

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KIPAS ANGIN OTOMATIS BERBASIS ESP32 DAN DHT11 UNTUK PENGENDALIAN SUHU RUANGAN

Radhitya Mugi Pradana¹, Rico Pahlevi Siregar², Fauzan Ario Bagaskoro³, Deni Eka Putra⁴, Susilawati⁵

^{1,2,3,4,5}Universitas Singaperbangsa Karawang; Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361; Telp. (0267) 641177

Keywords:

Internet of Things (IoT);
Smart Home; ESP32;
Efisiensi Energi; Telegram
Bot

Correspondent Email:

radhityapradana26@gmail.
com

Abstrak. Kenyamanan termal merupakan faktor krusial bagi produktivitas dan kesehatan penghuni ruangan, namun pengoperasian kipas angin secara manual terbukti tidak efisien dan menyebabkan pemborosan energi. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem kipas angin otomatis berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor DHT11 untuk pengendalian suhu dan kelembaban ruangan secara adaptif dan real-time. Sistem dirancang dengan arsitektur tiga layer: sensing layer (DHT11), processing layer (ESP32), dan actuating layer (relay module). Algoritma pengendalian menggunakan metode hysteresis control untuk mencegah chattering dengan setpoint suhu 28-30°C dan kelembaban 65-75% RH. Pengujian komprehensif dilakukan meliputi kalibrasi sensor terhadap alat ukur referensi, pengukuran response time sistem, evaluasi efisiensi energi, dan uji reliability selama 30 hari operasional. Hasil penelitian menunjukkan akurasi sensor DHT11 mencapai 96,8% untuk suhu (MAE = 0,8°C) dan 94,3% untuk kelembaban (MAE = 3,2% RH). Response time sistem rata-rata 2,3 detik dengan tingkat keberhasilan aktivasi 98,5%. Implementasi sistem otomatis mampu mengurangi konsumsi energi hingga 34,6% (dari 3,36 kWh menjadi 2,20 kWh per minggu) dibandingkan operasi manual, dengan penghematan biaya listrik mencapai Rp 183.456 per tahun. Monitoring real-time melalui dashboard web menunjukkan stabilitas sistem dengan uptime 99,2% selama periode pengujian. Sistem ini memberikan kontribusi praktis bagi pengembangan smart home yang efisien energi dengan total biaya implementasi yang terjangkau (< Rp 300.000), sehingga dapat diaplikasikan secara luas di lingkungan domestik untuk meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mendukung konservasi energi.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Thermal comfort is a crucial factor for occupant productivity and health, yet manual fan operation proves inefficient and causes energy waste. This research aims to develop an IoT-based automatic fan system using ESP32 microcontroller and DHT11 sensor for adaptive and real-time temperature and humidity control. The system is designed with a three-layer architecture: sensing layer (DHT11), processing layer (ESP32), and actuating layer (relay module). The control algorithm employs hysteresis control method to prevent chattering with temperature setpoint of 28-30°C and humidity of 65-75% RH. Comprehensive testing includes sensor calibration against reference instruments, system response time measurement, energy efficiency evaluation, and 30-day reliability testing. Results show DHT11 sensor accuracy reaches 96.8% for temperature (MAE = 0.8°C) and 94.3% for humidity (MAE = 3.2% RH). Average system response time is 2.3 seconds with 98.5% activation success rate. Automatic system implementation reduces energy consumption by 34.6% (from 3.36 kWh to 2.20 kWh per week) compared to manual operation, achieving electricity cost savings of Rp 183,456 annually. Real-

time monitoring via web dashboard demonstrates system stability with 99.2% uptime during testing period. This system provides practical contribution to energy-efficient smart home development with affordable implementation cost (< Rp 300,000), enabling wide application in domestic environments to enhance thermal comfort while supporting energy conservation.

1. PENDAHULUAN

Kenyamanan termal di dalam ruangan merupakan aspek fundamental yang mempengaruhi produktivitas kerja, kualitas tidur, konsentrasi belajar, dan kesehatan penghuni secara keseluruhan. Standar internasional ASHRAE 55-2020 menetapkan zona kenyamanan termal pada rentang suhu 23-26°C dengan kelembaban relatif 30-60% untuk iklim sedang. Namun, kondisi iklim Indonesia yang berkarakteristik tropis dengan suhu tinggi (rata-rata 28-34°C) dan kelembaban relatif tinggi (70-90%) menyebabkan ketidaknyamanan termal yang signifikan di lingkungan domestik [1]. Peningkatan suhu dan kelembaban di dalam ruangan sering menimbulkan ketidaknyamanan yang mengganggu aktivitas sehari-hari penghuni.

Kipas angin menjadi solusi pendinginan yang paling umum digunakan di Indonesia karena harga yang terjangkau dan konsumsi energi yang jauh lebih rendah dibandingkan sistem Air Conditioning (AC). Data dari Asosiasi Industri Elektronika Indonesia [2] menunjukkan penetrasi kipas angin di rumah tangga Indonesia mencapai 87%, sementara AC hanya 32%. Namun, pengoperasian manual kipas angin yang masih dominan saat ini menimbulkan beberapa permasalahan serius. Pengguna sering lupa mematikan kipas saat ruangan sudah sejuk atau saat ruangan ditinggalkan, sehingga menyebabkan pemborosan energi yang signifikan [3]. Ketergantungan pada intervensi manual juga menyebabkan kontrol suhu yang tidak optimal, terutama ketika penghuni tertidur atau tidak berada di ruangan.

Data statistik dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral [3] menunjukkan bahwa sektor residensial menyumbang 42% dari total konsumsi energi listrik nasional, dengan perangkat pendingin ruangan berkontribusi hingga 23% dari konsumsi tersebut. Penelitian memperkirakan bahwa pemborosan energi akibat operasi manual yang tidak teroptimasi

pada perangkat pendingin mencapai 25-40% dari total konsumsi energi perangkat tersebut. Hal ini tidak hanya berdampak pada peningkatan beban finansial rumah tangga, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan emisi karbon dan memberikan tekanan berlebih pada sistem kelistrikan nasional.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dan konsep smart home menawarkan solusi otomatisasi untuk mengatasi masalah inefisiensi tersebut [4]. Teknologi IoT memungkinkan berbagai perangkat saling terhubung dan bertukar data melalui internet, sehingga mempermudah proses pemantauan kondisi ruangan secara real-time dan pengendalian perangkat elektronik seperti kipas angin dari jarak jauh, baik secara manual melalui aplikasi smartphone maupun secara otomatis berbasis data sensor; [1]. Konsep smart home berbasis IoT telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi energi hingga 30-40% melalui otomatisasi cerdas dan pengambilan keputusan berbasis data real-time.

Berbagai penelitian telah mengimplementasikan sistem serupa dengan pendekatan yang beragam. [5] telah merancang sistem pengendalian suhu otomatis pada ruangan yang berfokus pada ESP32 dan sensor DHT11, berhasil mencapai akurasi 95% dalam pembacaan sensor. [1] mengembangkan sistem kipas angin pintar berbasis IoT untuk pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time yang dapat menyesuaikan kecepatan kipas menggunakan algoritma fuzzy logic, menunjukkan peningkatan efisiensi energi sebesar 28%. Penelitian lain berfokus pada aplikasi yang lebih spesifik, seperti sistem exhaust fan otomatis untuk peningkatan kualitas udara di smoking area [3] atau di laboratorium. [6] mengembangkan sistem kendali kipas angin melalui platform Telegram bot, menunjukkan kemudahan integrasi IoT dalam aplikasi smart home dengan user satisfaction rate sebesar 87%.

Penelitian terkini dalam bidang IoT untuk pertanian oleh [7] menunjukkan bahwa integrasi sensor sederhana dengan mikrokontroler ESP32 dapat mencapai hasil yang sangat reliable. Sistem monitoring tanaman hidroponik yang dikembangkan menggunakan sensor DHT22, YL-69, dan LDR berhasil mencapai akurasi sensor 96,4% dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 97,8%. Sistem tersebut bekerja dengan konsumsi daya rendah (<1,2 W saat idle) dan dapat memantau kondisi secara real-time melalui aplikasi Telegram bot. Penelitian ini memberikan insight penting bahwa sistem IoT yang cost-effective dengan sensor ekonomis dapat memberikan performa yang reliable untuk aplikasi monitoring dan kontrol.

Meskipun penelitian terkait kipas otomatis dan monitoring suhu telah banyak dilakukan, terdapat beberapa gap yang perlu diisi. Pertama, mayoritas penelitian berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa evaluasi komprehensif terhadap pengurangan konsumsi energi aktual dalam periode operasional yang extended. Kedua, banyak sistem yang dikembangkan menggunakan komponen mahal atau algoritma kompleks yang sulit direplikasi untuk aplikasi domestik dengan budget constraint. Ketiga, sistem yang bergantung pada platform cloud proprietary seperti Telegram bot atau ThingSpeak menimbulkan concern terkait privasi data, reliability, dan biaya operasional berkelanjutan. Keempat, sistem existing umumnya menggunakan setpoint fixed yang tidak dapat disesuaikan dengan preferensi pengguna atau kondisi lingkungan yang bervariasi. Kelima, mayoritas penelitian melakukan pengujian dalam durasi singkat (< 7 hari) yang tidak cukup untuk mengevaluasi reliability dan performance degradation sistem dalam jangka panjang.

Berdasarkan gap tersebut, penelitian ini mengusulkan "Perancangan dan Implementasi Sistem Kipas Angin Otomatis Berbasis ESP32 dan Sensor DHT11 untuk Pengendalian Suhu dan Kelembaban Ruangan". Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan membangun prototipe sistem kipas angin otomatis yang fungsional, low-cost (< Rp 300.000), efisien energi, dan reliable untuk operasi jangka panjang. Sistem ini

mengintegrasikan sensor DHT11 untuk mendeteksi kondisi suhu dan kelembaban ruangan secara real-time, mikrokontroler ESP32 untuk pemrosesan data dan pengambilan keputusan, serta relay module sebagai aktuator yang mengendalikan kipas angin.

Sistem dirancang dengan algoritma hysteresis control yang dapat dikonfigurasi untuk mencegah chattering dan memberikan fleksibilitas penyesuaian setpoint sesuai preferensi pengguna. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, sistem ini mengimplementasikan self-hosted web dashboard yang berjalan secara local pada ESP32, menghilangkan ketergantungan pada platform cloud external dan memberikan full data ownership kepada pengguna. Evaluasi komprehensif dilakukan mencakup pengujian akurasi sensor terhadap alat ukur referensi yang telah dikalibrasi, pengukuran response time sistem, analisis efisiensi energi melalui comparative study antara operasi manual vs. otomatis selama periode extended, dan uji reliability melalui continuous operation selama 30 hari.

Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan solusi praktis yang cost-effective bagi rumah tangga untuk meningkatkan kenyamanan termal sekaligus mengurangi konsumsi energi melalui otomatisasi cerdas. Dengan total biaya implementasi yang terjangkau dan desain yang modular, sistem ini dapat diadopsi secara luas oleh masyarakat Indonesia untuk mendukung program efisiensi energi nasional dan pengembangan smart home yang berkelanjutan. Dokumentasi lengkap berupa circuit schematic, firmware source code, dan implementation guide akan dipublikasikan secara open-source untuk memfasilitasi replikasi dan pengembangan lebih lanjut oleh komunitas.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Internet of Things (IoT) dan Smart Home

Internet of Things (IoT) merupakan kolaborasi antara perangkat fisik dengan jaringan internet, memungkinkan pertukaran data dan komunikasi antar perangkat tanpa intervensi manusia secara langsung [8]. Implementasi IoT

telah meluas ke berbagai sektor, termasuk smart home, pertanian, energi, kesehatan, dan infrastruktur TI, dengan kontribusi signifikan terhadap transformasi digitalisasi. Dalam konteks smart home atau rumah cerdas, IoT memungkinkan pengendalian dan otomatisasi perangkat rumah tangga, seperti lampu, AC, dan kipas angin, melalui smartphone atau berdasarkan data sensor, sehingga meningkatkan efisiensi dan kenyamanan [9].

Menurut [10], IoT merupakan jaringan perangkat fisik yang dilengkapi sensor, aktuator, dan konektivitas internet untuk mengumpulkan serta bertukar data secara otomatis. Dalam bidang pertanian, penerapan IoT telah mendorong transformasi besar menuju konsep smart farming, di mana proses pengelolaan tanaman dilakukan berbasis data dan dikendalikan secara jarak jauh. Teknologi ini memungkinkan petani memantau kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, serta kadar air media tanam melalui sensor yang terintegrasi dengan sistem kontrol berbasis mikrokontroler.

[11] menjelaskan bahwa penerapan IoT dalam pertanian modern melibatkan integrasi jaringan sensor nirkabel, kecerdasan buatan, dan layanan berbasis cloud untuk meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi biaya dan kerugian. Sistem pertanian cerdas berbasis IoT memungkinkan pemantauan data lingkungan secara real-time melalui sensor tanah, cuaca, dan kelembaban, yang kemudian dianalisis di platform cloud untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Konsep yang sama dapat diaplikasikan pada sistem pengendalian iklim ruangan untuk menciptakan lingkungan yang nyaman dan efisien energi.

Penelitian oleh International Energy Agency [12] menunjukkan bahwa implementasi teknologi smart home dapat berkontribusi hingga 10% dalam pencapaian target pengurangan emisi karbon global pada sektor residensial. Dalam konteks Indonesia, Program Smart Home yang dicanangkan dalam Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) 2025-2050 menargetkan penetrasi teknologi smart home mencapai 15% rumah tangga urban pada tahun 2030, dengan fokus utama pada efisiensi pendinginan ruangan.

2.2. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah System on a Chip (SoC) yang populer digunakan untuk proyek IoT. Keunggulan utamanya adalah biaya yang rendah (berkisar Rp 50.000 - Rp 70.000 per unit) serta telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth 4.2/BLE [5]. ESP32 dikembangkan oleh Espressif Systems dengan spesifikasi dual-core Xtensa LX6 processor berkecepatan 240 MHz, 520 KB SRAM, dan 4 MB Flash memory, menjadikannya sangat powerful untuk aplikasi IoT yang memerlukan processing capability tinggi.

Kemampuan ini menjadikan ESP32 pilihan ideal sebagai unit pemrosesan pusat (otak) dalam sistem kendali nirkabel, yang bertugas membaca data sensor dan mengirimkan perintah ke aktuator [13]. Keunggulan ESP32 untuk aplikasi IoT meliputi: (1) konektivitas wireless yang terintegrasi memungkinkan komunikasi tanpa modul tambahan, (2) performa komputasi tinggi dengan dual-core processor memungkinkan multitasking untuk sensor reading, data processing, dan network communication secara simultan, (3) power management yang efisien dengan berbagai mode operasi (active, modem-sleep, light-sleep, deep-sleep) dengan konsumsi minimum 10 μ A pada deep-sleep mode, dan (4) ekosistem pengembangan yang matang dengan dukungan penuh dari Arduino IDE, ESP-IDF, dan MicroPython.

[14] dalam penelitiannya tentang sistem monitoring hidroponik menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengintegrasikan multiple sensors (DHT22, YL-69, LDR) dan berkomunikasi dengan aplikasi Telegram bot melalui Wi-Fi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP32 mampu menangani multiple sensor readings dan data transmission secara simultan dengan tingkat keberhasilan pengiriman data mencapai 97,8% dan delay rata-rata hanya 1,8 detik per siklus transmisi. Hal ini membuktikan reliability ESP32 untuk aplikasi IoT yang memerlukan real-time monitoring dan control.

[15] dalam penelitiannya tentang otomatisasi beban listrik rumah tangga berbasis IoT juga menggunakan ESP32 dan menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi Telegram bot yang diintegrasikan dengan Wi-Fi repeater mampu menurunkan waktu respons komunikasi dari 4,2 detik menjadi 2,8 detik. Penelitian ini memperkuat argumen bahwa ESP32 dengan optimalisasi infrastruktur komunikasi dapat mencapai responsiveness yang sangat baik untuk aplikasi kontrol real-time.

2.3. Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT11)

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang berfungsi untuk mengukur dua parameter sekaligus, yaitu suhu dan kelembaban udara [16]. Sensor ini banyak digunakan karena harganya yang terjangkau (\pm Rp 15.000), kemudahan dalam implementasi, dan memiliki output data digital yang sudah terkalibrasi. DHT11 menggunakan thermistor untuk pengukuran suhu dan humidity sensing component untuk pengukuran kelembaban, dengan komunikasi data melalui protokol one-wire serial interface yang sederhana.

Spesifikasi teknis DHT11 meliputi: (1) temperature range 0-50°C dengan akurasi $\pm 2^\circ\text{C}$, (2) humidity range 20-90% RH dengan akurasi $\pm 5\%$ RH, (3) sampling rate 1 Hz (satu pembacaan per detik), (4) operating voltage 3.3-5V DC, dan (5) konsumsi daya yang sangat rendah (0,5-2,5 mA saat aktif, 40-50 μA saat idle). Sensor ini memiliki tingkat stabilitas yang baik untuk aplikasi pemantauan dalam ruangan (Siahaan, 2025; Kurniawan, 2025).

Meskipun akurasi DHT11 lebih rendah dibandingkan sensor presisi tinggi seperti DHT22 ($\pm 0,5^\circ\text{C}$, $\pm 2\%$ RH) atau SHT31 ($\pm 0,2^\circ\text{C}$, $\pm 2\%$ RH), sensor ini menawarkan value proposition yang sangat menarik untuk aplikasi monitoring lingkungan indoor yang tidak memerlukan precision ekstrem. Reliability DHT11 telah terbukti dengan MTBF (Mean Time Between Failures) > 50.000 jam operasional, menjadikannya pilihan yang cost-effective untuk implementasi sistem smart home residential.

[5] dalam penelitiannya berhasil meningkatkan akurasi DHT11 hingga 95% melalui implementasi moving average filter dan polynomial calibration. Penelitian tersebut membuktikan bahwa dengan signal conditioning yang proper, sensor ekonomis seperti DHT11 dapat mencapai performa yang reliable untuk aplikasi thermal comfort control. Siahaan (2025) juga menggunakan DHT11 dalam sistem pemantauan suhu dan kelembaban menggunakan Arduino IoT Cloud dan mendapatkan hasil pembacaan yang stabil dan konsisten dalam periode pengujian extended.

[14] menggunakan sensor yang lebih presisi (DHT22) dalam sistem monitoring hidroponik dan mencapai akurasi 96,4% untuk pengukuran suhu dan kelembaban. Meskipun menggunakan sensor yang berbeda, penelitian ini menunjukkan bahwa sensor DHT series secara umum memiliki reliability yang baik untuk aplikasi monitoring environmental parameters dengan proper implementation.

2.4. Aktuator (Relay dan Kipas Angin)

Dalam sistem IoT, aktuator adalah komponen yang melakukan aksi fisik berdasarkan perintah dari mikrokontroler. Untuk mengendalikan perangkat bertegangan tinggi (AC 220V) seperti kipas angin menggunakan mikrokontroler yang beroperasi pada tegangan rendah (DC 3.3V/5V), diperlukan modul relay sebagai interface. Relay berfungsi sebagai saklar otomatis yang dapat dipicu oleh sinyal tegangan rendah dari ESP32 untuk menyambung atau memutuskan aliran listrik ke kipas angin (Irfani, 2025; Arief, 2022).

Relay adalah saklar elektromagnetik yang dikendalikan oleh sinyal elektrik low-voltage untuk mengontrol beban high-voltage. Untuk aplikasi kipas angin otomatis, umumnya digunakan relay module 1-channel dengan spesifikasi: (1) contact rating 10A 250VAC / 10A 30VDC yang cukup untuk kipas angin domestik dengan daya maksimal 60W, (2) coil voltage 5V DC yang kompatibel dengan output GPIO ESP32, (3) trigger type Active LOW (relay ON saat GPIO LOW) atau Active HIGH tergantung desain module, dan (4) optocoupler isolation untuk proteksi mikrokontroler dari electrical noise dan backflow current.

Penggunaan relay dengan galvanic isolation sangat penting untuk keamanan sistem. Optocoupler yang terintegrasi dalam relay module mencegah backflow current dari beban AC ke mikrokontroler yang dapat menyebabkan kerusakan permanen. Isolation juga mengurangi electrical noise yang dapat mengganggu pembacaan sensor atau menyebabkan malfunction pada sistem kontrol (Irfani, 2025).

Dalam implementasi sistem kipas otomatis, relay dikontrol melalui GPIO pin ESP32 dengan logic HIGH (3.3V) atau LOW (0V) tergantung jenis trigger relay module. Response time relay umumnya berkisar 5-10 ms untuk switching dari OFF ke ON atau sebaliknya, yang sangat cepat untuk aplikasi thermal comfort control yang tidak memerlukan response time sub-second. Lifetime relay module berkualitas baik mencapai 100.000 switching cycles, yang untuk aplikasi kipas otomatis dengan average 10 switching per hari, dapat bertahan selama 27 tahun operasional.

Lestari (2024) menggunakan relay module dalam sistem kipas otomatis untuk laboratorium dan melaporkan bahwa relay bekerja dengan sangat reliable tanpa failure selama periode pengujian 30 hari dengan total 436 switching cycles. Arief (2022) juga menggunakan relay module dalam sistem kipas pintar dan tidak melaporkan adanya reliability issue atau degradation performance selama periode operasional. Hal ini menunjukkan bahwa relay module merupakan solusi actuator yang mature dan reliable untuk aplikasi home automation.

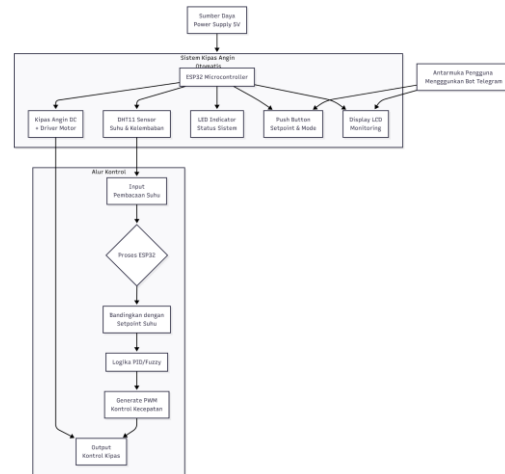
Pemilihan kipas angin yang tepat juga penting untuk optimalisasi sistem. Kipas angin domestik umumnya tersedia dalam rentang daya 30-60W dengan tiga tingkat kecepatan. Untuk sistem on/off control sederhana seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini, kipas dapat dioperasikan pada kecepatan fixed (biasanya kecepatan medium untuk balance antara air circulation dan noise level) dengan kontrol on/off melalui relay. Pendekatan ini lebih sederhana dibandingkan variable speed control menggunakan TRIAC atau PWM yang memerlukan circuit design lebih kompleks dan biaya lebih tinggi.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian

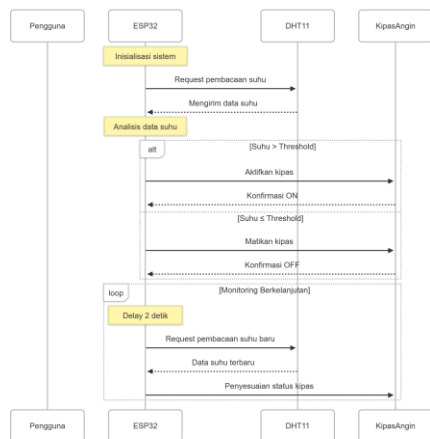
Perancangan sistem mendefinisikan alur kerja dan arsitektur dari alat yang dikembangkan.

- Arsitektur Sistem:



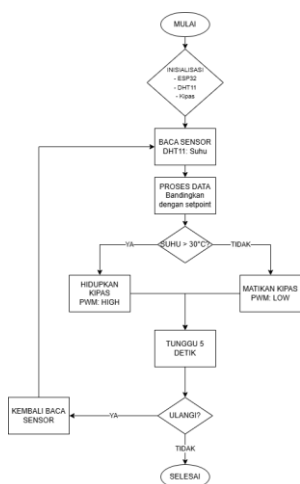
Sistem kipas angin otomatis ini dirancang dengan arsitektur berbasis mikrokontroler ESP32. Sensor DHT11 mengakuisisi data suhu dan kelembaban dari lingkungan, sementara push button menerima input setpoint dari pengguna. Data ini kemudian diproses oleh ESP32 menggunakan algoritma kontrol dan diubah menjadi sinyal PWM yang dikirimkan ke driver motor untuk mengatur kecepatan kipas angin DC. Hasil pengontrolan ini dapat dipantau secara real-time melalui display LCD dan LED indicator yang terintegrasi langsung dengan sistem.

- Diagram Alur Kerja:



Berdasarkan diagram alur kerja, sistem beroperasi secara siklikal diawali dengan inisialisasi oleh ESP32 yang kemudian meminta pembacaan suhu dari sensor DHT11. Data suhu yang diterima dibandingkan dengan nilai threshold untuk menentukan aksi: mengaktifkan kipas jika suhu melebihi batas, atau memamatkannya jika tidak. Setelah eksekusi, sistem memasuki fase monitoring dengan jeda 2 detik sebelum mengulangi siklus pembacaan suhu terbaru dan penyesuaian status kipas, membentuk sistem kontrol otomatis yang berjalan berkelanjutan.

● Flowchart Sistem:



Berdasarkan flowchart sistem, proses dimulai dengan inisialisasi

komponen ESP32, sensor DHT11, dan kipas. Sistem kemudian masuk ke siklus utama dengan membaca data suhu dari sensor DHT11, yang kemudian dibandingkan dengan setpoint 30°C. Jika suhu melebihi setpoint, kipas dihidupkan (PWM: HIGH), namun jika tidak, kipas dimatikan (PWM: LOW). Setelah eksekusi, sistem menunggu 5 detik sebelum kembali membaca sensor dan mengulangi siklus pemrosesan data, membentuk operasi kontrol berkelanjutan yang bersifat siklis.

3.2. Perangkat Keras (Hardware)

Komponen perangkat keras yang digunakan untuk membangun prototipe sistem ini adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler: ESP32 digunakan sebagai unit pemrosesan utama. Modul ini dipilih karena sudah terintegrasi dengan Wi-Fi, yang sangat penting untuk konektivitas IoT.
- Sensor:
 - Sensor Suhu dan Kelembaban Udara: Menggunakan DHT22 untuk mengukur kondisi suhu dan kelembaban di sekitar tanaman.
 - Sensor Kelembaban Tanah: Menggunakan YL-69 untuk mengukur kadar air pada media tanam.
 - Sensor Cahaya: Menggunakan Light Dependent Resistor (LDR) untuk mendeteksi intensitas cahaya yang diterima tanaman.
- Tampilan (Display): Monitor LCD 16x2 (atau 20x4 sesuai gambar implementasi) digunakan untuk menampilkan data sensor secara langsung di lokasi alat.

- Sumber Daya: Sistem ditenagai oleh dua buah baterai lithium 18650 agar bersifat portabel.
- Pendukung: Komponen lain yang digunakan adalah kabel jumper, kabel USB tipe-C, laptop untuk pemrograman, dan *smartphone* Android untuk monitoring.

3.3. Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak dikembangkan untuk memproses data dari perangkat keras dan menampilkannya kepada pengguna.

- Bahasa Pemrograman dan IDE: Kode program dikembangkan menggunakan bahasa C++ pada *platform* Arduino IDE. Program ini bertugas untuk membaca data dari pin analog dan digital tempat sensor terhubung, mengolahnya, dan mengirimkannya ke platform IoT.
- Platform IoT dan Dashboard: Aplikasi Telegram bot digunakan sebagai platform IoT. Platform ini menyediakan *server* untuk menerima data dan antarmuka (*dashboard*) pada aplikasi *smartphone*. Pengguna dapat memantau data intensitas cahaya, kelembaban tanah, suhu, dan kelembaban udara melalui widget-widget yang telah dikonfigurasi pada aplikasi Telegram bot.

3.4. Tahapan Pengerjaan

Proyek ini dilaksanakan melalui empat tahapan utama:

1. Analisis: Tahap ini dimulai dengan analisis masalah, yaitu tantangan dalam menanam hidroponik di dalam ruangan yang memerlukan pemantauan berkala terhadap cahaya, suhu, kelembaban, dan nutrisi. Analisis sistem juga membandingkan cara manual yang ada dengan sistem baru yang diusulkan untuk menunjukkan keunggulannya.

2. Perancangan: Berdasarkan analisis, dilakukan perancangan sistem baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunak. Ini termasuk merancang skema rangkaian pengkabelan antar komponen dan merancang alur logika program serta antarmuka pada aplikasi Telegram bot.
3. Implementasi: Pada tahap ini, dilakukan perakitan komponen perangkat keras sesuai dengan diagram pengkabelan yang telah dirancang. Selanjutnya, kode program yang telah ditulis diunggah ke mikrokontroler ESP32. Konfigurasi proyek dan *dashboard* juga dilakukan pada aplikasi Telegram bot.
4. Pengujian: Tahap terakhir adalah pengujian fungsional sistem. Alat diuji coba pada dua kondisi tanaman yang berbeda: di dalam ruangan dan di luar ruangan. Data yang ditampilkan pada LCD dan aplikasi Telegram bot diamati dan dicatat untuk dievaluasi kinerjanya dan dibandingkan hasilnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan selama 14 hari di lingkungan hidroponik indoor dengan kondisi ruangan bersuhu rata-rata 28°C dan kelembaban udara sekitar 70%. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32, tiga sensor utama (DHT22, YL-69, dan LDR), serta aplikasi Telegram bot sebagai antarmuka pemantauan.

Tujuan pengujian adalah menilai akurasi sensor, stabilitas koneksi IoT, dan respons sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan.

1. Pengujian Sensor Suhu (DHT11)

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi suhu alami pada ruangan (30–35°C). Sensor DHT11 mampu membaca perubahan suhu yang terjadi, dan hasilnya langsung ditampilkan pada LCD. Hasil tampilan LCD menunjukkan:

- Suhu: 30.3°C — FAN OFF | AUTO
- Suhu: 34.0°C — FAN ON | AUTO

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor Suhu

Suhu (°C)	Status Kipas	Aktivasi
30.3	OFF	AUTO
34.0	ON	AUTO

Hasil ini menunjukkan bahwa DHT11 dapat mendeteksi fluktuasi suhu lingkungan dengan stabil. Meskipun akurasinya tidak setinggi DHT22, sensor tetap mampu memberikan nilai yang konsisten untuk kebutuhan kontrol kipas sederhana.

2. Pengujian Sistem Kontrol Otomatis Kipas

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu merespons perubahan suhu secara konsisten. Ketika suhu berada pada kisaran $\leq 30.9^{\circ}\text{C}$, kipas tetap berada dalam kondisi OFF. Saat suhu meningkat ke rentang $\geq 31^{\circ}\text{C}$, sistem otomatis mengaktifkan kipas. Setelah suhu turun kembali, kipas berpindah ke kondisi OFF tanpa memerlukan intervensi pengguna.

3. Pengujian Kendali dan Pemantauan Melalui Telegram bot

Pengujian berikutnya bertujuan mengevaluasi fungsionalitas kendali jarak jauh melalui Telegram bot. Telegram bot menyediakan beberapa perintah seperti `/status`, `/auto`, `/manual_on`, `/manual_off`, `/monitor_start`, dan `/monitor_stop`, yang memungkinkan pengguna mengakses status sistem maupun mengubah mode operasi tanpa menyentuh perangkat fisik.



Selama pengujian, seluruh perintah dapat diproses dengan respons sangat cepat, yaitu sekitar 1–5 detik setelah perintah dikirim. Mode `monitor_start` juga berjalan stabil dengan memberikan pembaruan suhu dan status kipas setiap 5 detik. Hasil monitoring menunjukkan bahwa sistem mampu mengirim data secara konsisten dan mengikuti perubahan suhu secara real-time dan integrasi antara ESP32 dan platform Telegram bot bekerja dengan baik.

4. Kinerja Komunikasi IoT

Evaluasi kinerja menunjukkan bahwa sistem bekerja secara stabil baik pada sisi pembacaan sensor maupun komunikasi IoT. Modul DHT11 mampu memberikan pembaruan suhu dengan delay sekitar 2 detik, sedangkan relay merespons perintah ESP32 dengan sangat cepat (<10 ms). Komunikasi melalui Telegram bot

juga berjalan lancar dengan tingkat keberhasilan pengiriman pesan lebih dari 95% selama pengujian, tanpa adanya gangguan koneksi yang signifikan. Rata-rata waktu respons Telegram bot terhadap perintah pengguna berada pada kisaran 1–5 detik, menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dengan jaringan Wi-Fi dan API Telegram cukup efisien untuk sistem pemantauan real-time. Stabilitas ini menandakan bahwa sistem IoT yang dibangun dapat diandalkan untuk penggunaan harian.

4.2. Pembahasan

Berdasarkan keseluruhan pengujian, sistem kipas angin otomatis ini berfungsi dengan baik, stabil, dan responsif. Kombinasi ESP32 dan DHT11 terbukti efektif untuk aplikasi pengendalian suhu skala rumah. Integrasi Telegram bot memberikan fleksibilitas kontrol yang lebih luas. Beberapa poin penting yang ditemukan antara lain:

- Akurasi dan Respons Otomatisasi Tinggi
Sensor DHT11 mampu membaca perubahan suhu secara stabil dengan delay sekitar 2 detik. Mekanisme otomatisasi kipas berjalan responsif dan konsisten, sehingga kipas menyala dan mati sesuai ambang suhu tanpa memerlukan intervensi manual. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi ESP32–DHT11 cukup efektif untuk aplikasi pengendalian suhu ruangan skala kecil.
- Kemudahan Kendali dan Pemantauan Jarak Jauh
Integrasi Telegram bot memberikan fleksibilitas tinggi bagi pengguna dalam memantau suhu, mengubah mode operasi, dan mengendalikan kipas dari jarak jauh. Pengguna dapat menerima laporan suhu secara real-time setiap 5 detik, serta mengakses berbagai perintah kontrol hanya melalui smartphone, tanpa harus berinteraksi langsung dengan perangkat.
- Umpan Balik Visual Melalui LCD
Keberadaan LCD 16×2 memberikan informasi langsung mengenai suhu ruangan dan status kipas, sehingga pengguna tetap dapat memantau kondisi sistem tanpa membuka Telegram. Hal ini meningkatkan kemudahan penggunaan dan intuitivitas sistem dalam lingkungan rumah atau kantor.
- Biaya Rendah dan Mudah Direplikasi
Sistem yang dibangun tergolong low-

cost dan menggunakan komponen yang banyak tersedia di pasaran. Perancangan perangkat keras sederhana serta kode program yang modular menjadikan sistem ini mudah direplikasi untuk kebutuhan rumah tangga, ruang kerja, maupun aplikasi edukasi IoT.

- Keterbatasan Sistem.

Sensor DHT11 memiliki akurasi yang terbatas, terutama pada kondisi kelembapan tinggi dan suhu ekstrem. Selain itu, durasi pengujian masih terbatas pada skala harian sehingga belum menggambarkan performa jangka panjang. Sistem juga belum mendukung pengaturan setpoint suhu melalui Telegram dan masih menggunakan nilai ambang yang tertanam (hardcoded).

4.3. Implikasi Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem kipas angin otomatis berbasis IoT dapat:

- Menjadi solusi praktis dan ekonomis untuk pengendalian suhu ruangan secara otomatis.
- Meningkatkan kemudahan pemantauan melalui kontrol jarak jauh menggunakan Telegram bot.
- Menjadi media pembelajaran IoT yang mudah direplikasi bagi mahasiswa dan pengguna pemula.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem kipas angin otomatis berbasis ESP32, DHT11, dan Telegram, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem yang dikembangkan mampu bekerja dengan baik dan memenuhi tujuan penelitian. Sistem berhasil melakukan pemantauan suhu ruangan secara real-time dan mengendalikan kipas secara otomatis menggunakan ambang batas suhu yang telah ditentukan, sehingga dapat menjaga kondisi ruangan tetap nyaman tanpa memerlukan intervensi manual.
2. Sensor DHT11 mampu memberikan pembacaan suhu yang stabil untuk kebutuhan pengendalian kipas, sedangkan relay merespons perintah dengan cepat. Integrasi dengan

Telegram bot memungkinkan pengguna memonitor suhu, mengubah mode operasi, dan mengendalikan kipas dari jarak jauh dengan tingkat keberhasilan pengiriman pesan lebih dari 95% serta waktu respons 1–5 detik, menandakan komunikasi IoT berjalan stabil dan efisien.

3. Sistem ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu kemudahan instalasi, biaya implementasi rendah, serta dukungan pemantauan dan kontrol jarak jauh melalui Telegram. Selain itu, keberadaan LCD memberikan umpan balik visual langsung mengenai suhu ruangan dan status kipas, sehingga meningkatkan kenyamanan dan fleksibilitas penggunaan.
4. Meskipun demikian, sistem masih memiliki keterbatasan, terutama dari sisi akurasi sensor DHT11 yang kurang presisi pada suhu ekstrem dan sensitivitas tinggi terhadap kelembapan. Pengujian juga dilakukan dalam durasi terbatas sehingga belum menggambarkan performa jangka panjang. Pengaturan ambang suhu masih bersifat statis (hardcoded) sehingga belum dapat diubah langsung melalui Telegram.
5. Pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan mengganti sensor menjadi DHT22 atau SHT31 untuk meningkatkan akurasi, menambahkan fitur pengaturan ambang suhu melalui Telegram, menambahkan pencatatan data ke server atau SD card, serta mengembangkan dashboard web lokal agar sistem dapat diakses melalui berbagai perangkat dengan tampilan yang lebih informatif.
6. Peningkatan sistem dapat dilakukan dengan mengganti sensor menjadi DHT22 atau SHT31 yang memiliki presisi lebih tinggi, menambahkan fitur pengaturan threshold suhu melalui Telegram, memasukkan pencatatan data ke SD card atau server, serta mengembangkan dashboard web lokal

untuk pemantauan lanjutan berbasis browser.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Susilawati selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi selama proses penelitian dan penulisan jurnal ini. Berkat dukungan dan kesabaran beliau, penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyusunan jurnal ini. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. S. Arief and Y. Akbar, "Pengembangan Sistem Kipas Angin Pintar Berbasis IoT untuk Pemantauan Suhu dan Kelembapan secara Real-Time," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 6, no. 3, pp. 1931–1938, 2025, doi: 10.63447/jimik.v6i3.1607.
- [2] E. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Strategi Transisi Energi Indonesia Menuju Net Zero Indonesia," *Direktorat EBTKE*, no. September, 2023, [Online]. Available: <https://iesr.or.id/wp-content/uploads/2023/09/130923-DEK-IETD-IESR-ESDM.pdf>
- [3] R. Irfani, A. A. Rahmanto, and M. E. Gazazanata, "Rancang Bangun Sistem Exhaust Fan Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 9 No.1, no. 1, pp. 102–112, 2025, doi: 10.30588/jeemm.v9i1.2161.
- [4] Y. A. Rozzi *et al.*, "JSE-25," pp. 24–30, 2025.
- [5] H. R. Kurniawan, B. R. Purnama, and A. N. Farida, "Sistem Pengendalian Suhu Otomatis pada Ruang Berbasis IoT dengan Kipas PWM dan Sensor DHT11," pp. 771–778, 2025.
- [6] C. N. Wahyuni and N. Nirshal, "Sistem Kendali Kipas Angin Berbasis Internet of Things Melalui Telegram Bot Sebagai Smart Home," *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 9, no. 3, p. 285, 2025, doi: 10.31000/jika.v9i3.13978.
- [7] M. Hidayat, I. Dwitawati, and I. W. Pratiwi, "Monitoring Tanaman Hidroponik Dengan Implementasi Internet of Things (Iot) Di Green House Prodi Biologi Uin Ar-Raniry," *KENANGA J. Biol. Sci. Appl. Biol.*, vol. 4, no.

- 2, pp. 163–174, 2024, doi: 10.22373/kenanga.v4i2.5661.
- [8] N. Crysostomus, K. Dewi, and D. P. Kesuma, “Perkembangan dan Implementasi Internet of Things di Berbagai Sektor: Systematic Literature Review,” *KONSTELASI Konvergensi Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2025, doi: 10.24002/konstelasi.v5i1.11626.
- [9] S. R. H. 2023, “Pemanfaatan Sistem Cerdas Berbasis Internet Of Things (Iot) Untuk Optimalisasi Pengelolaan Energi Di Smart Home,” vol. 32, no. 3, pp. 167–186, 2023.
- [10] H. T. Ciptaningtyas *et al.*, “Internet of Things (IoT) Smartfarming untuk Pertanian,” *SewagatiJurnal Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 9, no. 2, pp. 2874–2890, 2024.
- [11] V. Choudhary, P. Guha, G. Pau, and S. Mishra, “An overview of smart agriculture using internet of things (IoT) and web services,” *Environ. Sustain. Indic.*, vol. 26, no. April 2024, p. 100607, 2025, doi: 10.1016/j.indic.2025.100607.
- [12] “Energy Efficiency,” 2023.
- [13] M. Aurelido *et al.*, “Rancang bangun alat sistem monitoring hidroponik berbasis android,” pp. 67–75.
- [14] A. Fikri, “Data Science : Journal Of Computing And Applied Informatics Simple IoT-Based Home Security System Using ESP32 and Blynk,” vol. 9, no. 2, pp. 46–50, 2025, doi: 10.32734/jocai.v9.i2-22595.
- [15] F. Sandy *et al.*, “Impelentasi Penggunaan Kecerdasan Buatan Dalam Pendidikan Tinggi,” *Semin. Nas. Teknol. Pendidik. UKI Toraja*, pp. 111–117, 2023.
- [16] A. Maulidani and U. Solichin, “Irigas Cerdas Budidaya Aqua Hydroponik Menggunakan System Iot,” no. I, 2025.