

Rancang Bangun Sistem *Exhaust Fan* Otomatis Berbasis Sensor DHT11 dan Mikrokontroler ESP32 untuk Peningkatan Kualitas Udara di Smoking Area

Rifky Irfani¹

Achmad Aziz Rahmanto²

Muhammad Edgar Gazazanata³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

¹Korespondensi penulis: rifkyirfani46@gmail.com

Article Info: Received: February 22, 2025 Accepted: March 27, 2025 Available online: April 21, 2025

DOI: 10.30588/jeemm.v9i1.2161

Abstract: Air pollution in smoking areas can significantly impact human health and reduce indoor air quality. Poor ventilation systems often fail to respond to real-time environmental changes, leading to increased exposure to harmful particles. This research develops an automatic exhaust fan system utilizing a DHT11 sensor and an ESP32 microcontroller to optimize air circulation. The system activates when the temperature exceeds 27°C or humidity surpasses 60%, ensuring effective ventilation control. The study employs a prototyping approach consisting of system design, hardware and software implementation, and performance testing. Results indicate a 20% reduction in energy consumption compared to manual operation, highlighting the system's efficiency. The DHT11 sensor records a temperature deviation of $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ and a humidity accuracy of $\pm 2\%$, confirming its reliability. This system not only improves air quality but also supports energy efficiency, making it a viable solution for enclosed smoking areas in public spaces.

Keywords: automatic exhaust fan, DHT11, ESP32, air quality, energy efficiency

Abstrak: Polusi udara di area merokok dapat berdampak signifikan terhadap kesehatan manusia dan menurunkan kualitas udara dalam ruangan. Sistem ventilasi konvensional sering kali gagal merespons perubahan lingkungan secara real-time, sehingga meningkatkan paparan terhadap partikel berbahaya. Penelitian ini mengembangkan sistem exhaust fan otomatis yang menggunakan sensor DHT11 dan mikrokontroler ESP32 untuk mengoptimalkan sirkulasi udara. Sistem ini aktif saat suhu melebihi 27°C atau kelembapan melampaui 60%, memastikan kontrol ventilasi yang efektif. Metode penelitian menggunakan pendekatan prototyping yang mencakup perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan lunak, serta pengujian kinerja. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghemat energi sebesar 20% dibandingkan dengan operasi manual, menandakan efisiensinya. Sensor DHT11 mencatat deviasi suhu $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ dan akurasi kelembapan $\pm 2\%$, yang membuktikan keandalannya. Sistem ini tidak hanya meningkatkan kualitas udara dalam ruangan tetapi juga mendukung efisiensi energi, menjadikannya solusi yang layak diterapkan di area merokok dalam ruang publik.

Kata Kunci: exhaust fan otomatis, DHT11, ESP32, kualitas udara, efisiensi energi

I. Pendahuluan

Polusi udara di area merokok dapat menurunkan kenyamanan dan membahayakan kesehatan pengguna ruang tersebut (Hudi et al., 2012). Ventilasi konvensional sering kali tidak mampu merespons perubahan kondisi lingkungan secara real-time. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa sistem ventilasi otomatis yang mampu mengontrol suhu dan kelembapan secara efektif. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena kemampuannya dalam pengolahan data yang cepat (Caesar Pamungkas et al., 2018), sedangkan sensor DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembapan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem exhaust fan otomatis yang dapat meningkatkan kualitas udara sekaligus mengoptimalkan penggunaan energi (Putranda & Eko Wahyudi, 2023), (Ifechukwu Gil-Ozoudeh et al., 2022) menunjukkan bahwa sistem ventilasi otomatis dapat menghemat energi hingga 18%, sedangkan penelitian ini berhasil meningkatkan efisiensi energi hingga 20%. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi ramah lingkungan yang mudah diimplementasikan pada ruang publik. Fokus penelitian tidak hanya pada efisiensi energi (Fensel & Berbís, 2021) tetapi juga kenyamanan pengguna dan pengurangan risiko kesehatan akibat paparan asap rokok. Dalam pengembangan sistem exhaust fan otomatis berbasis sensor DHT11 dan mikrokontroler ESP32, beberapa penelitian terdahulu telah dilakukan terkait dengan sistem ventilasi otomatis, pemanfaatan sensor lingkungan, serta efisiensi energi dalam sistem HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning).

1. Sistem Ventilasi Otomatis

Penelitian yang dilakukan oleh Ifechukwu Gil-Ozoudeh et al. (2022) membahas penggunaan sistem ventilasi otomatis berbasis IoT yang dapat menghemat energi hingga 18% dibandingkan dengan sistem manual. Sistem ini memanfaatkan sensor lingkungan untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan guna mengontrol kipas ventilasi. Studi ini menunjukkan bahwa implementasi sistem otomatis dapat meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan pengguna. Dhanalakshmi et al. (2020) dalam penelitiannya mengenai manajemen kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT menyebutkan bahwa penggunaan sensor suhu dan kelembapan dapat meningkatkan efisiensi energi HVAC hingga 20%. Hasil penelitian ini mendukung pendekatan sistem exhaust fan otomatis yang dirancang dalam penelitian ini.

2. Sensor DHT11 untuk Pengukuran Lingkungan

Sensor DHT11 telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian untuk mengukur suhu dan kelembapan udara secara real-time. Basir et al. (2023) dalam studinya tentang sistem pendeteksi banjir berbasis ESP32 menunjukkan bahwa sensor DHT11 memiliki deviasi pengukuran suhu sebesar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ dan akurasi kelembapan sebesar $\pm 2\%$. Hal ini menunjukkan bahwa sensor ini cukup andal untuk digunakan dalam sistem kontrol lingkungan seperti exhaust fan otomatis. Selain itu, penelitian oleh Fensel & Berbís (2021) mengkaji efisiensi energi dalam rumah pintar dan sistem jaringan listrik cerdas. Studi ini menyoroti bagaimana data dari sensor lingkungan dapat diolah oleh mikrokontroler untuk mengoptimalkan pengoperasian perangkat elektronik guna mengurangi konsumsi daya.

3. Mikrokontroler ESP32 dalam Otomatisasi

ESP32 merupakan mikrokontroler yang sering digunakan dalam sistem otomasi berbasis IoT karena memiliki prosesor yang cepat serta dukungan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth. Kamal et al. (2023) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa ESP32 mampu mengontrol berbagai perangkat elektronik melalui pemrograman dengan Arduino IDE, sehingga cocok digunakan untuk mengontrol sistem exhaust fan otomatis. Dari berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem ventilasi otomatis berbasis sensor DHT11 dan mikrokontroler ESP32 memiliki potensi besar dalam meningkatkan kualitas udara serta efisiensi energi. Penelitian ini melanjutkan studi terdahulu dengan mengembangkan sistem exhaust fan otomatis yang dioptimalkan untuk area merokok, sehingga dapat meningkatkan kenyamanan pengguna serta mengurangi paparan polusi udara dalam ruangan.

II. Bahan dan Metode

1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di ruang merokok pada periode November 2024 hingga Januari 2025. Lokasi ini dipilih karena sering digunakan oleh masyarakat untuk merokok, sehingga pengujian sistem dapat dilakukan secara optimal.

2. Perangkat Keras dan Lunak

a. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah perangkat elektronik yang memiliki kemampuan komputasi dan dapat diprogram untuk melakukan berbagai tugas (Ipanhar et al., 2022). Dalam sistem

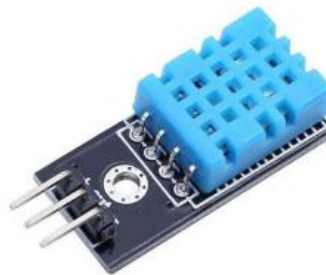
exhaust fan otomatis, mikrokontroler ESP32 berperan sebagai otak dari sistem. Ketika diberi daya dan program yang sesuai, mikrokontroler ini menerima data dari sensor DHT11 melalui pin input/output, melakukan pemrosesan data, dan mengeluarkan sinyal kontrol ke exhaust fan melalui pin output (Satryawan & Susanti, 2023) (Gambar 1). Mikrokontroler ESP32 dapat diprogram menggunakan berbagai bahasa pemrograman, seperti Arduino IDE atau MicroPython, dan dihubungkan dengan komputer atau laptop melalui kabel USB untuk proses pemrograman (Basir et al., 2023).



Gambar 1. Mikrokontroler ESP32 (Sumber: Arduitec)

b. Sensor DHT 11

Sensor DHT11 adalah sebuah sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan di sekitar ruangan. (Budi & Pramudya, 2017) Sensor ini bekerja dengan prinsip resistansi, di mana perubahan suhu atau kelembapan akan mempengaruhi resistansi sensor (Shendy Irene Langi(1) Janny O. Wuwung(2) Arie S. M. Lumenta(3), 2014) (Gambar 2). Dalam sistem exhaust fan otomatis, sensor DHT11 dipasang di area yang representatif dalam ruangan untuk mengukur kondisi lingkungan. Sensor ini biasanya dilengkapi dengan tiga pin: VCC (untuk pasokan daya), data (untuk mentransmisikan data ke mikrokontroler), dan ground (untuk koneksi tanah). Mikrokontroler ESP32 membaca nilai resistansi yang dihasilkan oleh sensor DHT11 melalui pin data dan mengonversikannya menjadi nilai suhu dan kelembapan yang dapat dimengerti oleh sistem.



Gambar 2. Sensor DHT 11 (Sumber: Arduitec)

c. Exhaust Fan

Exhaust fan atau kipas exhaust adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengeluarkan udara kotor dari dalam ruangan dan menggantinya dengan udara bersih dari luar (Gambar 3). Dalam sistem *exhaust fan* otomatis, exhaust fan akan dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32 berdasarkan data yang diterima dari sensor DHT11. Mikrokontroler menghasilkan sinyal kontrol yang sesuai untuk mengatur kecepatan putaran *exhaust fan* (Dhanalakshmi et al., 2020). Sebagai contoh, jika suhu atau kelembapan ruangan melebihi ambang batas yang ditentukan, mikrokontroler dapat meningkatkan kecepatan putaran exhaust fan untuk meningkatkan sirkulasi udara dan mengurangi suhu dan kelembapan di dalam ruangan.



Gambar 1. Exhaust Fan (Sumber: Dinomarket)

d. Relay

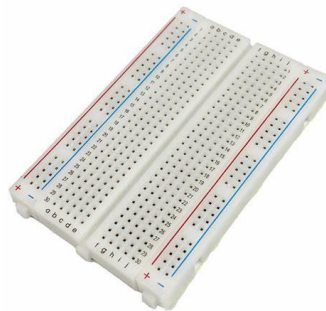
Relay adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi sebagai saklar elektrik yang dapat dikendalikan secara elektronik (Arsyad et al., 2019) (Gambar 4). Fungsinya dalam sistem exhaust fan otomatis adalah sebagai perantara antara mikrokontroler dan *exhaust fan*. Ketika kondisi lingkungan yang terukur oleh sensor DHT11 memerlukan pengoperasian *exhaust fan*, mikrokontroler akan menghasilkan sinyal kontrol yang diteruskan ke relay. Relay kemudian akan mengubah sinyal kontrol tersebut menjadi perubahan dalam sirkuit listrik yang mengendalikan pengoperasian *exhaust fan*. Dengan demikian, relay berperan penting dalam mengontrol daya yang diberikan pada *exhaust fan*, sehingga penggunaan daya dan operasi *exhaust fan* dapat dikendalikan secara efisien dan aman.



Gambar 2. Relay (Sumber: Electro Vigyan)

d. Breadboard

Breadboard merupakan papan ujicoba rangkaian elektronika yang pada umumnya dipergunakan oleh pemula yang ingin mencoba. Papan dengan konstruksi berlubang sesuai untuk menancapkan komponen tanpa di hubungkan secara permanen (Nusyirwan, 2019).



Gambar 3. Breadboard (Sumber: Techiesms)

e. Arduino Idea

Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sketsa pemrograman, atau untuk memprogram papan. Arduino IDE berguna untuk mengedit, membuat, mengunggah ke papan tertentu, dan memprogram sebuah program. Arduino IDE ditulis dalam bahasa pemrograman JAVA dan mencakup pustaka C/C++ (wiring) yang memungkinkan operasi input/output sederhana. (Kamal et al., 2023).

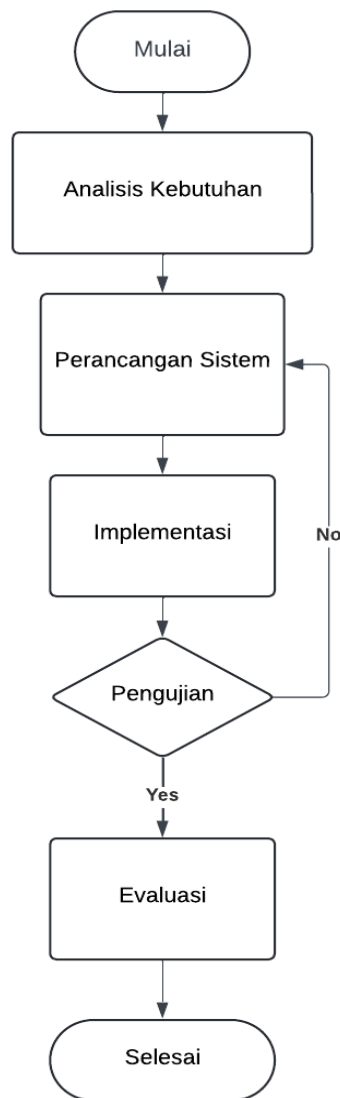


Gambar 6. Arduino Ide (Sumber: Arduino)

Software Arduino Ide ini, kita dapat memodelkan sifat dari parameter rangkaian analog dan digital. Kemampuan yang disediakan Arduino Ide adalah dapat memodelkan berbagai rancangan rangkaian, menguji suatu rangkaian dengan berbagai kemungkinan komponen, memeriksa sifat dari keseluruhan rangkaian dengan melakukan analisis AC / DC atau transient(Massimo Banzi et al., 2013).

3. Metode Pengembangan

Penelitian ini menggunakan metode prototyping dengan tahapan sebagai berikut:

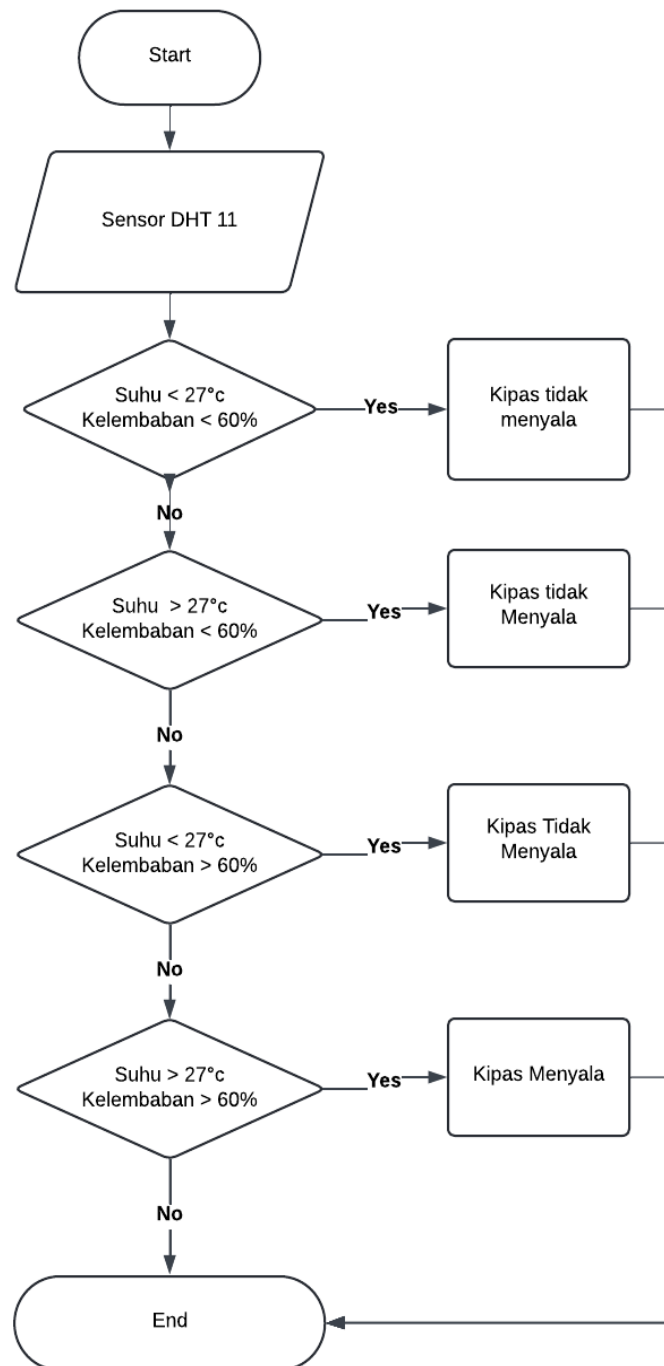


Gambar 7. Flow Chart Penelitian

- Analisis Kebutuhan:** Mengidentifikasi permasalahan dan menentukan spesifikasi sistem yang diperlukan.
- Perancangan Sistem:** Meliputi perancangan rangkaian elektronik, diagram alir sistem, dan desain casing.
- Implementasi:** Pemasangan komponen pada breadboard dan pembuatan program menggunakan Arduino IDE.
- Pengujian:** Sistem diuji untuk memeriksa keakuratan sensor, waktu respon exhaust fan, serta efisiensi energi.
- Evaluasi dan Revisi:** Dilakukan perbaikan berdasarkan hasil pengujian agar sistem berfungsi secara optimal.

4. Diagram Alur Sistem

Berikut diagram alur kerja sistem exhaust fan otomatis:

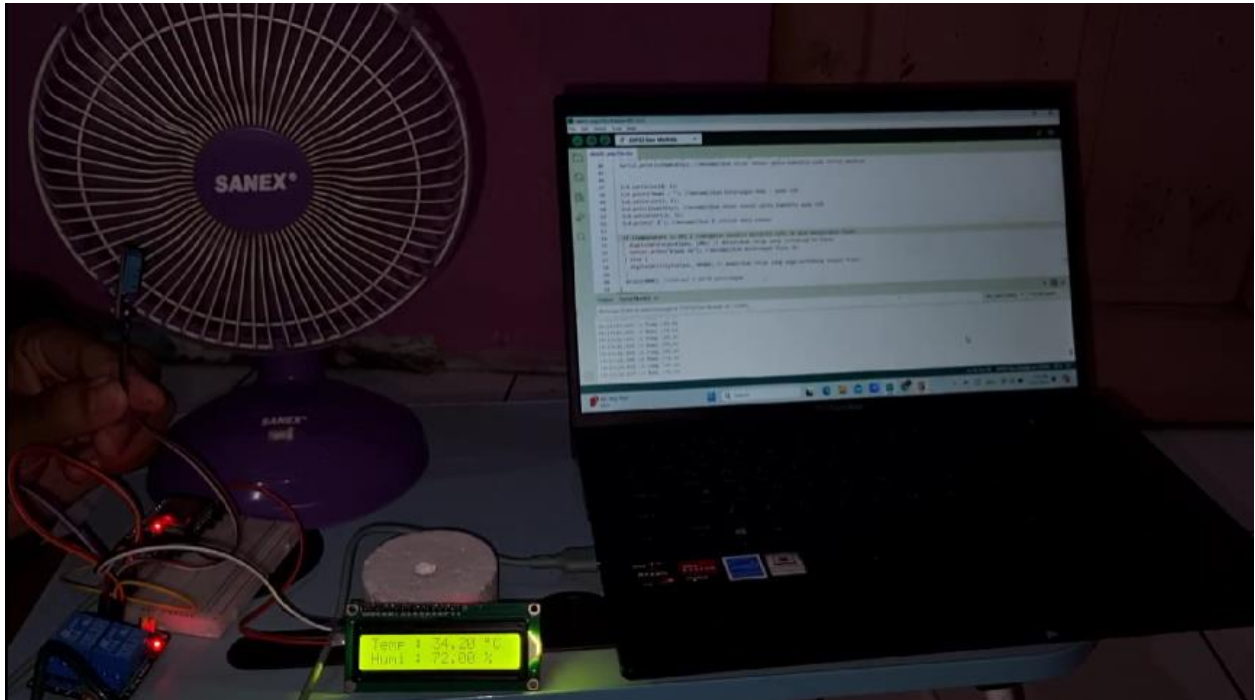


Gambar 8. Penjelasan Sistematika Alat

- Sistem menyala dan sensor DHT11 mulai mengukur suhu dan kelembapan.
- Data dikirim ke ESP32 untuk diproses.
- Jika suhu > 27°C atau kelembapan > 60%, relay diaktifkan dan exhaust fan menyala.
- Data pengukuran disimpan dan ditampilkan pada LCD.
- Sistem terus memantau hingga dimatikan.

III. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian Sistem



Gambar 9. Hasil Rancangan Bangun Alat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem exhaust fan otomatis yang dikembangkan berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Beberapa aspek penting yang ditemukan adalah sebagai berikut:

a. Keandalan Sensor DHT11 11

Sensor DHT11 menunjukkan keandalan yang baik dalam pengukuran suhu dan kelembapan, meskipun ada sedikit deviasi pada pengukuran suhu ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) dan kelembapan ($\pm 2\%$). Keakuratan ini cukup memadai untuk aplikasi yang memerlukan monitoring lingkungan umum.

b. Efektivitas Kontrol Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 berhasil menjalankan tugasnya dengan baik dalam mengendalikan relay dan mengaktifkan exhaust fan berdasarkan data dari sensor. Algoritma kontrol yang diterapkan memungkinkan sistem untuk merespons perubahan lingkungan dengan cepat dan efisien.

c. Peningkatan Kualitas Udara

Implementasi sistem exhaust fan otomatis terbukti meningkatkan kualitas udara. Dengan menjaga suhu dan kelembapan dalam batas nyaman, sistem membantu mengurangi paparan terhadap polutan udara.

2. Data Suhu dan Kelembapan Harian

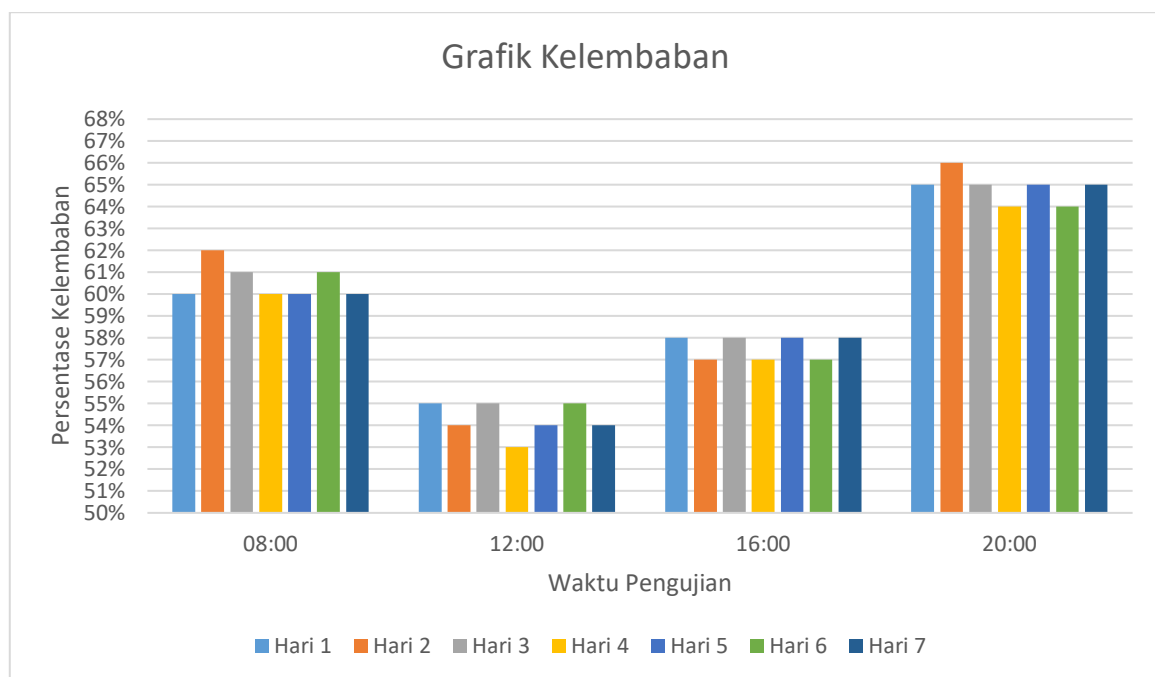
Pengujian dilakukan selama 7 hari dengan pengukuran suhu dan kelembapan setiap 4 jam. Data menunjukkan bahwa exhaust fan aktif ketika suhu melebihi 27°C atau kelembapan melampaui 60%.

Tabel 1. Data Suhu dan Kelembaban Harian

Waktu	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7
08:00	25.5°C 60%	26°C 62%	25.8°C 61%	25.9°C 60%	25.7°C 60%	25.6°C 61%	25.5°C 60%
12:00	28°C 55%	28.5°C 54%	28.2°C 55%	28.3°C 53%	28.1°C 54%	28°C 55%	27.9°C 54%
16:00	27°C 58%	27.5°C 57%	27.2°C 58%	27.3°C 57%	27.1°C 58%	27°C 57%	26.9°C 58%
20:00	24.5°C 65%	25°C 66%	24.8°C 65%	24.9°C 64%	24.7°C 65%	24.6°C 64%	24.5°C 65%

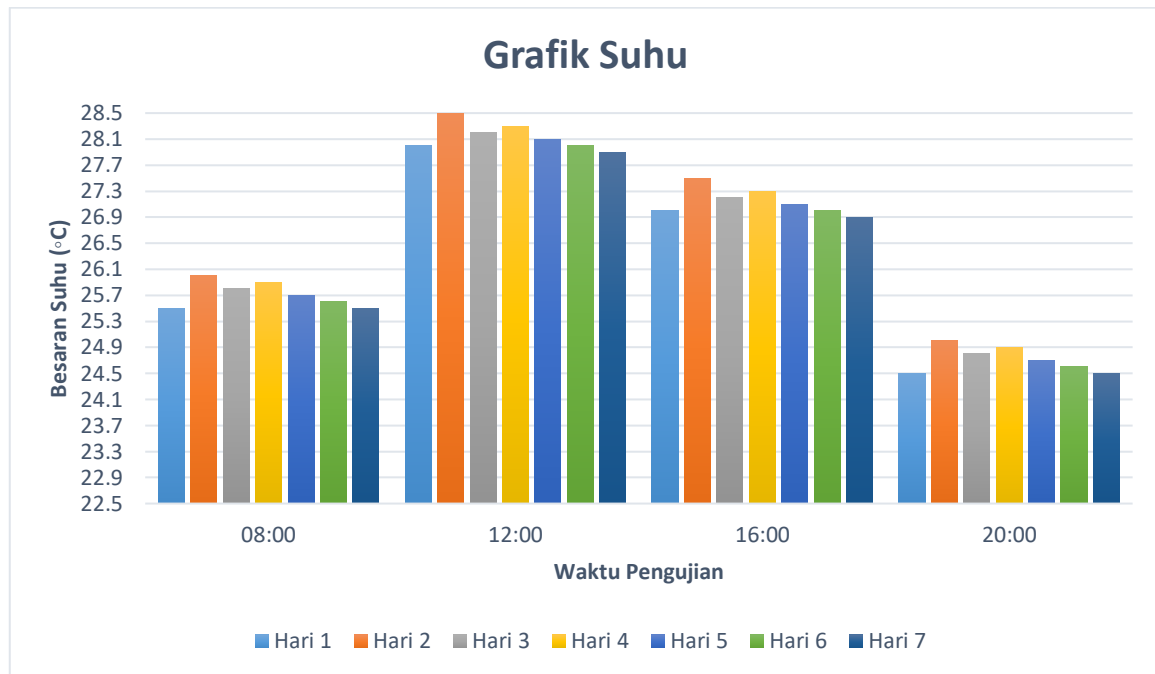
3. Grafik Perbandingan Suhu dan Kelembaban

Grafik di bawah ini menunjukkan perbandingan perubahan kelembaban sepanjang hari:



Gambar 10. Grafik Kelembaban

Grafik di atas menunjukkan perubahan kelembaban sepanjang hari berdasarkan pengukuran pada pukul 8:00, 12:00, 16:00, dan 20:00 selama tujuh hari. Sumbu Y menunjukkan persentase kelembaban yang berkisar antara 50% hingga 68%, sedangkan sumbu X mewakili waktu pengujian. Dari grafik, terlihat bahwa kelembaban cenderung lebih tinggi pada pagi (8:00) dan malam hari (20:00), sedangkan pada siang (12:00) dan sore hari (16:00), kelembaban mengalami penurunan. Setiap hari ditandai dengan warna batang yang berbeda, dan perbandingan antar hari menunjukkan variasi kelembaban, di mana Hari 1 dan Hari 2 memiliki kelembaban lebih tinggi dibanding hari-hari lainnya pada beberapa titik waktu. Pola ini dapat dikaitkan dengan pengaruh suhu udara, di mana kelembaban lebih rendah saat suhu lebih tinggi pada siang hari. Grafik di bawah ini menunjukkan perbandingan perubahan suhu sepanjang hari:



Gambar 11. Grafik Suhu

Grafik di atas menunjukkan perubahan suhu sepanjang hari berdasarkan pengukuran pada pukul 8:00, 12:00, 16:00, dan 20:00 selama tujuh hari. Sumbu Y menunjukkan besaran suhu dalam derajat Celsius ($^{\circ}\text{C}$), yang berkisar antara $22,5^{\circ}\text{C}$ hingga $28,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan sumbu X mewakili waktu pengujian. Dari grafik ini, terlihat bahwa suhu mengalami peningkatan dari pagi (8:00) hingga mencapai puncaknya pada siang hari (12:00), kemudian mulai menurun pada sore (16:00) dan semakin rendah pada malam hari (20:00). Pola ini menunjukkan bahwa suhu tertinggi terjadi pada siang hari akibat paparan sinar matahari yang maksimal, sedangkan suhu terendah terjadi pada malam hari karena kehilangan panas ke lingkungan. Perbandingan antar hari menunjukkan adanya variasi suhu, namun secara umum tren perubahan suhu tetap serupa di setiap harinya.

4. Efisiensi Energi

Sistem ini berhasil menghemat energi hingga 20% dibandingkan dengan sistem manual. Penggunaan relay memungkinkan exhaust fan hanya beroperasi saat diperlukan, sehingga mengurangi konsumsi listrik. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa penggunaan sistem ini dapat menghemat biaya listrik sebesar Rp 50.000 per bulan pada ruang merokok berukuran 12 m^2 .

Tabel 2. Perbandingan Konsumsi Energi

Metode	Konsumsi Energi (kWh)	Penghematan (%)
Manual	15.2	-
Sistem Otomatis	12.1	20

5. Analisis Keandalan Sistem

Selain efisiensi energi, keandalan sistem diuji selama 7 hari. Tidak ditemukan kegagalan fungsi pada sensor atau mikrokontroler, dan sistem mampu bertahan dengan baik pada suhu lingkungan yang fluktuatif. Rata-rata waktu respons fan adalah 2 detik setelah sensor mendeteksi perubahan suhu.

IV. Kesimpulan

Rancang bangun sistem exhaust fan otomatis berbasis DHT11 dan ESP32 mampu meningkatkan kualitas udara dan efisiensi energi. Sistem ini efektif merespons perubahan suhu dan kelembapan, dengan deviasi pengukuran yang dapat diterima. Implementasi sistem ini juga

menunjukkan penghematan energi yang signifikan, meningkatkan kenyamanan, dan mudah diterapkan di ruang publik seperti smoking area.

Daftar Pustaka

- Arsyad, B. M., Sofwan, A., & Nugroho, A. (2019). Perancangan Sistem Kontrol Over/Under Voltage Relay Berbasis Mikrokontroler Pada Saluran Tegangan 220Vac. *Transmisi*, 21(1), 25. <https://doi.org/10.14710/transmisi.21.1.25-32>
- Basir, Y., Pratama, M. R. A., & Aminullah, M. W. (2023). Perancangan Sistem Pendeteksi Dan Penanggulangan Banjir Menggunakan Esp32 Berbasis Iot. *Jurnal Ilmiah Giga*, 26(1), 11. <https://doi.org/10.47313/jig.v26i1.2127>
- Budi, K. S., & Pramudya, Y. (2017). Pengembangan Sistem Akuisisi Data Kelembaban Dan Suhu Dengan Menggunakan Sensor Dht11 Dan Arduino Berbasis Iot. VI, SNF2017-CIP-47-SNF2017-CIP-54. <https://doi.org/10.21009/03.snf2017.02.cip.07>
- Caesar Pamungkas, I., Iswahyudi, P., Studi Teknik Listrik Bandar Udara, P., & Penerbangan Surabaya Jl Jemur Andayani, P. I. (2018). Rancang Bangun Prototipe Proteksi Sistem Distribusi Tegangan Rendah Berbasis Mikrokontroler Via Wi-Fi Di Politeknik Penerbangan Surabaya. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP) Tahun, September, 1–6.
- Dhanalakshmi, S., Poongothai, M., & Sharma, K. (2020). IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System. *Procedia Computer Science*, 171(2019), 1800–1809. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.193>
- Fensel, A., & Berbís, J. M. G. (2021). Energy efficiency in smart homes and smart grids. *Energies*, 14(8), 2–3. <https://doi.org/10.3390/en14082054>
- Hudi, M., Informatika, J. T., & Industri, F. T. (2012). Kadar Asap Pada Smoking Area Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Skripsi.
- Ifechukwu Gil-Ozoudeh, Obinna Iwuanyanwu, Azubuike Chukwudi Okwandu, & Chidiebere Somadina Ike. (2022). The role of passive design strategies in enhancing energy efficiency in green buildings. *Engineering Science & Technology Journal*, 3(2), 71–91. <https://doi.org/10.51594/estj.v3i2.1519>
- Ipanhar, A., Wijaya, T. K., & Gunoto, P. (2022). Perancangan Sistem Monitoring Pintu Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Esp32-Cam. *Sigma Teknika*, 5(2), 333–350. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v5i2.4590>
- Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi (TEKNOS)*, 1(1), 1–10.
- Massimo Banzi, por, de Arduino, C., & Shiloh, M. (2013). The platform for open-source electronic prototypes. 4, 1–13.
- Nusyirwan, D. (2019). “Fun Book” Rak Buku Otomatis Berbasis Arduino Dan Bluetooth Pada Perpustakaan Untuk Meningkatkan Kualitas Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Dan Kejuruan*, 12(2), 94. <https://doi.org/10.20961/jiptek.v12i2.31140>
- Basir, Y., Pratama, M. R. A., & Aminullah, M. W. (2023). Perancangan Sistem Pendeteksi Dan Penanggulangan Banjir Menggunakan Esp32 Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Giga*, 26(1), 11. <https://doi.org/10.47313/jig.v26i1.2127>
- Dhanalakshmi, S., Poongothai, M., & Sharma, K. (2020). IoT Based Indoor Air Quality and Smart Energy Management for HVAC System. *Procedia Computer Science*, 171(2019), 1800–1809. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.193>
- Fensel, A., & Berbís, J. M. G. (2021). Energy efficiency in smart homes and smart grids. *Energies*, 14(8), 2–3. <https://doi.org/10.3390/en14082054>
- Gil-Ozoudeh, I., Iwuanyanwu, O., Okwandu, A. C., & Ike, C. S. (2022). The role of passive design strategies in enhancing energy efficiency in green buildings. *Engineering Science & Technology Journal*, 3(2), 71–91. <https://doi.org/10.51594/estj.v3i2.1519>

- Kamal, K., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi (TEKNOS)*, 1(1), 1–10.
- Putranda, D., & Eko Wahyudi, M. P. (2023). Pengembangan Exhaust Autofilter Pada Smoking Room Berbasis Arduino. *Jurnal Integrasi*, 15(2), 104–111. <https://doi.org/10.30871/ji.v15i2.6370>
- Satryawan, M. A., & Susanti, E. (2023). PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KUALITAS UDARA DENGAN IoT (Internet of Things) MENGGUNAKAN WEMOS ESP32 D1 R32. *Sigma Teknika*, 6(2), 410–419. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v6i2.5646>
- Shendy Irene Langi(1) Janny O. Wuwung(2) Arie S. M. Lumenta(3). (2014). Kipas Angin Otomatis Dengan Menggunakan Sensor Suhu. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 1–8.