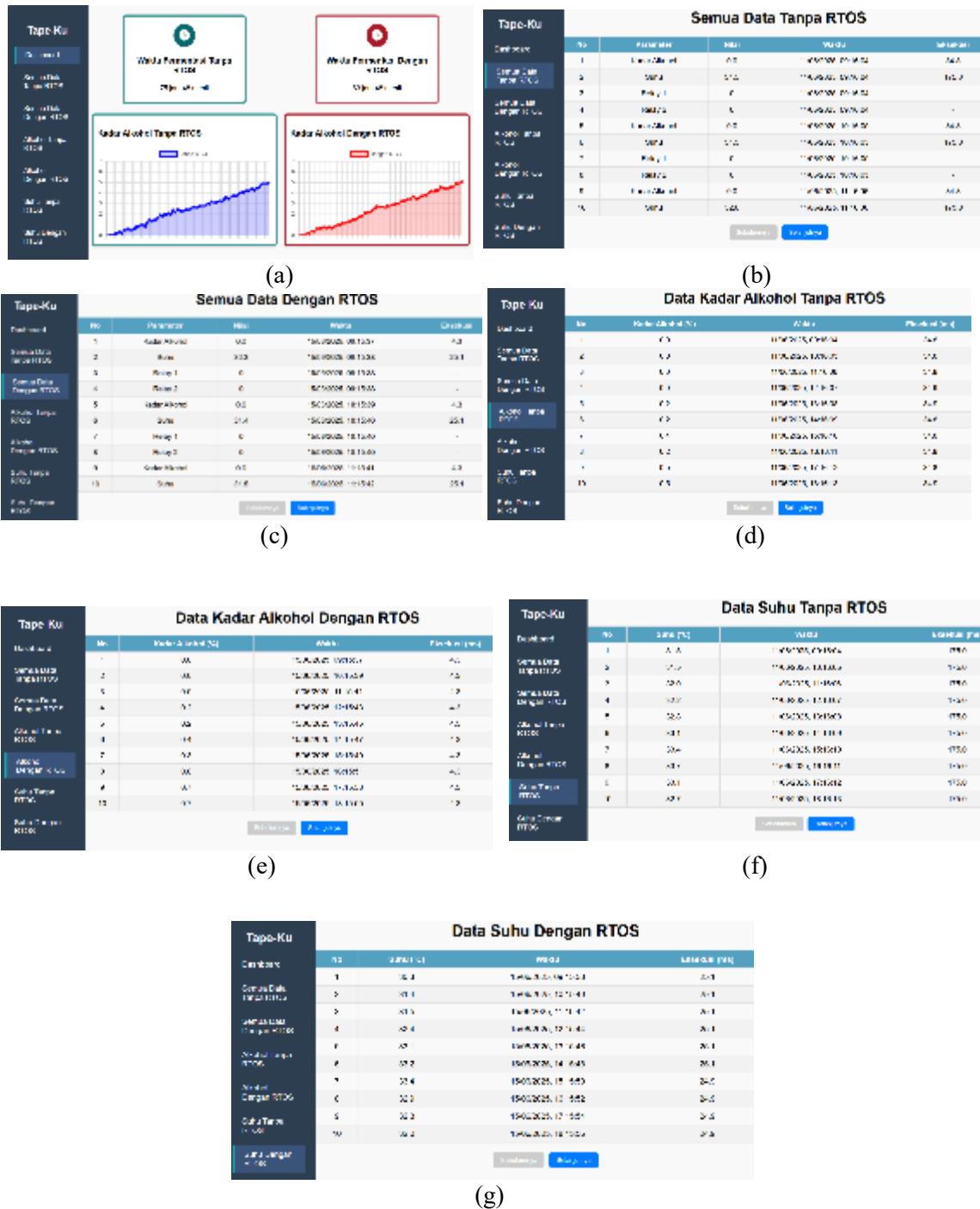


Gambar 6. Implementasi Perangkat Keras

(a) Keseluruhan Perangkat Keras (b) Perangkat Keras Pengendali Suhu (c) Perangkat Keras Pada Mikrokontroler (d) Perangkat Keras Pada Tampilan Data dan Pengendali Kadar Alkohol

3.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak yang dibangun meliputi pemrograman mikrokontroler untuk membaca sensor, mengendalikan aktuator, mengirim data ke *firebase*, serta proses RTOS. Antarmuka *website* yang dibangun memberikan informasi data kadar alkohol dan suhu selama fermentasi yang dilengkapi dengan waktu eksekusi pada proses pengambilan data sensor. Halaman *dashboard* menampilkan informasi total waktu fermentasi tape dengan kedua pengujian yaitu tanpa menggunakan RTOS dan dengan menggunakan RTOS. Visualisasi ditampilkan dalam bentuk grafik untuk memudahkan dalam membaca kenaikan kadar alkohol selama fermentasi. Antarmuka *website* ini juga menampilkan status relay atau kendali kipas dan lampu saat menyala atau saat tidak menyala. Waktu pengambilan data sensor juga disertakan lengkap dengan tanggal serta waktu. Untuk memudahkan membedakan hasil kadar alkohol dan suhu dari kedua pengujian, antarmuka *website* ini juga memfilter setiap data kadar alkohol dan suhu dari pengujian menggunakan RTOS dan pengujian tanpa menggunakan RTOS. Gambar antarmuka *website* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Antarmuka Website

- (a) Tampilan Dashboard (b) Tampilan Perubahan Semua Data Tanpa RTOS
- (c) Tampilan Perubahan Semua Data Dengan RTOS (d) Tampilan Perubahan Data Kadar Alkohol Tanpa RTOS (e) Tampilan Perubahan Data Kadar Alkohol Dengan RTOS
- (f) Tampilan Perubahan Data Suhu Tanpa RTOS (g) Tampilan Perubahan Data Suhu Dengan RTOS

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi RTOS dalam menjadwalkan setiap tugas berdasarkan prioritas dan data yang telah disinkronisasi dengan *firebase real time database*. Fokus utama pengujian adalah menganalisis kecepatan respons yang dilakukan oleh sensor secara bergantian saat mengambil data kadar alkohol dan suhu dengan *deadline* waktu yang sudah ditentukan yaitu 1000 ms. Proses pengujian mencakup perhitungan akurasi sensor uap alkohol dan sensor suhu, pengujian proses fermentasi tape ketan tanpa menggunakan RTOS, dan pengujian proses fermentasi tape ketan menggunakan RTOS. Kedua pengujian proses fermentasi tape dilakukan dalam waktu yang berbeda. Hal ini bertujuan agar sistem RTOS dapat memaksimalkan kinerja nya dan memudahkan menganalisis hasil pada tape yang dihasilkan.

3.2.1 Pengukuran Akurasi Sensor Uap Alkohol

Pengujian terhadap sensor uap alkohol menunjukkan bahwa pembacaan sensor cukup baik dalam mengambil data sesuai dengan keadaan pada lingkungannya. Pengukuran akurasi dilakukan dengan membaca kedua nilai dari sumber kadar alkohol, yaitu kadar alkohol dengan kadar 4,8% dan kadar 17,5%. Kedua sumber kadar alkohol tersebut berasal dari jenis minuman alkohol yang bersertifikat Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata *error* adalah 1,38% dan akurasi sensor 98,62%. Proses dilakukan dalam sebuah wadah dan sensor uap alkohol diletakkan berada di atas objek fermentasi, agar uap alkohol dapat diterima oleh sensor dan memastikan data yang diterima bernilai benar. Adapun hasil pengukuran akurasi sensor uap alkohol dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Akurasi Sensor Uap Alkohol

Kadar Alkohol Sebenarnya (%)	Nilai Pembacaan Sensor (%)	Error	(%) Error	(%) Akurasi
4.8	5.0	0.2	4.16	95.84
4.8	4.7	-0.1	2.08	97.92
4.8	4.7	-0.1	2.08	97.92
4.8	4.9	0.1	2.08	97.02
4.8	4.8	0.0	0.00	100.00
17.5	17.7	0.2	1.14	98.86
17.5	17.8	0.3	1.71	98.29
17.5	17.6	0.1	0.57	99.43
17.5	17.5	0.0	0.00	100.00
17.5	17.5	0.0	0.00	100.00
Rata-rata		1.38	98.62	

3.2.2 Pengukuran Akurasi Sensor Suhu

Pengujian terhadap sensor uap alkohol menunjukkan bahwa pembacaan sensor cukup baik dalam mengambil data sesuai dengan keadaan pada lingkungannya. Proses pengukuran akurasi dilakukan dengan pembacaan suhu selama 24 jam dan dilakukan pada suhu ruangan yang disertai referensi dari termometer digital dalam interval waktu setiap 1 jam. Hasil pengukuran menunjukkan rata-rata *error* adalah 1,40% dan akurasi sensor 98,40%. Hasil pengukuran akurasi sensor suhu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Akurasi Sensor Suhu

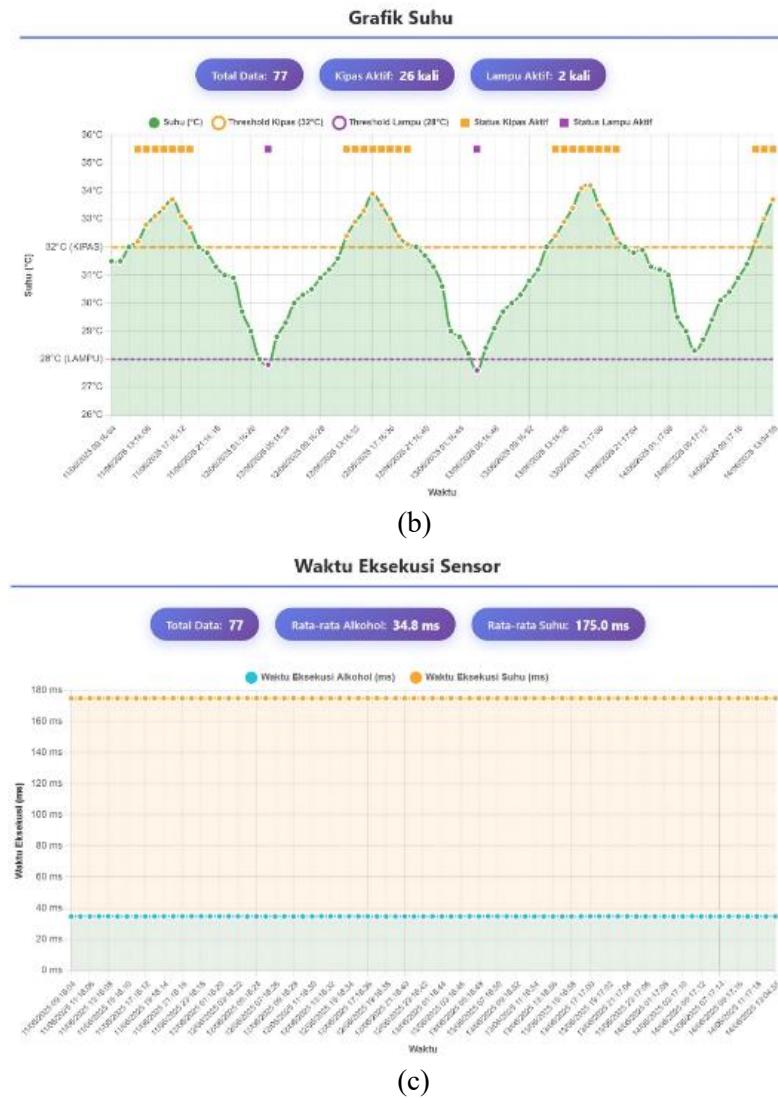
No .	Waktu	Suhu yang Sebenarnya (°C)	Nilai Pembacaan Sensor (°C)	Error	(%) Error	(%) Akurasi
1.	15:05	33.7	34.1	0.4	1.19	98.81
2.	16:05	33.1	33.5	0.4	1.21	98.79
3.	17:05	32.6	32.8	0.2	0.61	99.39
4.	18:05	31.8	32.4	0.6	1.89	98.11
5.	19:05	31.0	31.6	0.6	1.94	98.06
6.	20:05	31.3	32.0	0.7	2.24	97.76
7.	21:05	31.2	32.0	0.8	2.56	97.44
8.	22:05	30.6	31.1	0.5	1.63	98.37

9.	23:05	30.0	30.9	0.9	3.00	97.00
10.	00:05	29.5	30.5	1.0	3.39	96.61
11.	01:05	28.8	29.3	0.5	1.74	98.26
12.	02:05	28.2	28.9	0.7	2.48	97.52
13.	03:05	28.6	29.0	0.4	1.40	98.60
14.	04:05	29.1	29.5	0.4	1.37	98.63
15.	05:05	29.5	29.9	0.4	1.36	98.64
16.	06:05	30.0	30.3	0.3	1.00	99.00
17.	07:05	29.9	30.5	0.6	2.01	97.99
18.	08:05	30.5	30.8	0.3	0.98	99.02
No .	Waktu	Suhu yang Sebenarnya (°C)	Nilai Pembacaan Sensor (°C)	Error	(%) Error	(%) Akurasi
19.	09:05	31.1	31.2	0.1	0.32	99.68
20.	10:05	31.8	31.8	0.0	0.00	100.00
21.	11:05	32.1	32.2	0.1	0.31	99.69
22.	12:05	32.8	32.8	0.0	0.00	100.00
23.	13:05	33.0	33.4	0.4	1.21	98.79
24.	14:05	33.5	33.8	0.3	0.90	99.10
25.	15:05	33.9	34.0	0.1	0.29	99.71
Rata-rata				1.40	98.40	

3.2.3 Pengujian Sistem Pemantauan Fermentasi Tape Ketan Tanpa Menggunakan *Real Time Operating System* (RTOS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem pemantauan tape ketan yang berjalan tanpa menggunakan RTOS dengan fokus mengukur waktu eksekusi selama proses fermentasi. Pengujian ini juga bertujuan untuk mendokumentasikan keterbatasan pengujian secara manual dalam hal efisiensi waktu pemantauan selama pengukuran. Data-data yang diperoleh pada pengujian ini akan menjadi dasar perbandingan dengan sistem berbasis RTOS. Pada pengujian ini, aktuator kendali kadar alkohol yaitu buzzer dan aktuator kendali suhu yaitu kipas dan lampu oleh relay juga diterapkan. Buzzer akan berbunyi saat kadar alkohol yang terukur sudah mencapai 5%. Relay 1 pada kendali kipas (sebagai pendingin) akan aktif saat suhu yang terukur berada diatas 32°C. Relay 2 pada kendali lampu (sebagai pemanas) akan aktif saat suhu yang terukur berada dibawah 28°C. Pada pengujian ini terdapat 77 data hasil yang diambil selama proses pembuatan tape ketan dalam waktu 75 jam 48 menit. Rata-rata waktu eksekusi yang dilakukan sistem saat pengambilan data kadar alkohol adalah 34,8 ms. Sedangkan rata-rata waktu eksekusi yang dilakukan sistem saat pengambilan data suhu adalah 175,0 ms. Hasil pengujian sistem pemantauan fermentasi tape ketan tanpa RTOS dapat dilihat pada Gambar 8.





Gambar 8. Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Fermentasi Tape Ketan Tanpa RTOS

(a) Grafik Kenaikan Kadar Alkohol (b) Grafik Perubahan Suhu

(c) Grafik Waktu Eksekusi Sensor

Nilai rata-rata dari waktu eksekusi kedua sensor pada pengujian tanpa menggunakan RTOS, dijadikan sebagai nilai untuk menghitung persentase performa eksekusi dalam mengambil data terhadap waktu selama periode pengambilan data. Persentase performa eksekusi dihitung berdasarkan jumlah rata-rata dari waktu eksekusi kedua sensor karena kedua sensor mengambil data secara paralel. Perhitungan persentase performa eksekusi terhadap waktu menggunakan perhitungan efisiensi yang membandingkan waktu eksekusi dengan waktu aktual yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas (1000 ms). Perhitungan ini merupakan konsep efisiensi secara umum dikenal, yang dimana efisiensi didefinisikan sebagai rasio antara *output* yang dihasilkan terhadap *input* yang digunakan. Semakin kecil rata-rata waktu eksekusi dari masing-masing sensor yang dibutuhkan dibandingkan dengan waktu aktual, maka semakin tinggi nilai performa eksekusi yang diperoleh. Sebaliknya, jika waktu eksekusi dari masing-masing sensor melebihi waktu aktual, maka nilai performa eksekusi akan menjadi negatif, yang menandakan adanya penurunan efisiensi sistem. Pada pengujian pemantauan fermentasi tape ketan tanpa menggunakan RTOS diperoleh persentase performa eksekusi sebesar 79,02%.

$$\begin{aligned}
 \text{Total waktu eksekusi} &= \text{rata-rata waktu eksekusi kadar alkohol} + \text{rata-rata waktu eksekusi suhu} \\
 &= 34,8 \text{ ms} + 175,0 \text{ ms} \\
 &= 209,8 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

$$(\%) \text{Performa eksekusi} = \frac{1000 - 209,8}{1000} \times 100\% = 79,02\%$$

3.2.4 Pengujian Sistem Pemantauan Fermentasi Tape Ketan Menggunakan *Real Time Operating System* (RTOS)

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sistem RTOS dalam pemantauan proses fermentasi tape ketan. Tujuan spesifik pengujian ini adalah kemampuan sistem dalam ketepatan waktu terhadap eksekusi tugas-tugas yang telah dijadwalkan dan kestabilan sistem saat beroperasi secara *real time*. Pada pengujian ini terdapat 65 data hasil yang diambil selama proses pembuatan tape ketan dalam waktu 63 jam 48 menit. Hasil pengujian proses fermentasi tape ketan dengan menggunakan RTOS terbagi menjadi dua, yaitu hasil pengujian *task* kadar alkohol dan hasil pengujian *task* suhu. Pada pengujian *task* kadar alkohol, rata-rata waktu eksekusi yang dilakukan sistem saat pengambilan data kadar alkohol adalah 4,3 ms. Sedangkan pada pengujian *task* suhu, rata-rata waktu eksekusi yang dilakukan sistem saat pengambilan data suhu adalah 25,1 ms. Hasil pengujian sistem pemantauan fermentasi tape ketan dengan RTOS dapat dilihat pada Gambar 9.

Grafik Kadar Alkohol

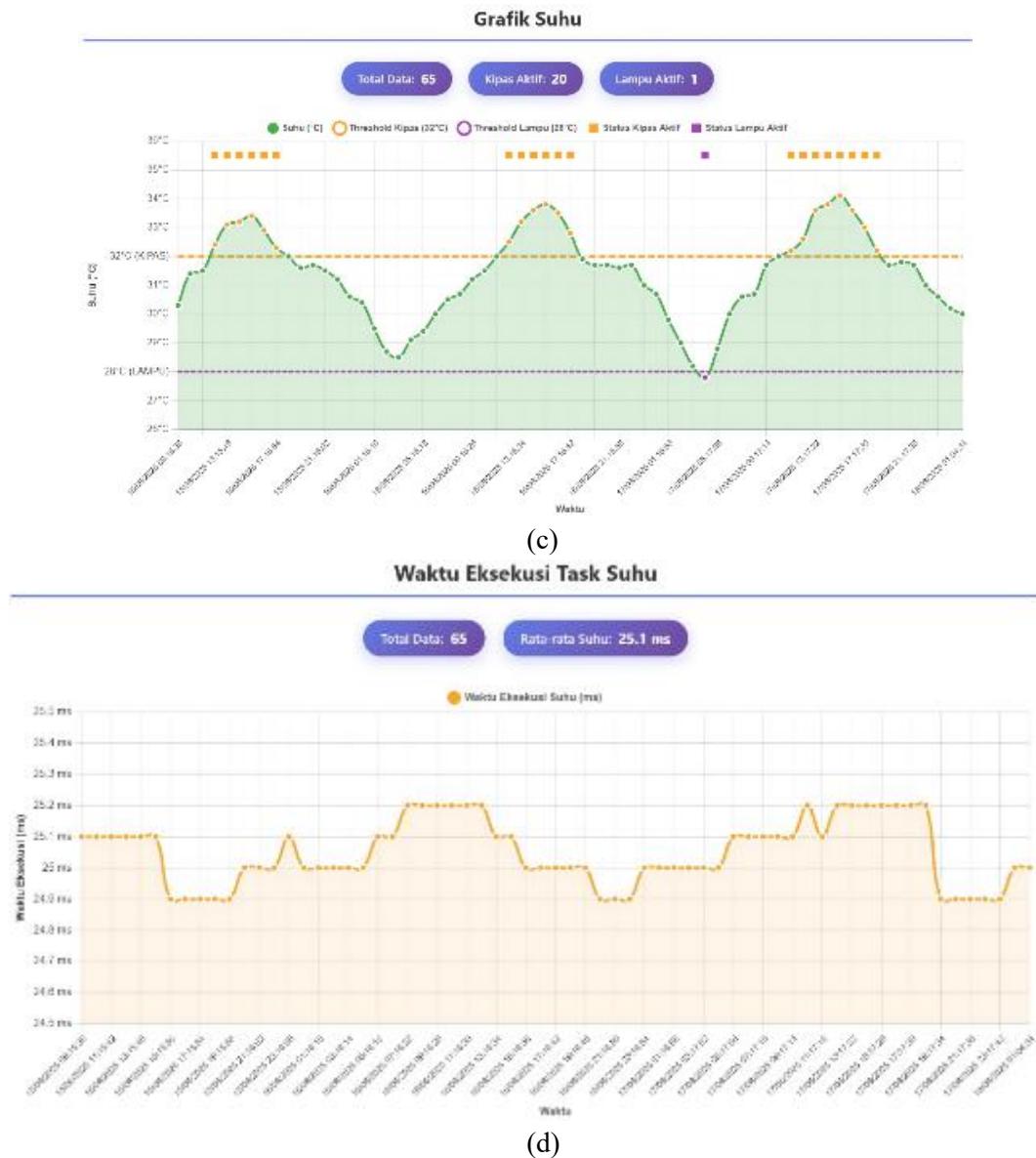


(a)

Waktu Eksekusi Task Kadar Alkohol



(b)



Gambar 9. Hasil Pengujian Sistem Pemantauan Fermentasi Tape Ketan Dengan RTOS

(a) Grafik Kenaikan Kadar Alkohol (b) Grafik Waktu Eksekusi Task Kadar Alkohol

(c) Grafik Perubahan Suhu (d) Grafik Waktu Eksekusi Task Suhu

Sama seperti pada perhitungan sebelumnya yaitu pada persentase performa eksekusi di pengujian tanpa menggunakan RTOS, nilai rata-rata dari waktu eksekusi kedua sensor pada pengujian dengan menggunakan RTOS, dijadikan sebagai nilai untuk menghitung persentase performa eksekusi *task*. Persentase performa eksekusi *task* dihitung berdasarkan banyaknya jumlah tugas yang dijalankan karena sistem tidak menjalankan tugas secara paralel. Pada eksekusi *task* kadar alkohol, diperoleh persentase performa sebesar 99,57%, dan pada eksekusi *task* suhu diperoleh persentase performa sebesar 97,53%. Sebagai pembanding untuk persentase performa eksekusi tanpa menggunakan RTOS, rata-rata dari persentase performa eksekusi *task* kadar alkohol dan persentase performa eksekusi *task* suhu diperoleh nilai sebesar 98,53%.

$$(\%) \text{Performa eksekusi task kadar alkohol} = \frac{1000 - 4,3}{1000} \times 100\% = 99,57\%$$

$$(\%) \text{Performa eksekusi task suhu} = \frac{1000 - 25,1}{1000} \times 100\% = 97,49\%$$

$$\text{Rata - rata} = \frac{99,57\% + 97,49\%}{2} = 98,53\%$$

4. KESIMPULAN

Penelitian implementasi RTOS pada sistem pemantauan kadar alkohol dan suhu dalam proses fermentasi tape ketan terbukti efektif dalam meningkatkan responsivitas dan efisiensi sistem pemantauan fermentasi. Sistem RTOS mengimplementasikan algoritma *preemptive priority-based scheduling* yang memberikan prioritas utama pada *task* pengukuran kadar alkohol dibandingkan *task* pengukuran suhu. Mekanisme *semaphore* memastikan sinkronisasi antar *task* dengan menjalankannya secara bergantian. Arsitektur ini menjamin setiap *task* dapat diselesaikan sesuai *deadline* yang telah ditetapkan, memungkinkan sistem monitoring fermentasi merespons perubahan kondisi secara *real time* dan mengeksekusi tindakan perbaikan dengan tepat waktu. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan performa yang signifikan dalam hal kecepatan respons, dimana sistem tanpa RTOS menghasilkan rata-rata waktu eksekusi kadar alkohol sebesar 34,8 ms dan suhu sebesar 175,0 ms, sedangkan sistem dengan RTOS berhasil mempercepat eksekusi menjadi 4,3 ms untuk kadar alkohol dan 25,1 ms untuk suhu. Persentase performa eksekusi juga meningkat dari 79,02% pada sistem tanpa RTOS menjadi 98,53% pada sistem dengan RTOS. Optimalisasi kinerja ESP32 melalui eksekusi *task* bergantian memungkinkan sistem memaksimalkan performa yang berfokus pada kecepatan waktu pengambilan data. Implementasi RTOS ini tidak hanya meningkatkan responsivitas sistem pemantauan, tetapi juga berhasil mempercepat waktu proses fermentasi tape ketan hingga 12 jam lebih cepat dibandingkan proses pembuatan tanpa menggunakan RTOS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Marniza, Syafnil, & Fitria, S. (2020). Karakteristik Tapai Ketan Hitam dengan Variasi Metode Pemasakan. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 7(2), 112–120.
- [2] Gres, M. R. (2023). Fermentasi Tapai Ketan Hitam (*Oryza Sativa Linn* Var *Glutinosa*). *Jurnal Multidisipliner*, 2(3), 175–179.
- [3] Sediarto, Masdianto, & Rohmatulloh, W. (2020). Penetapan Kadar Etanol Pada Tape Ketan Putih Yang Telah Difermentasi Pada Hari Ke 4, 5, Dan 6. *Jurnal Ilmiah Analis Kesehatan*, 6(1), 22–26.
- [4] Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 86/Menkes/PER/IV/1997 tentang Minuman Keras. (2018).
- [5] Sani, S. P., Lifwarda, Dahlan, A. A., & Yulindon. (2022). Perancangan Sistem untuk Monitoring Suhu dan Kadar Alkohol pada Fermentasi Tape Ketan Berbasis IoT. *Edu Elektrika Journal*, 11(2), 46–51.
- [6] Jatmiko, W., Mursanto, P., Jati, G., Purnomo, D. M. J., Alhamidi, M. R., Habibie, N., & Dwinto, K. (2015). *Real Time Operating System (RTOS) Teori Dan Aplikasi* (1st ed.). Universitas Indonesia.
- [7] Negara, M. K., Wirawan, R., & Qomariyah, N. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Gas Alkohol Pada Fermentasi Ketan Berbasis Sensor Tgs 2620. *Orbita.Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 225–229.
- [8] Abhimana, D. K. K., & Budi, A. S. (2021). Sistem Monitoring Struktur Jembatan dengan metode *Real Time Operating System* (RTOS). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(2), 566–571.

- [9] Hercog, D., Lerher, T., Trunčić, M., & Težak, O. (2023). Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices. *Sensors*, 23(15).
- [10] Angraini, T., Susanti, R., Efendi, Arifin, A., & Azriful, R. K. (2021). Sistem Monitoring Kenaikan Kadar Alkohol Pada Molasses Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi (SISFOTEK)*, 5, 296-301.
- [11] Barri, M. H., Pramudita, B. A., & Wirawan, A. P. (2022). Sistem Penyiram Tanaman Otomatis dengan Sensor Soil Moisture Dan Sensor DHT11. *Electrops Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 1(1), 9–15.
- [12] Ramady, G. D., Yusuf, H., Hidayat, R., Mahardika, A. G., & Lestari, N. S. (2020). Rancang Bangun Model Simulasi Sistem Pendekripsi Dan Pembuangan Asap Rokok Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 6(2), 212–218.
- [13] Hadyanto, T., & Amrullah, M. F. (2022). Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Pada Kandang Anak Ayam Broiler Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 3(2), 9–22.
- [14] Northrop, R. B. (2011). *Introduction to Instrumentation And Measurements* Second Edition (2nd ed.). Taylor & Francis Group.
- [15] Kamal, K., Fidayanti, F., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino IDE pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 1(1), 1-10.