

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING SUHU MAKANAN PROGRAM MAKAN BERGIZI GRATIS (MBG) SECARA REAL-TIME BERBASIS IOT DAN WEB MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR DHT22

Khairul Anwarudin¹, Yumna Nabila², Bastoni³, Muhammad Ilham⁴

^{1,4}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Cirebon

³Teknik Peternakan, Universitas Muhammadiyah Cirebon

²Teknologi Rekayasa Elektro-Medis, Politeknik Negeri Indramayu

Email: anwar@umc.ac.id

ABSTRAK

Pemantauan kondisi lingkungan pada ruang pengolahan makanan merupakan salah satu aspek yang mendukung pengawasan operasional dan pengendalian lingkungan pada Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG). Pemantauan manual memiliki keterbatasan dalam memberikan informasi kondisi ruangan secara langsung dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 dan sensor DHT22 yang terintegrasi dengan website berbasis *Progressive Web Application* (PWA) *Termo-App* pada SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF. Penelitian menggunakan pendekatan pengembangan prototipe yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan, pengembangan prototipe, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, pengkodean, pengujian, serta evaluasi. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* dengan mengamati pembacaan sensor, koneksi perangkat, pengiriman data, dan penyajian informasi melalui website. Hasil implementasi menunjukkan sistem dapat digunakan untuk monitoring kondisi lingkungan pada Ruang Masak MBG, Ruang Packing MBG, serta Ruang Cuci dan Sterilisasi. Hasil pembacaan menunjukkan suhu sebesar 32,0°C, 26,2°C, dan 32,5°C secara berturut-turut. Data dapat ditampilkan melalui PWA *Termo-App* secara *real-time*. Sistem juga menyediakan dashboard, grafik riwayat, dan pengelolaan perangkat. Integrasi ESP32, DHT22, internet, dan website monitoring dapat mendukung pemantauan kondisi lingkungan operasional SPPG.

Kata kunci : *Internet of Things, ESP32, DHT22, monitoring suhu, kelembapan, SPPG, PWA.*

1. PENDAHULUAN

Program Makan Bergizi Gratis (MBG) merupakan salah satu program yang membutuhkan pengelolaan makanan secara terencana, mulai dari proses pengolahan, pengemasan, hingga distribusi kepada penerima manfaat. Dalam pelaksanaannya, kondisi lingkungan tempat pengolahan makanan menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan karena dapat berkaitan dengan kebersihan, kenyamanan kerja, serta pengendalian proses pengolahan makanan. Di Kota Cirebon, perhatian terhadap keamanan dan kondisi lingkungan Satuan Pelayanan Pemenuhan Gizi (SPPG) juga menjadi bagian dari pengawasan pemerintah daerah. Dinas Kesehatan Kota Cirebon melaporkan bahwa hingga April 2026 terdapat 43 SPPG di Kota Cirebon, dengan 37 SPPG telah memiliki Sertifikat Laik Higiene Sanitasi (SLHS). Dinas Kesehatan juga melakukan pelatihan keamanan pangan, inspeksi kesehatan lingkungan secara berkala, serta pengujian kualitas air, kebersihan dapur, dan peralatan makan untuk mendukung keamanan makanan yang diberikan kepada penerima manfaat [1].

Kondisi lingkungan ruang pengolahan makanan perlu diperhatikan karena aktivitas memasak, pengemasan, pencucian, dan sterilisasi dapat menghasilkan karakteristik suhu dan kelembapan yang berbeda pada setiap ruangan. Pemantauan kondisi tersebut secara berkala dapat membantu pengelola memperoleh informasi mengenai keadaan lingkungan

pada lokasi kerja. Namun, pemantauan yang dilakukan secara manual memiliki keterbatasan karena informasi kondisi ruangan tidak selalu dapat diketahui secara langsung dan terdokumentasi secara berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan teknologi yang mampu melakukan pembacaan kondisi lingkungan dan menyampaikan informasi tersebut kepada pengguna secara lebih praktis.

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) memberikan peluang untuk mengembangkan sistem pemantauan lingkungan dengan menghubungkan sensor, mikrokontroler, jaringan internet, penyimpanan data, dan aplikasi monitoring. Dalam melakukan monitoring nilai suhu dan kelembapan diperlukan sebuah alat dan sistem yang dapat mencatat nilai secara otomatis dan *real-time* agar pencatatan tidak dilakukan secara manual [2]. Da Costa et al. menjelaskan bahwa teknologi monitoring secara *real-time* memungkinkan parameter lingkungan, termasuk suhu dan kelembapan, dipantau secara berkelanjutan dan dapat memberikan informasi yang lebih cepat untuk mendukung pengelolaan kondisi produk dan proses pangan [3]. Sejalan dengan hal tersebut, Alimadani et al. melalui kajian mengenai penerapan IoT pada bidang pengolahan pangan menunjukkan bahwa IoT telah digunakan dalam berbagai kebutuhan yang berkaitan dengan keamanan dan kualitas pangan, termasuk monitoring variabel lingkungan, komunikasi data, *traceability*, dan pengelolaan proses pangan [4].

Pemanfaatan sensor yang terhubung dengan IoT juga memungkinkan informasi hasil pengukuran tidak hanya diperoleh dari perangkat secara langsung, tetapi dapat dikirimkan menuju sistem digital untuk ditampilkan kepada pengguna. Ataei Kachouei et al. menjelaskan bahwa sensor yang didukung IoT dapat digunakan untuk memperoleh informasi secara cepat dan membantu pemangku kepentingan dalam melakukan pemantauan berbasis data maka dari itu penerapan teknologi sensor dan IoT menjadi semakin relevan karena sistem dapat menghubungkan proses pengukuran dengan penyajian informasi secara digital [5].

Dalam pengembangan sistem monitoring suhu dan kelembapan, ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang dapat digunakan karena mendukung komunikasi jaringan sehingga data sensor dapat dikirimkan ke sistem monitoring. Penelitian Supriyanto dan Setiawan melakukan pengembangan sistem monitoring suhu dan kelembapan menggunakan ESP32 dan sensor DHT22 yang memungkinkan data ditampilkan secara langsung melalui perangkat dan aplikasi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi ESP32 dan DHT22 dapat digunakan untuk monitoring kondisi lingkungan secara real-time, terutama pada lingkungan dalam ruangan [6]. Penelitian Ardiantoro et al. juga menunjukkan penerapan DHT22 dan ESP32 untuk monitoring suhu dan kelembapan melalui web server, sehingga data sensor dapat diakses melalui antarmuka berbasis web [7].

Penerapan serupa juga ditemukan pada sistem monitoring lingkungan penyimpanan pangan. Pratama et al. mengembangkan prototipe smart grain storage berbasis IoT menggunakan DHT22 dan ESP32 untuk memantau suhu dan kelembapan secara real-time. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sensor dan mikrokontroler dapat digunakan untuk memperoleh informasi kondisi lingkungan pada lokasi penyimpanan pangan dan menyajikannya melalui sistem berbasis IoT [8]. Sensor DHT22 merupakan sensor yang mudah ditemukan di pasaran dan memiliki keunggulan dua fungsi dalam satu sensor yaitu mengukur suhu dan kelembapan [9]. Sementara itu, Singha et al. mengembangkan IntelliStore yang memanfaatkan IoT untuk melakukan monitoring suhu, kelembapan, konsentrasi CO₂, dan parameter lainnya pada penyimpanan pangan yang mudah rusak [10].

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis IoT, penerapannya pada lingkungan operasional SPPG dalam konteks Program Makan Bergizi Gratis masih memiliki ruang untuk dikembangkan, khususnya pada pemantauan beberapa ruang dengan aktivitas berbeda dalam satu sistem monitoring. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem monitoring kondisi suhu dan kelembapan lingkungan pada SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF dengan memanfaatkan ESP32 dan sensor DHT22 yang terintegrasi dengan aplikasi PWA

Termo-App. Sistem dikembangkan agar data dari sensor dapat dikirimkan melalui jaringan internet dan ditampilkan melalui aplikasi sehingga kondisi lingkungan pada Ruang Masak MBG, Ruang Packing MBG serta Ruang Cuci dan Sterilisasi dapat dipantau secara *real-time*.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan sistem monitoring IoT yang mengintegrasikan perangkat ESP32 dan DHT22 dengan aplikasi monitoring berbasis PWA pada lingkungan operasional SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF dalam pelaksanaan Program Makan Bergizi Gratis. Sistem yang dikembangkan menghubungkan perangkat ESP32 dan DHT22 dengan PWA Termo-App serta menerapkannya pada beberapa ruang dengan aktivitas berbeda. Sistem tidak hanya membaca kondisi suhu dan kelembapan, tetapi juga menghubungkan proses pembacaan sensor, pengiriman data, penyimpanan, visualisasi melalui dashboard, dan pengelolaan perangkat dalam satu sistem. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif teknologi monitoring yang lebih terintegrasi untuk membantu pengelola SPPG memperoleh informasi kondisi lingkungan secara real-time.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan pendekatan teknologi yang memungkinkan perangkat fisik, sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, dan sistem aplikasi saling terhubung untuk melakukan pertukaran data. Dalam konteks pengolahan pangan, penerapan IoT dapat digunakan untuk melakukan pemantauan berbagai parameter lingkungan dan proses secara lebih terintegrasi. Alimadani et al. (2025) menunjukkan bahwa penerapan IoT pada bidang pengolahan pangan berkembang pada berbagai area, termasuk keamanan dan kualitas pangan, pengemasan, traceability, rantai pasok, pengelolaan limbah, dan monitoring parameter proses.

Penelitian [3] menjelaskan bahwa teknologi monitoring secara real-time memiliki potensi untuk melakukan pengukuran parameter seperti suhu dan kelembapan secara berkelanjutan. Informasi yang diperoleh dari sensor dapat digunakan untuk meningkatkan visibilitas kondisi lingkungan dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Dalam penelitian ini, konsep IoT diterapkan dengan menghubungkan sensor DHT22 dengan ESP32, jaringan internet, penyimpanan data, dan PWA Termo-App sebagai antarmuka pengguna.

2.2. Monitoring Suhu dan Kelembapan

Suhu dan kelembapan merupakan parameter lingkungan yang dapat berubah sesuai dengan aktivitas dan kondisi suatu ruangan. Dalam lingkungan pengolahan makanan, pemantauan kondisi tersebut dapat digunakan sebagai informasi pendukung untuk mengetahui karakteristik lingkungan pada ruang kerja. Sistem monitoring berbasis sensor memungkinkan

kondisi tersebut diketahui tanpa harus melakukan pengukuran secara manual pada setiap waktu pengamatan.

Penelitian [10] menunjukkan penerapan IoT untuk monitoring suhu dan kelembapan secara real-time pada lingkungan penyimpanan pangan. Sistem tersebut menunjukkan bahwa parameter lingkungan dapat dipantau secara berkelanjutan dengan mengintegrasikan sensor dan teknologi IoT. Sementara itu, Sobhan et al. menunjukkan bahwa teknologi sensor yang terintegrasi dengan IoT semakin banyak digunakan untuk mendukung pemantauan risiko keamanan pangan secara *real-time* [11]. Dalam penelitian ini, monitoring suhu dan kelembapan diarahkan pada kondisi lingkungan ruangan SPPG, bukan pengukuran suhu inti makanan. Pembatasan tersebut penting karena sensor DHT22 digunakan untuk membaca kondisi udara di sekitar lokasi pemasangan perangkat.

2.3. ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang digunakan sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi pada sistem IoT. Kemampuan konektivitas jaringan pada ESP32 memungkinkan data dari sensor diproses dan dikirimkan menuju sistem monitoring melalui jaringan internet. Penelitian [6] menunjukkan penggunaan ESP32 bersama sensor DHT22 untuk membangun sistem monitoring suhu dan kelembapan secara real-time. Data hasil pembacaan dapat ditampilkan melalui perangkat dan aplikasi sehingga monitoring dapat dilakukan dari jarak jauh.

Penggunaan ESP32 pada penelitian ini disesuaikan dengan kebutuhan sistem yang memerlukan komunikasi antara perangkat sensor dan aplikasi monitoring. ESP32 berperan menerima data dari DHT22, memproses data, menghubungkan perangkat dengan jaringan Wi-Fi, dan mengirimkan informasi menuju sistem yang digunakan oleh PWA Termo-App.

2.4. Sensor DHT22

DHT22 merupakan sensor yang digunakan untuk memperoleh informasi suhu dan kelembapan lingkungan. Dalam penelitian berbasis IoT, sensor ini dapat dihubungkan dengan mikrokontroler untuk menghasilkan data yang selanjutnya diproses dan dikirimkan melalui jaringan. Penggunaan DHT22 bersama ESP32 telah diterapkan dalam beberapa penelitian terbaru. Penelitian [6] menggunakan DHT22 dan ESP32 untuk monitoring suhu dan kelembapan secara real-time, sedangkan penelitian [7] mengintegrasikan DHT22 dengan ESP32 dan web server untuk memberikan akses monitoring melalui jaringan internet. Pratama et al. juga menggunakan DHT22 dan ESP32 dalam pengembangan prototipe smart grain storage untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan lingkungan secara real-time [8].

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, DHT22 sesuai digunakan untuk kebutuhan penelitian ini karena fokus pengukuran adalah suhu dan kelembapan lingkungan ruangan. Dengan demikian, hasil penelitian tidak diarahkan untuk menyatakan bahwa DHT22 mengukur suhu bagian dalam makanan.

2.5. Monitoring Berbasis Web dan Real-Time

Monitoring berbasis web memungkinkan data yang diperoleh dari perangkat IoT disajikan dalam bentuk informasi yang dapat diakses pengguna melalui perangkat yang terhubung dengan jaringan. Integrasi ESP32, DHT22, dan web server memungkinkan data suhu dan kelembapan ditampilkan melalui sistem berbasis web [7].

Pada penelitian ini, konsep tersebut dikembangkan melalui PWA Termo-App. Aplikasi berfungsi sebagai antarmuka untuk menampilkan kondisi suhu dan kelembapan, grafik riwayat, serta pengelolaan perangkat. Dengan adanya antarmuka tersebut, data yang dihasilkan sensor tidak hanya tersimpan sebagai keluaran perangkat, tetapi dapat disajikan menjadi informasi yang lebih mudah dipantau oleh pengguna.

2.6. Sistem Monitoring pada Lingkungan Pengolahan Pangan

Penerapan IoT pada bidang pangan berkembang dari sekadar pengukuran sensor menjadi sistem yang menghubungkan proses pengukuran, komunikasi data, penyimpanan, dan visualisasi. Penggunaan IoT dalam bidang pangan dapat digunakan pada berbagai aspek, termasuk food safety and quality, pengemasan, traceability, dan rantai pasok [4]. Sistem IoT dapat mengintegrasikan ESP32 dengan berbagai sensor dan penyimpanan berbasis cloud untuk memberikan informasi kondisi pangan secara *real-time* [12].

Penelitian ini memiliki fokus yang lebih spesifik, yaitu monitoring kondisi lingkungan ruang operasional SPPG. Perangkat ditempatkan pada tiga lokasi, yaitu Ruang Masak MBG, Ruang Packing MBG, serta Ruang Cuci dan Sterilisasi. Berdasarkan hasil penelitian, sistem menghasilkan pembacaan suhu sebesar 32,0°C pada Ruang Masak, 26,2°C pada Ruang Packing, dan 32,5°C pada Ruang Cuci dan Sterilisasi. Data tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan informasi kondisi lingkungan pada lokasi yang memiliki karakteristik aktivitas berbeda.

3. METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui wawancara dan observasi secara langsung pada SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF. Wawancara dilakukan dengan pihak pengelola atau penanggung jawab dapur untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lingkungan dapur, khususnya kondisi suhu dan kelembapan selama kegiatan memasak dan pengolahan makanan berlangsung. Wawancara juga dilakukan untuk mengetahui

bagaimana proses pemantauan suhu dan kelembapan yang selama ini diterapkan, apakah pernah terjadi kondisi suhu atau kelembapan yang dianggap kurang sesuai, serta dampak yang dirasakan apabila terjadi perubahan kondisi lingkungan dapur. Selain itu, wawancara digunakan untuk mengetahui kebutuhan pengguna terhadap sistem yang mampu melakukan pemantauan suhu dan kelembapan secara otomatis dan memberikan informasi hasil pengukuran secara berkala maupun real-time.

Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung kondisi lingkungan pada SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF selama kegiatan pengolahan makanan berlangsung. Pengamatan meliputi kondisi suhu ruangan, tingkat kelembapan, aktivitas memasak dan pengolahan makanan, serta kondisi sirkulasi udara yang terdapat di dalam ruang dapur. Sirkulasi udara yang diamati meliputi keberadaan dan kondisi ventilasi, jendela, kipas, maupun sumber pertukaran udara lainnya yang dapat memengaruhi kondisi lingkungan ruangan. Observasi juga dilakukan terhadap proses pemantauan suhu dan kelembapan yang telah dilakukan sebelum sistem dikembangkan. Hasil pengamatan tersebut digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi lingkungan dapur sekaligus mengidentifikasi kebutuhan pengguna terhadap sistem monitoring yang lebih praktis dan dapat memberikan informasi secara langsung.

Data yang diperoleh melalui wawancara dan observasi selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan sistem yang akan dikembangkan. Informasi tersebut menjadi pertimbangan dalam menentukan perangkat keras, perangkat lunak, mekanisme pembacaan sensor, proses pengiriman data, serta bentuk penyajian informasi kepada pengguna. Berdasarkan hasil identifikasi kebutuhan tersebut, penelitian diarahkan pada pengembangan prototipe sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 dan sensor DHT22 yang dapat digunakan untuk membantu proses pemantauan kondisi lingkungan pada ruang dapur SPPG.

3.1. Metode Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi analisis kebutuhan sistem, pengembangan *prototipe*, evaluasi *prototipe*, pengkodean sistem, pengujian sistem, evaluasi sistem dan penggunaan sistem. Alur perancangan dan hubungan antar komponen dalam sistem yang dikembangkan dalam bentuk desain prototipe sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.

Tahapan tersebut dilakukan secara berurutan agar perangkat keras dan perangkat lunak yang dikembangkan dapat terintegrasi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada tahap analisis kebutuhan sistem, dilakukan identifikasi terhadap perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan dalam proses perancangan dan implementasi sistem. Perangkat keras yang digunakan terdiri atas laptop

atau PC, mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, kabel jumper, kabel USB serta adaptor sebagai sumber daya. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang bertugas menerima dan mengolah data dari sensor sekaligus menyediakan konektivitas jaringan.



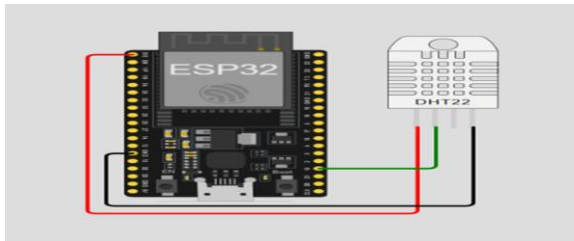
Gambar 1. Desain Prototipe Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan Berbasis IoT

Sensor DHT22 digunakan untuk membaca kondisi suhu dan kelembapan lingkungan di sekitar ruang dapur. Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan komponen-komponen elektronik, sedangkan kabel USB digunakan sebagai media koneksi antara ESP32 dan komputer sekaligus sebagai sumber daya pada saat proses pemrograman. Adaptor digunakan sebagai sumber daya ketika perangkat dijalankan secara mandiri tanpa bergantung pada sumber daya dari laptop.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Arduino IDE, Firebase, Google Chrome, Visual Studio Code, Draw.io, Wokwi, dan website mandiri. Arduino IDE digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke ESP32. Firebase digunakan sebagai layanan penyimpanan dan pertukaran data antara perangkat dengan sistem melalui jaringan internet. Google Chrome digunakan sebagai peramban untuk mengakses dan menguji sistem berbasis web, sedangkan Visual Studio Code digunakan sebagai editor dalam proses pengembangan program website. Draw.io digunakan untuk membuat diagram perancangan dan alur kerja sistem. Wokwi digunakan sebagai platform simulasi untuk membantu proses perancangan dan pengujian rangkaian elektronika serta program mikrokontroler sebelum diterapkan pada perangkat keras secara langsung. Sementara itu, website mandiri digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor yang dapat diakses melalui laptop maupun smartphone yang terhubung dengan jaringan internet.

Tahap berikutnya adalah pengembangan prototipe sistem. Berikut merupakan gambar desain perancangan prototipe sistem yang akan dikembangkan sebagai gambaran awal mengenai

bentuk, susunan, serta komponen-komponen yang digunakan dalam sistem



Gambar 2. Desain Prototype Sistem

Pada tahap ini, komponen perangkat keras dirangkai sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Sensor DHT22 dihubungkan dengan ESP32 untuk melakukan pembacaan suhu dan kelembapan lingkungan. ESP32 kemudian digunakan untuk mengolah data sensor dan mengirimkan data melalui jaringan internet menuju sistem penyimpanan dan monitoring. Data yang diterima sistem selanjutnya ditampilkan melalui website sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi suhu dan kelembapan secara lebih mudah. Prototipe yang dikembangkan merupakan bentuk awal dari sistem yang dirancang dan digunakan untuk memastikan bahwa hubungan antara sensor, mikrokontroler, jaringan, penyimpanan data, dan antarmuka monitoring dapat berjalan secara terintegrasi. Setelah *prototipe* selesai dibuat, dilakukan evaluasi *prototipe* untuk mengetahui kesesuaian rancangan dengan kebutuhan pengguna. Evaluasi dilakukan dengan mengamati fungsi dan bentuk prototipe serta mempertimbangkan masukan dari pihak yang berkaitan dengan penggunaan sistem. Hasil evaluasi digunakan untuk mengetahui bagian sistem yang masih memerlukan perbaikan, baik pada aspek perangkat keras maupun perangkat lunak. Perbaikan dilakukan sebelum sistem memasuki tahap implementasi dan pengujian secara keseluruhan.

Saat rancangan *prototipe* dinyatakan sesuai dengan kebutuhan, maka dilakukan tahap pengkodean sistem. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C/C++ melalui *Arduino IDE*. Program dirancang agar ESP32 dapat membaca data dari sensor DHT22, melakukan pemrosesan data, menghubungkan perangkat dengan jaringan Wi-Fi, serta mengirimkan data menuju sistem monitoring. Pada sisi website, program digunakan untuk menerima dan menampilkan data yang diperoleh dari perangkat sehingga informasi suhu dan kelembapan dapat dipantau oleh pengguna.

Tahap selanjutnya adalah pengujian sistem menggunakan metode Black Box Testing. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah setiap fungsi sistem dapat berjalan sesuai dengan kebutuhan dan rancangan yang telah ditentukan. Pengujian tidak berfokus pada struktur internal atau kode program, tetapi pada masukan yang diberikan dan keluaran yang dihasilkan oleh sistem. Fungsi yang diuji meliputi kemampuan sensor DHT22 dalam membaca suhu dan

kelembapan, kemampuan ESP32 dalam menerima dan mengolah data sensor, kemampuan perangkat melakukan koneksi ke jaringan Wi-Fi, kemampuan sistem mengirimkan data menuju Firebase, serta kemampuan website dalam menampilkan data hasil pembacaan sensor. Pengujian juga mencakup kemampuan sistem dalam memperbarui informasi sehingga data kondisi lingkungan dapat dipantau secara *real-time*.

Hasil pengujian selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi sistem. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan fungsi yang dirancang dengan fungsi yang dihasilkan oleh prototipe. Apabila setiap komponen dapat menjalankan fungsi sesuai dengan kebutuhan, sistem dinyatakan dapat digunakan. Apabila ditemukan fungsi yang belum berjalan sebagaimana mestinya, dilakukan perbaikan pada bagian perangkat keras, program, koneksi jaringan, maupun antarmuka sistem. Dengan demikian, evaluasi tidak hanya bertujuan untuk mengetahui keberhasilan sistem, tetapi juga memastikan bahwa sistem dapat digunakan secara praktis oleh pengguna.

Tahap terakhir adalah penggunaan sistem. Setelah proses perancangan, pemrograman, pengujian, dan evaluasi selesai dilakukan, prototipe dapat digunakan sebagai sistem monitoring suhu dan kelembapan pada lingkungan dapur SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF. Sistem memungkinkan pengguna memperoleh informasi kondisi lingkungan melalui perangkat dan website monitoring tanpa harus melakukan pemeriksaan secara manual secara terus-menerus. Penerapan sistem ini diharapkan dapat membantu proses pemantauan kondisi lingkungan dapur secara lebih praktis dan mendukung pengelolaan lingkungan pengolahan makanan berbasis teknologi IoT.

3.2. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri atas perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung proses perancangan, pemrograman, simulasi, implementasi, dan pengujian sistem. Perangkat keras utama yang digunakan adalah laptop dengan processor Intel Core i7 generasi ke-11, RAM 16 GB, sistem operasi Windows 11 Pro, layar berukuran 14 inci, dan media penyimpanan 512 GB. Laptop digunakan sebagai perangkat utama untuk melakukan pemrograman, pengembangan website, simulasi, pengolahan data, serta pengujian sistem. Selain laptop, digunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembapan, kabel jumper sebagai penghubung antarkomponen, kabel USB sebagai media koneksi dan sumber daya, serta adaptor sebagai sumber daya ketika sistem digunakan secara mandiri.

Perangkat lunak yang digunakan meliputi *Arduino IDE*, *Firebase*, *Google Chrome*, *Visual Studio Code*, *Draw.io*, *Wokwi*, dan website mandiri. *Arduino IDE* digunakan untuk proses pemrograman ESP32,

Firestore digunakan untuk mendukung penyimpanan dan pertukaran data, Google Chrome digunakan untuk mengakses sistem monitoring berbasis web, Visual Studio Code digunakan dalam pengembangan program website, Draw.io digunakan untuk menggambarkan rancangan sistem dan alur proses, sedangkan Wokwi digunakan sebagai media simulasi rangkaian dan program sebelum diterapkan pada perangkat keras. Website mandiri digunakan sebagai antarmuka monitoring yang memungkinkan pengguna melihat informasi suhu dan kelembapan melalui laptop maupun smartphone.

3.3. Metode Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk mengetahui apakah fungsi-fungsi yang terdapat pada sistem telah berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan memberikan kondisi atau masukan tertentu pada sistem kemudian mengamati keluaran yang dihasilkan tanpa melakukan pemeriksaan terhadap struktur internal program. Pendekatan ini digunakan karena penelitian berfokus pada fungsi sistem yang dapat diamati secara langsung oleh pengguna.

Pengujian dilakukan terhadap keseluruhan rangkaian fungsi sistem, mulai dari proses pembacaan suhu dan kelembapan oleh sensor DHT22, penerimaan dan pengolahan data oleh ESP32, koneksi ESP32 dengan jaringan internet, pengiriman data menuju Firestore, hingga penyajian data melalui website monitoring. Selain itu, pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa perubahan data yang dibaca sensor dapat diterima dan ditampilkan oleh sistem secara real-time. Setiap fungsi dibandingkan antara kondisi yang diharapkan dengan kondisi aktual yang dihasilkan oleh sistem. Fungsi yang menghasilkan keluaran sesuai dengan rancangan dinyatakan berhasil, sedangkan fungsi yang belum sesuai menjadi dasar untuk dilakukan perbaikan. Dengan metode tersebut, hasil penelitian dapat disajikan secara deskriptif dan naratif, tanpa menggunakan perhitungan statistik, persentase error, regresi, maupun pengujian hipotesis. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yang berfokus pada rancang bangun dan implementasi prototipe sistem monitoring, bukan pada pengujian hubungan atau pengaruh antarvariabel.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Implementasi Sistem IoT

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) telah berhasil direalisasikan. Hasil perancangan sistem selanjutnya direalisasikan dalam bentuk perangkat IoT yang terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, kabel penghubung, dan sumber daya. Implementasi perangkat secara fisik ditunjukkan pada gambar sebagai berikut:



Gambar 3. Implementasi Perangkat IoT Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan

Berdasarkan Gambar 3, perangkat IoT telah dirakit dan dapat digunakan sebagai perangkat utama untuk melakukan pembacaan kondisi suhu dan kelembapan lingkungan. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi, sedangkan sensor digunakan untuk memperoleh data kondisi lingkungan. Perangkat tersebut selanjutnya dihubungkan dengan sistem monitoring sehingga data yang diperoleh dapat ditampilkan kepada pengguna.

Perangkat keras yang ditempatkan pada beberapa ruangan di lingkungan SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF. Implementasi perangkat dilakukan dengan menempatkan perangkat monitoring pada lokasi yang memiliki aktivitas dan karakteristik lingkungan berbeda. Penempatan tersebut bertujuan untuk memperoleh informasi kondisi suhu dan kelembapan pada masing-masing ruangan serta mengetahui kemampuan sistem dalam melakukan pemantauan secara real-time. Berdasarkan hasil implementasi, perangkat IoT dapat digunakan untuk melakukan proses monitoring kondisi lingkungan pada ruang yang menjadi objek penelitian.

Perangkat IoT yang telah diimplementasikan selanjutnya diintegrasikan dengan aplikasi monitoring PWA Termo-App. Integrasi ini memungkinkan data yang diperoleh dari perangkat monitoring disajikan melalui antarmuka aplikasi sehingga informasi kondisi lingkungan dapat dipantau oleh pengguna. Aplikasi yang dikembangkan memiliki beberapa bagian utama, yaitu dashboard, pengelolaan perangkat, tiket pengaduan, dan pengelolaan profil. Keberadaan beberapa fitur tersebut menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai media pembacaan data sensor, tetapi juga menyediakan antarmuka untuk mendukung proses pengelolaan dan pemantauan perangkat secara terintegrasi.

Pada implementasinya, perangkat IoT ditempatkan pada tiga ruangan yang memiliki aktivitas berbeda, yaitu Ruang Masak MBG, Ruang Packing MBG serta Ruang Cuci dan Sterilisasi Cuci Piring atau Ompreng. Penempatan perangkat pada beberapa ruangan tersebut memungkinkan sistem memperoleh

gambaran mengenai karakteristik suhu lingkungan berdasarkan aktivitas yang berlangsung pada masing-masing ruang. Hasil monitoring dari setiap ruangan kemudian ditampilkan melalui sistem monitoring yang telah dikembangkan.

4.2. Hasil Monitoring pada Ruang Masak MBG

Ruang Masak merupakan area yang memiliki aktivitas pengolahan makanan sehingga kondisi lingkungannya memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan ruangan lainnya. Berdasarkan hasil implementasi perangkat, sistem mampu melakukan pembacaan kondisi lingkungan pada ruang tersebut dan mengirimkan informasi hasil pembacaan menuju aplikasi monitoring. Data yang diperoleh dapat digunakan sebagai informasi pendukung bagi pengelola dalam melakukan pemantauan kondisi ruang selama aktivitas pengolahan makanan berlangsung. Berikut merupakan hasil monitoring dari implementasi alat disetiap ruangan :



Gambar 4. Hasil Monitoring pada Ruang Masak MBG

Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu pada Ruang Masak 7.6MBG mencapai 32,0°C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aktivitas pengolahan makanan dapat menghasilkan kondisi lingkungan yang relatif lebih hangat. Sistem IoT memberikan kemudahan karena kondisi tersebut dapat dipantau melalui aplikasi tanpa mengharuskan pengguna melakukan pemeriksaan secara manual pada perangkat secara terus-menerus. Hasil monitoring juga dapat menjadi informasi bagi pengelola untuk memperhatikan kondisi lingkungan ruang masak selama kegiatan operasional berlangsung. Nilai suhu Ruang Masak sebesar 32,0°C tercatat dalam hasil pengujian implementasi perangkat.

4.3. Hasil Monitoring pada Ruang Packing MBG

Pada Ruang Packing MBG perangkat IoT digunakan untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan pada area yang digunakan untuk kegiatan pengemasan makanan. Hasil monitoring menunjukkan suhu pada ruang ini sebagai berikut:



Gambar 5. Hasil Monitoring pada Ruang Packing

Hasil monitoring pada Ruang Packing MBG ditunjukkan pada Gambar 5 Sistem menunjukkan suhu sebesar 26,2°C dengan kelembapan sebesar 53,1%. Nilai tersebut menunjukkan kondisi lingkungan yang berbeda dibandingkan dengan Ruang Masak. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik aktivitas dan kondisi lingkungan pada masing-masing ruangan. Melalui sistem monitoring yang terhubung dengan aplikasi, kondisi tersebut dapat dipantau secara real-time oleh pengguna.

Informasi suhu yang ditampilkan secara real-time melalui PWA Termo-App dapat membantu pengguna memperoleh gambaran kondisi lingkungan Ruang Packing secara lebih cepat. Dengan tersedianya informasi tersebut, pihak pengelola dapat melakukan pemantauan terhadap kondisi ruangan sebagai bagian dari kegiatan pengendalian lingkungan operasional. Hasil pengujian yang dilakukan pada tiga ruangan menunjukkan bahwa sensor mampu menangkap karakteristik lingkungan yang berbeda sesuai dengan aktivitas masing-masing ruangan.

4.4. Hasil Monitoring pada Ruang Cuci dan Sterilisasi

Pengujian berikutnya dilakukan pada Ruang Cuci dan Sterilisasi yang digunakan dalam aktivitas pencucian dan sterilisasi peralatan makan atau ompreng sebagai berikut:



Gambar 6. Hasil Monitoring pada Ruang Cuci dan Sterilisasi

Hasil monitoring pada Ruang Cuci dan Sterilisasi ditunjukkan pada Gambar 6. Sistem menunjukkan suhu sebesar 32,5°C dengan kelembapan sebesar 40,0%. Hasil tersebut memperlihatkan adanya perbedaan kondisi lingkungan dibandingkan dengan Ruang Packing. Informasi yang ditampilkan melalui dashboard memungkinkan kondisi lingkungan pada ruang cuci dan sterilisasi dipantau secara langsung dan terdokumentasi melalui sistem.

Perbedaan hasil monitoring pada ketiga ruangan menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan berdasarkan lokasi pemasangan perangkat. Hal tersebut menjadi salah satu manfaat dari penerapan sistem monitoring berbasis IoT karena informasi kondisi lingkungan dapat diperoleh dari beberapa lokasi melalui satu sistem monitoring. Data hasil pembacaan sensor kemudian dapat digunakan oleh pengelola sebagai informasi pendukung dalam melakukan pengawasan kondisi lingkungan operasional SPPG.

4.5. Implementasi PWA Termo-App

Hasil implementasi menunjukkan bahwa PWA Termo-App dapat digunakan sebagai antarmuka untuk menampilkan informasi yang diperoleh dari perangkat IoT. Data dari perangkat dikirimkan secara real-time sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi suhu dan kelembapan melalui aplikasi. Selain menampilkan kondisi suhu, aplikasi juga menyediakan beberapa fungsi pendukung berupa dashboard, grafik riwayat, manajemen perangkat, dan tiket pengaduan.

Keberadaan dashboard memberikan kemudahan dalam melihat kondisi suhu yang sedang berlangsung, sedangkan fitur riwayat memungkinkan informasi hasil monitoring ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga pengguna dapat melihat perubahan kondisi lingkungan. Fitur manajemen perangkat digunakan untuk mendukung pengelolaan perangkat IoT yang terhubung dengan sistem, sementara tiket pengaduan dapat digunakan sebagai sarana penyampaian informasi apabila terdapat permasalahan dalam penggunaan sistem. Berdasarkan hasil pengujian, fitur-fitur utama pada PWA Termo-App dapat berfungsi dengan baik.

Integrasi antara perangkat IoT dan PWA menjadi bagian penting dalam penelitian ini karena proses monitoring tidak berhenti pada tahap pembacaan sensor. Data hasil pembacaan perlu disampaikan kepada pengguna dalam bentuk informasi yang mudah dipahami. Dengan adanya aplikasi monitoring, data yang dihasilkan perangkat dapat diakses melalui antarmuka digital sehingga proses pemantauan menjadi lebih praktis dan terpusat.

4.6. Pembahasan Hasil Implementasi dan Pengujian

Secara keseluruhan, hasil implementasi menunjukkan bahwa perangkat keras IoT dapat diintegrasikan dengan PWA Termo-App dan mampu

mengirimkan data secara real-time. Hasil pengujian pada tiga ruangan juga menunjukkan adanya perbedaan karakteristik suhu sesuai dengan fungsi dan aktivitas masing-masing ruangan. Ruang Masak memiliki suhu sebesar 32,0°C, Ruang Packing sebesar 26,2°C, sedangkan Ruang Cuci dan Sterilisasi sebesar 32,5°C. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa sistem dapat menangkap kondisi lingkungan yang berbeda pada lokasi pemasangan perangkat.

Temuan tersebut memperlihatkan bahwa penerapan IoT dapat memberikan dukungan terhadap proses monitoring lingkungan SPPG. Sistem memungkinkan data sensor diperoleh dan disajikan secara real-time sehingga pengguna tidak hanya bergantung pada pemeriksaan manual. Informasi tersebut dapat dimanfaatkan oleh pihak pengelola sebagai bagian dari kegiatan quality control, terutama dalam melakukan pengawasan terhadap kondisi lingkungan pada ruang yang digunakan untuk aktivitas pengolahan, pengemasan, dan sterilisasi.

Dari aspek sistem informasi, integrasi perangkat IoT dengan PWA Termo-App memberikan kelebihan berupa tersedianya informasi dalam satu platform. Pengguna dapat melihat kondisi suhu, memantau riwayat data, mengelola perangkat, serta menggunakan fasilitas pengaduan melalui aplikasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat pembaca suhu, tetapi juga membentuk suatu mekanisme monitoring yang menghubungkan proses pengukuran, pengiriman data, dan penyajian informasi kepada pengguna. Hasil implementasi dan pengujian dalam penelitian menunjukkan bahwa integrasi perangkat dan aplikasi telah berjalan sesuai dengan fungsi yang dirancang.

Meskipun demikian, penerapan sistem masih memiliki beberapa aspek yang dapat dikembangkan pada penelitian selanjutnya. Salah satunya adalah kebutuhan terhadap kalibrasi sensor secara berkala untuk menjaga konsistensi hasil pembacaan dalam penggunaan jangka panjang. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan mekanisme notifikasi atau alarm apabila kondisi suhu atau kelembapan berada di luar batas yang telah ditentukan oleh pengelola. Pengujian durabilitas koneksi internet juga diperlukan untuk mengetahui kemampuan sistem mempertahankan komunikasi data dalam penggunaan jangka panjang. Rekomendasi tersebut juga telah diidentifikasi dalam hasil penelitian, terutama terkait kalibrasi sensor, penambahan notifikasi, dan pengujian stabilitas koneksi internet. Dengan demikian, hasil penelitian memperlihatkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT yang dikembangkan telah mampu menghubungkan perangkat sensor dengan aplikasi monitoring secara real-time. Sistem tersebut memberikan alternatif pemantauan kondisi lingkungan yang lebih terintegrasi dan dapat mendukung pihak pengelola dalam memperoleh informasi kondisi suhu pada beberapa ruangan di SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem monitoring suhu dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan pada SPPG Dawuan Dapur 2 UUTBEEF telah berhasil direalisasikan dan diintegrasikan dengan aplikasi PWA Termo-App. Sistem mampu melakukan pembacaan kondisi lingkungan melalui perangkat IoT serta mengirimkan data secara real-time ke aplikasi monitoring sehingga informasi dapat dipantau melalui antarmuka digital

Implementasi perangkat pada Ruang Masak MBG, Ruang Packing MBG, serta Ruang Cuci dan Sterilisasi menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan pada ruangan dengan aktivitas yang berbeda. Hasil monitoring menunjukkan suhu sebesar 32,0°C pada Ruang Masak, 26,2°C pada Ruang Packing, dan 32,5°C pada Ruang Cuci dan Sterilisasi. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan kondisi lingkungan sesuai dengan lokasi pemasangan perangkat.

PWA Termo-App juga dapat menjalankan fungsi monitoring dan menyediakan informasi melalui dashboard, riwayat grafik, pengelolaan perangkat, serta tiket pengaduan. Integrasi antara perangkat IoT dan aplikasi memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memperoleh informasi kondisi lingkungan secara real-time dan dapat mendukung proses pemantauan serta quality control pada lingkungan operasional SPPG. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat menjadi salah satu alternatif teknologi untuk mendukung proses monitoring kondisi lingkungan pada SPPG. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan melalui kalibrasi sensor secara berkala, penambahan notifikasi atau alarm ketika kondisi berada di luar batas yang ditentukan, serta pengujian kestabilan koneksi internet dalam penggunaan jangka Panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. K. Cirebon, "Rapat koordinasi laik higiene sanitasi program Makan Bergizi Gratis (MBG)." [Online]. Available: <https://dinkes.cirebonkota.go.id/berita/rapat-koordinasi-laik-higiene-sanitasi-program-makan-bergizi-gratis-mbg>
- [2] B.-, "IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING SUHU DAN KELEMBABAN RUANG SERVER BERBASIS INTERNET of THINGS MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 DENGAN ANTARMUKA WEB LARAVEL," *Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol.*, vol. 35, no. 3, pp. 23–36, 2025, doi: 10.37277/stch.v35i3.2393.
- [3] T. P. da Costa *et al.*, "A Systematic Review of Real-Time Monitoring Technologies and Its Potential Application to Reduce Food Loss and Waste: Key Elements of Food Supply Chains and IoT Technologies," *Sustain.*, vol. 15, no. 1, 2023, doi: 10.3390/su15010614.
- [4] R. Alimadani, A. A. Adedeji, and M. Narimani, "A Review of IoT Applications in Food Processing and Related Fields," *J. Food Process. Preserv.*, vol. 2025, no. 1, 2025, doi: 10.1155/jfpp/3064441.
- [5] "Advanced Intelligent Systems - 2023 - Ataei Kachouei - Internet of Things-Enabled Food and Plant Sensors to Empower.pdf."
- [6] Supriyanto supriyanto and Nuris Dwi Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Real-Time Monitoring Suhu dan Kelembaban Menggunakan ESP32," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 18, no. 1, pp. 447–457, 2025, doi: 10.51903/elkom.v18i1.3064.
- [7] N. F. Ardiantoro, E. R. Dalimunthe, and N. U. Putri, "Implementasi Internet of Things (IOT) pada Kumbung Jamur Merah Untuk Pemantauan Suhu dan Kelembaban Menggunakan Web Server," *Electr. J. Rekayasa dan Teknol. Elektro*, vol. 19, no. 1, pp. 1–7, 2025, doi: 10.23960/elc.v19n1.2670.
- [8] W. A. Pratama, N. Nurchim, and B. W. Pamekas, "Prototype of Smart Grain Storage Based Internet of Things," *J. Inotera*, vol. 9, no. 2, pp. 257–266, 2024, doi: 10.31572/inotera.vol9.iss2.2024.id349.
- [9] A. Anggriyani, P. Puspitahati, and H. Hower, "Analisis Perbandingan dan Kinerja Sensor DHT22 dan DHT11 Berdasarkan Studi Literatur Prisma untuk Pengembangan IoT di Pertanian Lahan Rawa," *J. Beta (Biosistem Dan Tek. Pertanian)*, vol. 13, no. 2, 2025.
- [10] S. Singha, D. Saha, M. Brahma, and P. K. Singh, "IntelliStore: IoT And AI-based intelligent storage monitoring for perishable food," *Internet Technol. Lett.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–7, 2023, doi: 10.1002/itl2.402.
- [11] A. Sobhan, A. Hossain, L. Wei, K. Muthukumarappan, and M. Ahmed, "IoT-Enabled Biosensors in Food Packaging: A Breakthrough in Food Safety for Monitoring Risks in Real Time," *Foods*, vol. 14, no. 8, pp. 1–18, 2025, doi: 10.3390/foods14081403.
- [12] "IET Wireless Sensor Systems - 2025 - Tailor - IoT-Based Food Quality Monitoring System.pdf."