

**Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk
Optimalisasi Konsumsi Energi**

Novia Dwi Setia

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya
email : novia.21055@mhs.unesa.ac.id

Bambang Suprianto, Endriyansyah, Nur Kholis

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Surabaya
email : bambangsuprianto@unesa.ac.id, endryansyah@unesa.ac.id, nurkholis@unesa.ac.id

Abstrak

Kualitas udara di dalam ruangan sangat memengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni, khususnya pada area dapur yang rentan terhadap gas berbahaya dan suhu tinggi. Penggunaan *exhaust fan* konvensional sering kali tidak efisien karena bekerja secara manual tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan membangun sistem *exhaust fan* otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi suhu dan gas secara *real-time* menggunakan sensor DHT-22 dan MQ-2. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32, logika *fuzzy* untuk pengaturan kecepatan kipas, dan monitoring melalui aplikasi Blynk. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada pendekatan rancang bangun sistem. Pendekatan ini melibatkan serangkaian tahapan mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem perangkat keras dan lunak, implementasi logika *fuzzy*, integrasi dengan *platform* IoT, hingga tahap pengujian dan evaluasi kinerja sistem secara menyeluruh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatis mampu menghemat energi listrik hingga 24,6% dibandingkan dengan sistem manual, serta memberikan respons cepat terhadap perubahan suhu dan konsentrasi gas. Dengan demikian, sistem ini efektif dalam meningkatkan efisiensi energi dan keselamatan udara di dalam ruangan.

Kata Kunci: *Exhaust fan* Otomatis, Iot Blynk, Sensor DHT-22, Sensor MQ-2, Efisiensi Energi, Logika Fuzzy.

Abstract

Indoor air quality greatly affects the comfort and health of residents, especially in kitchen areas that are susceptible to harmful gases and high temperatures. The use of conventional exhaust fans is often inefficient because they work manually without considering environmental conditions. Therefore, this study designed and built an automatic exhaust fan system based on the Internet of Things (IoT) that is able to detect temperature and gas in real-time using DHT-22 and MQ-2 sensors. The system uses an ESP32 microcontroller, fuzzy logic for fan speed regulation, and monitoring via the Blynk app. This research was conducted using the Research and Development (R&D) method which focuses on the system design approach. This approach involves a series of stages ranging from needs analysis, hardware and software system design, implementation of fuzzy logic, integration with IoT platforms, to the stage of testing and evaluation of overall system performance. The test results showed that the automated system was able to save up to 24.6% of electrical energy compared to manual systems, as well as provide a quick response to changes in temperature and gas concentration. Thus, the system is effective in improving energy efficiency and indoor air safety.

Keywords: *Automatic Exhaust fan, Iot Blynk, Sensor DHT-22, Sensor MQ-2, Energi Efficiency, Fuzzy Logic.*

PENDAHULUAN

Kualitas udara dalam ruangan merupakan faktor penting yang secara langsung memengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni (Kemenkes, 2024), terutama pada area dapur yang rentan terhadap paparan suhu tinggi dan gas berbahaya akibat aktivitas memasak. Dalam kondisi tertentu, keberadaan gas-gas seperti karbon monoksida, metana, dan LPG dapat terakumulasi dan menimbulkan risiko kesehatan, terutama jika tidak segera dideteksi dan ditangani. Penggunaan *exhaust fan* konvensional sebagai alat ventilasi

memang umum digunakan untuk mengeluarkan udara panas dan gas dari dalam ruangan (Kamelia et al., 2017). Namun, pengoperasian secara manual sering kali menyebabkan ketidakefisienan, baik dalam konsumsi energi listrik maupun dalam waktu respons terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Permasalahan utama yang diidentifikasi dalam penelitian ini adalah belum optimalnya sistem pengendalian *exhaust fan* dalam menanggapi kondisi aktual lingkungan dapur secara otomatis. *Exhaust fan* yang bekerja terus-

menerus tanpa mempertimbangkan suhu dan kadar gas akan meningkatkan konsumsi energi listrik dan berpotensi mengurangi masa pakai alat (Anwar et al., 2019). Selain itu, sebagian besar sistem konvensional tidak memiliki kemampuan monitoring jarak jauh, sehingga tidak memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk memantau dan mengendalikan sistem dari luar ruangan. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang untuk membangun sistem *exhaust fan* otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kondisi suhu dan kadar gas secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan sensor DHT-22 untuk suhu dan kelembapan (Purwanto & Putra, 2023), serta sensor MQ-2 untuk mendeteksi keberadaan gas yang mudah terbakar dan berbahaya (Intania Paramitha et al., 2020). Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai pusat pengendali sistem, yang kemudian mengatur kecepatan kipas berdasarkan *fuzzy logic*. Penggunaan metode *fuzzy logic* memungkinkan sistem bekerja secara bertahap dan adaptif terhadap kondisi lingkungan, dengan hasil akhir berupa kecepatan kipas (Sari et al., 2024). Selain itu, sistem ini juga dilengkapi dengan antarmuka monitoring menggunakan aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat memantau status sistem dan parameter lingkungan melalui smartphone secara jarak jauh (Kiswanto & Saifullah, 2024). Secara metodologis, penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan rancang bangun sistem. Proses dimulai dari identifikasi kebutuhan, desain perangkat keras dan lunak, implementasi *fuzzy logic*, integrasi IoT, hingga pengujian dan evaluasi. Dalam tahap pengujian, sistem diuji pada berbagai skenario suhu dan gas untuk mengetahui waktu respon, stabilitas sistem, dan efisiensi konsumsi energi. Sistem otomatis kemudian dibandingkan dengan sistem manual dalam hal konsumsi energi menggunakan parameter pengukuran daya, energi, dan biaya listrik berdasarkan waktu operasi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu menghemat energi listrik hingga 24,6% dibandingkan dengan sistem manual. Hal ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya responsif terhadap kondisi lingkungan, tetapi juga berkontribusi dalam efisiensi energi listrik. Selain itu, dengan adanya fitur monitoring *real-time* melalui aplikasi IoT, pengguna memiliki kontrol yang lebih baik dan lebih fleksibel terhadap sistem, sehingga meningkatkan aspek keselamatan dan kenyamanan. Secara teoritik, penelitian ini mengacu pada beberapa konsep utama, yaitu *Internet of Things* (IoT) sebagai sistem terdistribusi yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian perangkat secara jarak jauh, *fuzzy logic* sebagai metode kecerdasan buatan yang cocok untuk pengambilan keputusan dalam sistem yang bersifat tidak pasti, serta prinsip efisiensi energi

sebagai dasar evaluasi konsumsi daya listrik pada perangkat rumah tangga (Ma'shumah et al., 2024). Studi pustaka juga dilakukan terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang mengkaji sistem *exhaust fan* otomatis berbasis sensor dan IoT, namun belum mengintegrasikan *fuzzy logic* dan pemantauan konsumsi daya secara *real-time*. Dari keseluruhan pendekatan tersebut, diharapkan sistem yang dirancang dapat memberikan kontribusi nyata dalam efisiensi energi, peningkatan keselamatan udara dalam ruangan, serta menjadi referensi bagi pengembangan teknologi otomatisasi dan IoT di bidang lain. Selain itu, hasil dari penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk pengembangan sistem yang lebih cerdas dan hemat energi, serta membuka peluang penelitian lanjutan seperti penambahan fitur kontrol adaptif berbasis AI atau integrasi dengan sistem energi terbarukan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan rancang bangun sistem, yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji sistem *automatic exhaust fan* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini dirancang untuk mendeteksi suhu dan gas secara *real-time* serta mengatur kecepatan kipas secara otomatis menggunakan *fuzzy logic*. Tahapan penelitian meliputi identifikasi masalah, studi literatur, perancangan perangkat keras dan lunak, perakitan sistem, integrasi dengan aplikasi Blynk, serta pengujian dan analisis kinerja. Sistem kendali otomatis untuk *exhaust fan* yang mampu merespons perubahan suhu dan kadar gas secara *real-time* berdasarkan data sensor. Penelitian dilakukan pada prototipe sistem yang diuji dalam lingkungan simulasi dapur rumah tangga. Penelitian ini mencakup spesifikasi alat, penerapan sistem, perancangan sistem, analisis data, dan desain sistem.

Spesifikasi Komponen

Tabel 1 menyajikan spesifikasi komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem *automatic exhaust fan* berbasis *Internet of Things* (IoT). Setiap komponen memiliki peran penting dalam mendukung fungsionalitas sistem.

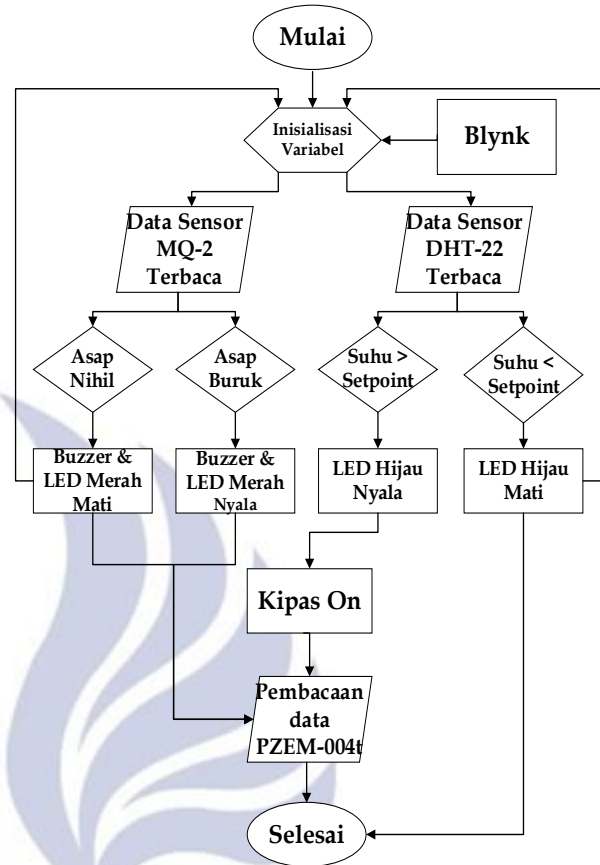
Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi

Tabel 1 Spesifikasi Komponen

Komponen	Spesifikasi
Kipas	Tipe: Maspion MV-250-NEX Tegangan 220V-50Hz, daya 35-45 Watt, dimensi 35cm x 38cm x 17cm, kecepatan 1400 RPM
Sensor Gas	Tipe: MQ-2 Tegangan: 5V Cakupan jarak: 6m
Sensor Suhu	Tipe: DHT-22 Tegangan: 3.3-6V DC Rentang suhu: -40°C-80°C
Mikrokontroler	Tipe: NodeMcu ESP32 Dual-Core 32 bit LX6 CPU, Frekuensi 240 MHz, WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2, RAM 520 KB, Flash hingga 16 MB
PZEM-004T	Tegangan: 80-260V Arus 0-100A, frekuensi 45-65 Hz
SSR	Tipe: SSR-40 DA Tegangan <i>Input</i> : 3-32V DC Tegangan <i>output</i> : 24-380V AC
Buzzer	Frekuensi 2kHz, Tegangan 5V, Diameter 14mm
LED	Sumber tegangan 220 V AC, Daya 5W
Adaptor	Adaptor DC 5V Konektor <i>Output</i> type C Sumber tegangan <i>input</i> : 220V AC Tegangan <i>output</i> : 5v
Resistor	220Ω untuk sensor 10 KΩ untuk LED dan Buzzer

Pelaksanaan Sistem

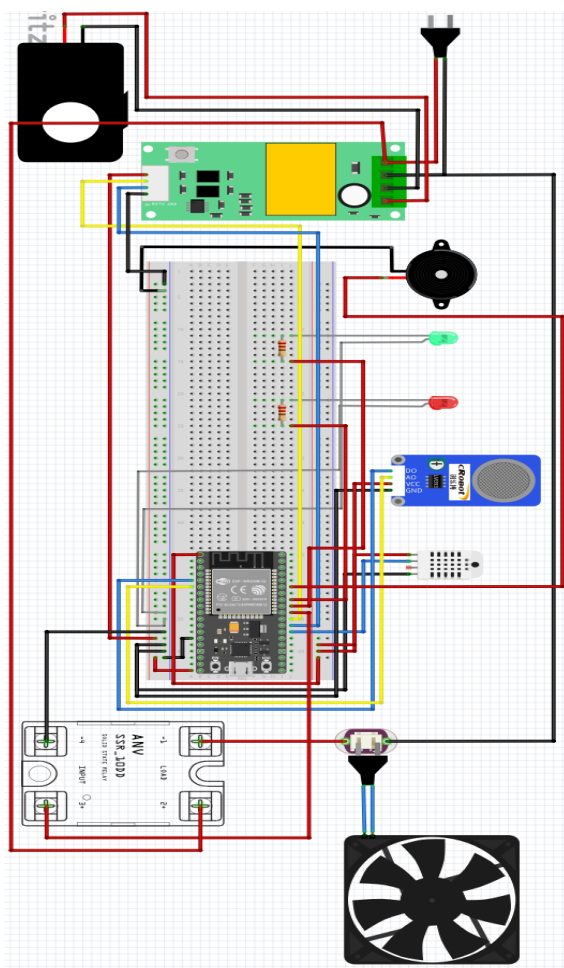
Pada Gambar 1 menjelaskan bahwa sistem dirakit berdasarkan desain rancang bangun yang mengintegrasikan sensor DHT-22 dan MQ-2 dengan mikrokontroler ESP32. Data sensor dibaca dan diproses menggunakan *fuzzy logic* untuk menghasilkan respon berupa kecepatan kipas (OFF, Medium, atau High). Sistem juga memicu buzzer dan LED saat terdeteksi gas berlebih. Semua data dan status perangkat dikirim ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Pengkodean dilakukan menggunakan Arduino IDE, dengan pembacaan sensor, *fuzzy logic*, kontrol aktuator, dan integrasi ke Blynk dikemas dalam satu sistem kerja otomatis.



Gambar 1 Diagram Alir Sistem

Perancangan Sistem

Pada Gambar 2 merupakan skema perancangan sistem, dilakukan pemilihan dan pengaturan komponen elektronik yang akan digunakan, seperti ESP32 sebagai pusat kendali, sensor DHT-22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi konsentrasi gas berbahaya. Pada Gambar 3 merupakan desain akhir dari sistem *exhaust fan* otomatis yang telah dirancang.



Gambar 2 Skema Perancangan Sistem



Gambar 3 Desain 3D

Pengujian Sistem

Pengujian juga dilakukan pada konsumsi daya listrik untuk mengevaluasi efisiensi energi yang dicapai oleh sistem

automatis dibandingkan sistem konvensional. Berikut merupakan persamaan yang akan dipakai dalam penelitian ini:

- Efisiensi energi(%) = $\left(\frac{\text{energi manual} - \text{energi otomatis}}{\text{energi manual}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$
- Biaya = Energi (kWh) × Tarif Listrik (Rp1.444,7)(2)
- Energi (kWh) = Daya (kW) × waktu (h)(3)
- Daya (W) = Tegangan(V) × Arus(A)(4)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem *automatic exhaust fan* yang dirancang dengan sensor MQ-2, DHT-22, dan teknologi IoT terbukti mampu memenuhi tujuan penelitian dengan memberikan respon cepat terhadap kondisi udara, mengurangi peran manual, serta mendukung penghematan energi. Untuk mendukung analisis tersebut, ditunjukkan Tabel 1 dan Tabel 2 hasil pengujian kecepatan respon dari Blynk dalam pengujian sensor. Data ini menunjukkan sejauh mana sistem mampu beroperasi secara efisien serta mengidentifikasi kendala teknis yang perlu diperbaiki.

Tabel 2 Pengujian Respon Sistem

Monitor Blynk	Respon Sistem	Respon Sistem (ms)	Output Fisik
Suhu 35,5°C	<i>Fan Medium</i>	2000	SSR ON
Suhu 40,5°C	<i>Fan High</i>	2000	SSR ON
Suhu 30°C	<i>Fan OFF</i>	2000	<i>Fuzzy logic OFF</i>
Gas 811 ppm	Buzzer ON	2000	Buzzer dan LED Merah Aktif
Gas 800 ppm	Buzzer OFF	2000	Buzzer OFF dan LED Hijau Aktif
Sistem idle (kondisi aman)	Fan OFF, LED Hijau ON	2000	Stabil

Telah dilakukan pengujian respon sistem didapati hasil yang cukup baik berdasarkan Tabel 2, Respon fan dan alarm sesuai dengan kondisi *input*:

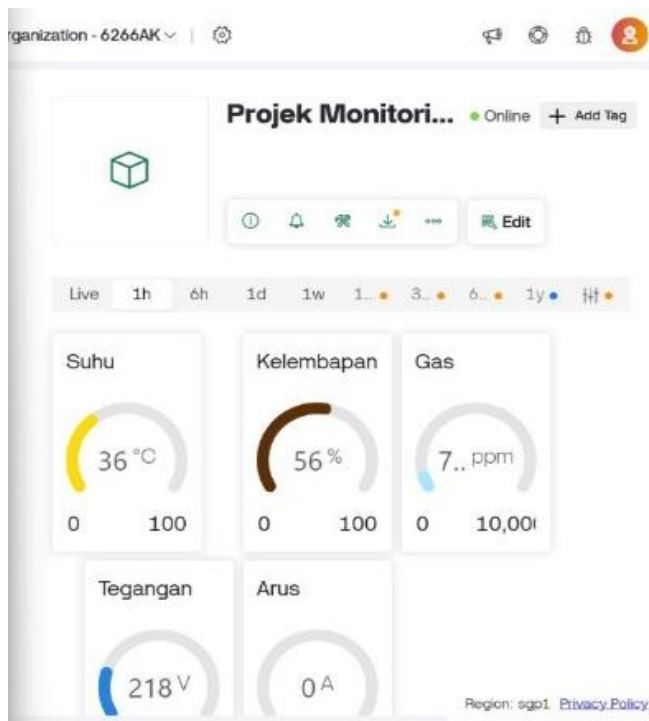
- Suhu tinggi → kipas nyala otomatis
- Gas tinggi → buzzer & LED merah aktif
- Kondisi gas aman → LED hijau aktif

Penggunaan Blynk memberikan nilai tambah dalam bentuk pemantauan *real-time*, notifikasi bahaya, dan kontrol jarak jauh yang meningkatkan kenyamanan, efisiensi energi, serta keselamatan pengguna. Respon sistem yang konsisten dalam

Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi

waktu 2000 ms menunjukkan stabilitas kinerja, sementara fitur *fuzzy logic* membantu mengatur kecepatan kipas sesuai kebutuhan, sehingga konsumsi daya tetap optimal. Secara keseluruhan, sistem ini mampu beroperasi secara efektif dan cerdas dalam menjaga kondisi lingkungan dapur tetap aman dan efisien.

Pada Gambar 4 merupakan tampilan Blynk yang sudah terkoneksi dengan sistem ESP32 dari alat yang dirancang, kemudian pada Tabel 2 merupakan parameter dan virtual pin yang sudah dirancang pada sistem IoT Blynk.



Gambar 4 Tampilan Blynk

Tabel 3 Pengujian Monitoring IoT Blynk

Parameter	Virtual Pin	Status Blynk	Waktu Update (ms)
Suhu	V0	Tampil	2000
Kelembapan	V1	Tampil	2000
Gas ppm	V2	Tampil	2000
Tegangan	V3	Tampil	2000
Arus	V4	Tampil	2000

Pengujian pada MQ-2 juga perlu dilakukan untuk mendeteksi keberadaan gas dan asap di lingkungan dapur. Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat sensitivitas sensor terhadap konsentrasi gas yang berbeda.

Tabel 4 Pengujian Sensor MQ-2

No.	Gas PPM	Kategori Gas	Indikator
1.	700 ppm	Aman	LED Hijau
2.	706 ppm	Aman	LED Hijau
3.	800 ppm	Aman	LED Hijau
4.	650 ppm	Aman	LED Hijau
5.	690 ppm	Aman	LED Hijau
6.	811 ppm	Bahaya	LED Merah + Buzzer
7.	820 ppm	Bahaya	LED Merah + Buzzer
8.	815 ppm	Bahaya	LED Merah + Buzzer
9.	817 ppm	Bahaya	LED Merah + Buzzer
10.	821 ppm	Bahaya	LED Merah + Buzzer

Pada Tabel 4 menjelaskan bahwa sensor MQ-2 mampu mendeteksi gas dengan baik. Pada nilai gas di bawah 800 ppm, LED hijau menyala (kategori aman). Namun, saat gas ≥ 811 ppm, LED merah dan buzzer aktif, menandakan sistem berhasil merespons sesuai potensi bahaya dengan akurasi batas ambang deteksi.

Perbandingan Hasil Pengujian Otomatis dan Manual

Pengujian dilakukan untuk membandingkan kinerja sistem *exhaust fan* yang dioperasikan secara manual dan otomatis. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi serta responsivitas sistem dalam menjaga kualitas udara dan suhu di lingkungan dapur hunian.

Tabel 5 Pengujian Sensor DHT-22 dan PZEM-004T (Otomatis)

Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Status Kipas
36.3	218.5	0.18	39.33	Menyala Cepat
38.8	218.5	0.18	39.33	Menyala Sedang
34.7	222.2	0.20	44.44	Menyala Rendah
33.2	218.4	0.23	50.23	Menyala Cepat
29.5	207.6	0.03	6.23	Mati
37.5	221.0	0.19	41.99	Menyala Sedang
35.9	219.1	0.17	37.25	Menyala Cepat
34.0	216.9	0.15	32.54	Menyala Rendah
32.5	213.6	0.1	27.92	Mati
31.0	212.6	0.08	17.01	Mati
30.0	211.3	0.06	12.68	Mati
28.7	209.5	0.03	6.29	Mati
Jumlah	2590.4	1.6	355.24	
Rata-rata	215.86	0.13	29.6	

Dari data pengujian pada Tabel 5, terlihat bahwa kipas hanya menyala saat suhu melebihi sekitar 33°C. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja secara otomatis sesuai kondisi lingkungan untuk menghemat energi. Rata-rata tegangan sebesar 215.86 V, arus 0.13 A, dan daya 29.6 W

menunjukkan konsumsi energi yang efisien. Apabila dibandingkan dengan Tabel 6, dengan kipas yang menyala secara terus-menerus selama 1 jam

Tabel 6 Pengujian Sensor DHT-22 dan PZEM-004T (Manual)

Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Status Kipas
29.5	218.0	0.18	39.24	Menyala
30.0	218.2	0.18	39.28	Menyala
30.6	218.3	0.18	39.29	Menyala
31.2	218.4	0.18	39.31	Menyala
31.7	218.5	0.18	39.33	Menyala
32.1	218.6	0.18	39.35	Menyala
32.6	218.7	0.18	39.37	Menyala
33.0	218.8	0.18	39.38	Menyala
32.8	218.7	0.18	39.37	Menyala
32.0	218.6	0.18	39.35	Menyala
31.0	218.4	0.18	39.31	Menyala
30.3	218.3	0.18	39.29	Menyala
Jumlah	2621.5	2.16	471.5	
Rata-rata	218.5	0.18	39.3	

Berdasarkan persamaan 1 didapatkan nilai:

$$\text{Efisiensi energi}(\%) = \left(\frac{0.0393 - 0.0296}{0.0393} \right) \times 100\% = 24.6\% \dots (5)$$

Hasil ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem otomatis mampu menghemat energi sebesar 24,6% jika dibandingkan dengan sistem manual yang menyalakan kipas secara terus-menerus tanpa memperhatikan kondisi lingkungan sekitar. Berikut merupakan estimasi energi dan biaya yang dapat diperoleh selama 1 jam dengan membandingkan sistem otomatis dan sistem manual:

- Pada sistem otomatis yang terhubung oleh ESP32 dengan sensor DHT-22 dan sensor MQ-2 dengan estimasi waktu selama 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Daya} &: 215.86 \times 0.13 &= 29.6 \text{ Watt /jam} \\ & &= 0.0296 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Energi} : 0.0296 \times 1 = 0.0296 \text{ kWh}$$

$$\text{Biaya} : 0.0296 \times 1.444,7 = \text{Rp } 42,76/\text{jam}$$

- Pada sistem manual *exhaust fan* yang terhubung oleh ESP32 dengan sensor PZEM-004t dengan estimasi waktu selama 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Daya} &: 218.5 \times 0.18 &= 39.3 \text{ Watt /jam} \\ & &= 0.0393 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Energi} : 0.0393 \times 1 = 0.0393 \text{ kWh}$$

$$\text{Biaya} : 0.0393 \times 1.444,7 = \text{Rp } 56,77/\text{jam}$$

Identifikasi Kendala dan Solusi

Selama proses pelaksanaan dan pengujian sistem, ditemukan beberapa kendala yang mempengaruhi performa sistem secara keseluruhan. Salah satu kendala utama adalah koneksi jaringan yang tidak stabil, yang menyebabkan keterlambatan dalam pembaruan data pada *platform* Blynk sehingga pemantauan secara *real-time* tidak berjalan optimal. Untuk mengatasi hal ini, sistem dilengkapi dengan fitur *reconnect* otomatis menggunakan fungsi Blynk.begin(), serta pengulangan koneksi melalui Blynk.run() dan WiFi.status() secara berkala. Selain itu, pemilihan jaringan Wi-Fi dengan stabilitas tinggi juga menjadi prioritas selama pelaksanaan. Kendala berikutnya adalah waktu kalibrasi sensor gas MQ-2 yang membutuhkan pemanasan (*preheating*) selama sekitar 30 menit hingga 1 jam agar dapat memberikan data yang stabil dan akurat. Sebagai solusinya, dilakukan penundaan awal (*delay*) pada sistem selama ± 30 menit hingga 1 jam setelah sistem pertama kali dinyalakan, guna memastikan sensor MQ-2 telah mencapai suhu operasional yang ideal sebelum mulai mengambil data. Dengan solusi-solusi tersebut, sistem dapat tetap berjalan secara optimal meskipun menghadapi tantangan teknis di lapangan.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun sebuah sistem *exhaust fan* otomatis berbasis IoT yang mampu mendeteksi kondisi lingkungan secara *real-time*, yaitu suhu dan keberadaan gas berbahaya, menggunakan sensor DHT-22 dan MQ-2. Sistem ini dilengkapi dengan konektivitas IoT melalui *platform* Blynk, sehingga pengguna dapat memantau parameter suhu, kelembaban, kadar gas, tegangan, arus, dan frekuensi secara jarak jauh melalui perangkat seluler.
2. Sistem ini telah berhasil menerapkan metode *fuzzy logic* dalam pengaturan kecepatan *exhaust fan* secara otomatis berdasarkan suhu ruangan. *Output fuzzy logic* dibagi dalam beberapa tingkat kecepatan (0–3) yang secara logika biner dimaknai sebagai notasi 0 (mati) dan 1 (menyala pada kecepatan rendah, sedang, cepat).

Saran

Beberapa pengembangan yang dapat dilakukan di masa mendatang untuk meningkatkan performa dan efisiensi sistem antara lain adalah dengan menggunakan sumber energi terbarukan seperti panel surya, sehingga sistem

Perancangan Sistem Kendali Exhaust Fan Berbasis IOT dengan Sensor MQ-2 dan DHT22 untuk Optimalisasi Konsumsi Energi

exhaust fan dapat beroperasi secara mandiri tanpa bergantung pada jaringan listrik PLN. Selain itu, penerapan sistem otentikasi dan pencatatan (*logging*) berbasis *cloud* juga dapat diterapkan untuk meningkatkan keamanan serta memungkinkan analisis data sistem secara jangka panjang. Pengembangan lainnya adalah melakukan uji coba sistem dalam skala yang lebih luas, guna mengevaluasi kinerja sistem pada berbagai kondisi lingkungan yang berbeda, sehingga sistem dapat disesuaikan dan dioptimalkan untuk kebutuhan di berbagai tipe hunian atau bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, N., Dashrul, D., & Fadli, A. Pengukuran energi listrik berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 2019.
- Bakti, A. I., Laoh, M. A., Mosey, H. I. R., Jumriadi, Lumembang, M. M., & Suoth, V. A. Sistem monitoring suhu, kelembaban dan kadar CO₂ di udara berbasis Internet of Things. *Jurnal MIPA*, 13(2), 94–98. 2024. <https://doi.org/10.35799/jm.v13i2.56234>
- Prastyo, E. A. Review sensor gas MQ-2: Deteksi gas dengan Arduino. 2024. <https://www.arduinoindonesia.id/2024/06/review-sensor-gas-mq-2-deteksi-gas-dengan-arduino.html>
- Febriansyah. Interface DHT22 sensor suhu & kelembaban dengan ESP32. 2022. <https://www.researchgate.net/publication/365704120>
- Hadi, S., & Adil, A. Rancang bangun pendeteksi gas berbasis sensor MQ-2. 2019.
- Paramitha, I. A. P., Djuni, I. D., & Setiawan, W. Rancang bangun prototipe sistem pendeteksi asap rokok berbasis mikrokontroler menggunakan sensor MQ-2 dilengkapi dengan exhaust fan. *Jurnal SPEKTRUM*, 7(3), 69. 2020. <https://doi.org/10.24843/spektrum.2020.v07.No3.p69>
- Kamelia, L., Sukmawiguna, Y., & Adiningsih, N. U. Rancang bangun sistem exhaust fan otomatis menggunakan sensor Light Dependent Resistor (LDR). *Jurnal X*, 1(1), 154–169. 2017.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Bahaya polusi udara bagi kesehatan: Dampak, penyebab dan pencegahannya. 2024. <https://ayosehat.kemkes.go.id/bahaya-polusi-udara-bagi-kesehatan>
- Kiswantonono, A., Saifullah, M. I., & Yani, S. J. A. Kendali beban pintar: Mengoptimalkan efisiensi energi dengan IoT. *Jurnal I*, 2(1), 10–17. 2024. <https://doi.org/10.54732/i.v2i1.1057>
- Ma'shumah, S., Pramartaningthyas, E. K., & Rokhim, A. G. Implementasi Internet of Things (IoT) pada sistem monitoring dan notifikasi pemakaian listrik rumah tangga berbasis aplikasi Blynk. *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, 12(3), 144–149. 2024. <https://doi.org/10.30591/polektro.v12i3.5282>
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. 2011.
- Purwanto, T. D., & Putra, M. R. D. Prototipe sistem monitoring exhaust fan pada dapur huni berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 6(1), 162–171. 2023. <https://doi.org/10.31004/jutin.v6i1.14870>
- Sahrul, S., Sari, N., & Wulandari, D. Penerapan algoritma fuzzy Mamdani pada monitoring dan sistem kontrol pemakaian kipas angin di ruangan berbasis Internet of Things. 19(2), 255–268. 2024.
- Sandi, A. S., Ashari, I. A., Setiawan, R. A., & Sumantri, R. B. B. Implementasi sensor MQ-2 sebagai alat deteksi asap rokok menggunakan Atmega328. *Methomika: Jurnal Manajemen Informatika dan Komputerisasi Akuntansi*, 5(2), 110–115. 2021. <https://doi.org/10.46880/jmika.vol5no2.pp110-115>
- Syaifullah, M. I., Sadi, S., & Suyono, R. Monitoring sistem pendeteksi kebocoran gas berbasis IoT menggunakan NodeMCU. *Jurnal ABC*, 2507(2), 1–9. 2020.
- Widodo, H., Putra, Y. E., Suryani, S., & Ubaidah, U. Sistem otomatisasi pengaturan suhu dan sirkulasi udara di ruangan pasien menggunakan relay SSR dan teknologi IoT berbasis Blynk. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 12(2), 131–138. 2024. <https://doi.org/10.23960/jtaf.v12i02.375>