

RANCANG BANGUN FITUR KESEHATAN DAN KEAMANAN RUMAH

DESIGN AND DEVELOPMENT OF HOME HEALTH AND SAFETY FEATURES

Ikhwan Auliyah¹, Denny Irawan²

Universitas Muhammadiyah Gresik^{1,2}

ikhwanauliyah@gmail.com¹, den2mas@umg.ac.id²

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology has enabled the rise of smart home systems that enhance both safety and environmental health. This study presents a prototype using ESP32-CAM as the central controller, connected wirelessly to various sensors and actuators. The hardware includes a DHT22 sensor to measure temperature and humidity, servo motor for automatic roof control, and an MQ-2 sensor combined with an exhaust fan to detect and reduce harmful gas (LPG) leaks. A solenoid lock secures the main door remotely, while a flame sensor detects fire hazards. Additionally, the ESP32-CAM camera is installed at the front of the house to monitor real-time activity and send alerts via Telegram. Testing results confirm that all components function as intended: DHT22 provides stable readings, servo motor and solenoid lock operate reliably, MQ-2 and flame sensor accurately detect hazards, and ESP32-CAM delivers real-time images with fast notifications. Thus, the prototype effectively improves home safety and health, offering convenient remote monitoring and control through IoT integration.

Keywords: Smart Home, IoT, ESP32-CAM, DHT22, Servo, MQ-2, Exhaust Fan, Solenoid Lock, Flame Sensor, Telegram.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong hadirnya sistem smart home yang meningkatkan keamanan dan kesehatan rumah. Penelitian ini membuat prototype dengan ESP32-CAM sebagai pusat kendali, terhubung ke sensor dan aktuator melalui jaringan nirkabel. Perangkat keras meliputi DHT22 untuk suhu dan kelembapan, servo motor untuk membuka/menutup atap otomatis, serta MQ-2 yang dipadukan dengan exhaust fan untuk mendeteksi dan mengurangi gas berbahaya. Solenoid lock digunakan sebagai pengunci pintu jarak jauh, sedangkan flame sensor berfungsi mendeteksi kebakaran. Kamera ESP32-CAM dipasang di depan rumah untuk pemantauan real-time, sekaligus mengirim notifikasi darurat melalui Telegram. Hasil pengujian menunjukkan semua komponen bekerja sesuai rencana. DHT22 memberikan data stabil, servo motor dan solenoid lock berfungsi baik, MQ-2 dan flame sensor mendeteksi bahaya secara tepat, serta ESP32-CAM menampilkan gambar dan mengirim notifikasi cepat. Dengan demikian, prototype ini terbukti meningkatkan keamanan dan kesehatan rumah, sekaligus memudahkan pemantauan serta pengendalian jarak jauh melalui integrasi teknologi IoT.

Kata Kunci: Smart Home, IoT, ESP32-CAM, DHT22, Servo, MQ-2, Exhaust Fan, Solenoid Lock, Flame Sensor, Telegram

PENDAHULUAN

Rumah sebagai kebutuhan pokok manusia tidak hanya berfungsi sebagai tempat tinggal, tetapi juga sebagai ruang aman dan sehat bagi penghuninya. Risiko kebakaran, kebocoran gas LPG, serta kualitas udara yang buruk masih menjadi ancaman nyata dalam kehidupan sehari-hari (Nugroho, 2022). Data Pusiknas Polri mencatat bahwa pada periode Januari–Oktober 2024 terjadi 935 kejadian kebakaran di Indonesia, dengan 75,29% di antaranya menimpa rumah/perumahan (Pusiknas Bareskrim Polri, n.d.). Kondisi ini menegaskan bahwa kebakaran bukanlah

peristiwa langka, melainkan ancaman serius yang perlu diantisipasi. Selain itu, kebocoran gas LPG di dapur juga sering luput dari perhatian, padahal paparan gas dalam konsentrasi tinggi dapat menggantikan oksigen dan menimbulkan gangguan kesehatan hingga kematian (Nasution et al., 2025).

Di sisi lain, aspek kesehatan rumah juga penting untuk diperhatikan. Kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality/IAQ*) dipengaruhi oleh suhu, kelembapan, dan keberadaan gas berbahaya (Putra et al., 2025). Menurut WHO dan Kementerian Kesehatan RI, standar suhu

sehat berada pada 18–30°C dengan kelembapan 40–60% RH. Ketidaksesuaian kondisi ini dapat memicu gangguan pernapasan, iritasi, hingga penyakit kronis (Tan et al., 2025). Pemantauan kualitas udara dalam ruangan (*Indoor Air Quality*) sangat krusial untuk kesehatan penghuni. Penelitian oleh Agung et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT efektif digunakan untuk memantau dan mengontrol parameter kualitas udara seperti suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas polutan secara akurat. Oleh karena itu, sistem pemantauan berbasis sensor diperlukan untuk menjaga kualitas udara rumah agar tetap sesuai standar kesehatan (Ridwan & Sari, 2021).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang besar dalam menciptakan rumah pintar (*Smart Home*) (Joan et al., 2022). IoT memungkinkan perangkat rumah tangga saling terhubung melalui internet, sehingga dapat dikendalikan dan dipantau secara *real-time* (Mukti et al., 2024). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam *smart home* mampu mengurangi konsumsi energi hingga 20% dan meningkatkan keamanan rumah tangga (Setia et al., 2025). Kurniawan dan Hariyanto (2023) merancang sistem keamanan rumah berbasis ESP32-CAM yang mampu mendeteksi aktivitas mencurigakan dan mengirim notifikasi cepat. Selain pemantauan visual, aspek keamanan akses fisik juga telah menjadi fokus pengembangan. Fakhrudin et al. (2024) merancang sistem keamanan pintu berbasis IoT menggunakan ESP32 dan aplikasi Blynk yang memungkinkan pengguna mengontrol akses pintu secara *real-time* dari jarak jauh. Tobing (n.d.) mengembangkan sistem peringatan dini kebakaran menggunakan kombinasi sensor DHT22 dan MQ-2, yang terbukti efektif dalam mendeteksi kondisi berbahaya. Waworundeng (2020) menunjukkan bahwa integrasi *flame sensor* dengan sistem notifikasi *real-time* dapat meningkatkan kewaspadaan pengguna terhadap

kebakaran. Sementara itu, Padlin et al. (2025) menguji sistem monitoring kebocoran gas LPG berbasis IoT dan menemukan bahwa sensor MQ-2 memiliki akurasi deteksi hingga 95%.

Namun, sebagian besar penelitian terdahulu hanya fokus pada satu aspek, misalnya keamanan rumah (deteksi kebakaran atau pencurian) atau kenyamanan (pengendalian suhu dan kelembapan) (Kusuma & Juliasari, 2024). Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi aspek kesehatan dan keamanan rumah dalam satu *prototype* berbasis ESP32-CAM. Sistem yang dikembangkan tidak hanya memantau kondisi lingkungan (suhu, kelembapan, gas), tetapi juga memberikan respons otomatis melalui aktuator (*fan*, servo, solenoid lock) serta menyediakan pemantauan *real-time* dengan kamera ESP32-CAM (Syukur, 2024).

Permasalahan utama penelitian ini adalah bagaimana merancang sistem rumah pintar berbasis IoT yang mampu memantau kondisi lingkungan rumah, memberikan respons cepat terhadap kondisi berbahaya, serta mengirim notifikasi *real-time* ke aplikasi Telegram. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa integrasi sensor kesehatan dan keamanan berbasis IoT dengan ESP32-CAM dapat meningkatkan kewaspadaan penghuni rumah terhadap kondisi berbahaya, dan sistem notifikasi *real-time* melalui Telegram mampu mempercepat respons pengguna terhadap keadaan darurat.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun *prototype smart home* berbasis ESP32-CAM yang mengintegrasikan sensor kesehatan dan keamanan, menguji kinerja sistem dalam mendeteksi kondisi berbahaya, serta mengembangkan sistem notifikasi *real-time*. Kontribusi ilmiah penelitian ini adalah menambah literatur tentang integrasi IoT dalam *smart home* dengan fokus kesehatan dan keamanan, memberikan solusi praktis yang dapat diimplementasikan pada rumah tangga sederhana, serta meningkatkan kesadaran

masyarakat terhadap pentingnya kesehatan dan keamanan rumah berbasis teknologi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan rancangan *prototype* sistem kesehatan dan keamanan rumah berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32-CAM sebagai pusat kendali. Tahapan penelitian disusun secara sistematis agar dapat diulang oleh peneliti lain dengan hasil yang konsisten.

Otomasi Sistem

Keputusan sistem ditentukan dengan membandingkan pembacaan sensor terhadap batas ambang (*threshold*) yang telah ditetapkan. Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk *prototype* IoT rumah pintar yang membutuhkan keputusan cepat dan mudah diverifikasi saat pengujian kapan sistem masuk kondisi bahaya dan kapan notifikasi harus dikirim.

Threshold

Penentuan *threshold* kesehatan rumah pada penelitian ini berfokus pada parameter fisik ruang yang dapat dipantau menggunakan DHT22, yaitu suhu dan kelembapan relatif (RH). Rentang acuan awal menggunakan pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah yang menetapkan suhu 18-30°C dan kelembapan 40-60% RH sebagai kondisi yang memenuhi syarat (Kementerian Kesehatan RI, 2011).

Tabel 1. Standar Kesehatan Lingkungan Ruang

Kategori Kondisi	Suhu (°C)	Kelembapan (RH, %)	Interpretasi
Normal (Sehat)	18-30	40-60	Kondisi ruangan berada pada rentang yang direkomendasikan untuk kenyamanan dan kesehatan penghuni.
Waspada	> 30	> 60	Ruangan cenderung panas/lembap sehingga berpotensi menurunkan kenyamanan dan memerlukan perhatian/penanganan awal (mis. ventilasi).
Tidak Ideal	< 18	< 40	Ruangan terlalu dingin/kering sehingga kurang ideal

bagi kenyamanan, perlu penyesuaian kondisi ruangan.

Pada Tabel 1 implementasi sistem, kategori “Waspada” dan “Tidak Ideal” dapat dijadikan pemicu notifikasi dan/atau aksi otomatis seperti menyalakan *fan* atau membuka ventilasi sesuai aturan otomasi yang ditetapkan.

Threshold Bahaya Gas/Asap (MQ-2)

Sensor MQ-2 menghasilkan sinyal analog yang sangat peka terhadap gas mudah terbakar maupun asap, sehingga penetapan ambang batas tidak dapat dilakukan secara sembarangan. Proses ini harus melalui kalibrasi dengan mengacu pada kondisi awal atau *baseline* udara bersih. Prinsip pengukuran menggunakan rasio R_s/R_0 , di mana R_0 adalah resistansi sensor pada udara bersih dan R_s resistansi saat sensor terekspos gas (Winsen, 2015). Dokumentasi teknis MQ-2 menjelaskan definisi kedua parameter tersebut serta kurva sensitivitas yang menjadi dasar kalibrasi.

Deteksi Api (Flame Sensor)

Flame sensor berfungsi sebagai indikator cepat untuk mendeteksi keberadaan nyala api dalam sistem otomasi kebakaran. Ketika sensor ini melewati ambang batas modul, status sistem segera berubah menjadi bahaya kebakaran dan secara otomatis memicu dua mekanisme utama: pertama, pengiriman notifikasi prioritas tinggi kepada pengguna; kedua, pencatatan kejadian dalam bentuk log yang berguna untuk evaluasi maupun pengujian lanjutan.

Model deteksi dini semacam ini umumnya tidak berdiri sendiri, melainkan dikombinasikan dengan sensor gas atau asap serta integrasi notifikasi digital, misalnya melalui aplikasi Telegram. Pendekatan integratif tersebut telah banyak diadopsi dalam rancangan sistem peringatan kebakaran modern karena terbukti mempercepat respons pengguna dan meningkatkan efektivitas mitigasi risiko (Ramadhani & Chandra, 2024).

Dengan demikian, *flame sensor* tidak hanya berperan sebagai perangkat deteksi, tetapi juga sebagai komponen strategis dalam sistem peringatan dini berbasis otomasi yang menekankan kecepatan dan akurasi respons.

Kalibrasi Sensor

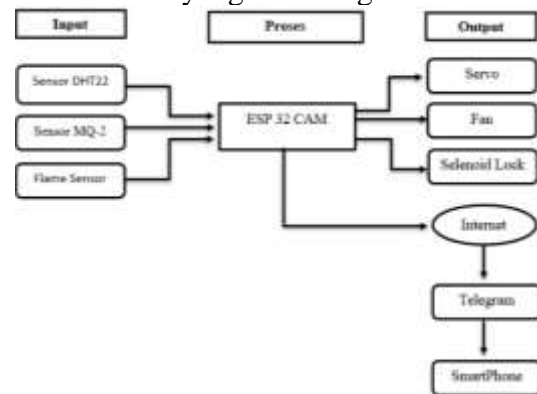
Kalibrasi dilakukan untuk memastikan pembacaan sensor yang digunakan pada *prototype* berada dalam rentang yang wajar dan konsisten, sehingga keputusan otomasi (normal-waspada-bahaya) tidak ditentukan oleh data yang bias atau terlalu berisik. Pada penelitian ini, kalibrasi difokuskan pada DHT22 (suhu dan kelembapan), MQ-2 (gas/asap), dan *flame sensor* (indikasi api). Proses kalibrasi dilakukan sebelum pengujian sistem secara keseluruhan, lalu hasilnya digunakan untuk menetapkan parameter seperti *offset* (koreksi) dan ambang batas (Roihan et al., 2021).

Kalibrasi Sensor DHT22 (Suhu dan Kelembapan) Kalibrasi sensor DHT22 dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan terhadap *thermohygrometer* sebagai alat referensi standar. Proses ini melibatkan penempatan kedua perangkat pada lokasi identik, stabilisasi kondisi ruangan, serta pengambilan data suhu dan kelembapan dengan interval minimal dua detik. Selisih rata-rata kemudian dihitung untuk menentukan koreksi berupa *offset*, misalnya penyesuaian suhu atau kelembapan. Validasi ulang dilakukan setelah koreksi diterapkan guna memastikan akurasi meningkat dan data yang dihasilkan lebih konsisten (Fried, 2024).

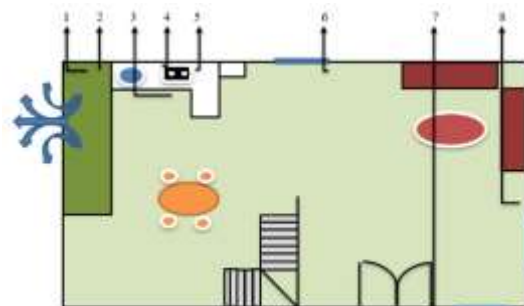
Perancangan Sistem

Sistem dirancang dengan menggabungkan beberapa sensor dan aktuator yang diatur oleh mikrokontroler ESP32-CAM. Sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip pemantauan dan pengendalian otomatis terhadap kondisi di dalam rumah, seperti suhu, kelembapan,

kebocoran gas, serta keamanan terkait api atau aktivitas yang mencurigakan.



Gambar 1. Perancangan Sistem

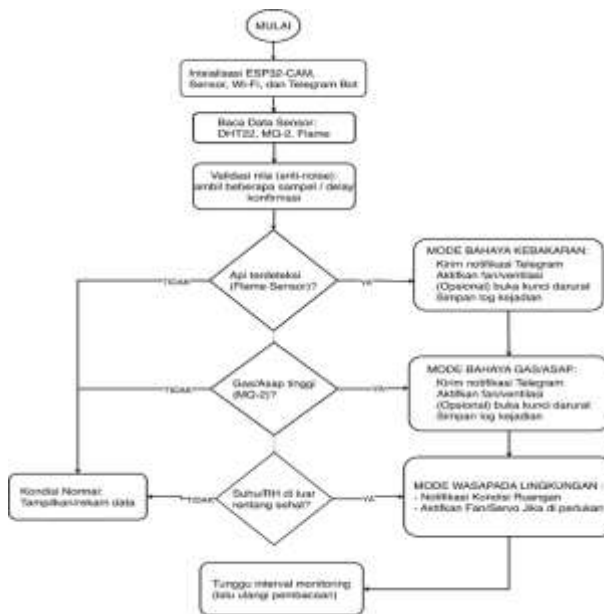


Gambar 2. Perancangan Desain

Dalam gambar 2, sensor ditempatkan sesuai fungsi masing-masing agar sistem bekerja optimal. Sensor MQ-2 ditempatkan di dapur untuk mendeteksi kebocoran gas LPG, sedangkan *flame sensor* dipasang di area rawan api untuk deteksi kebakaran dini. *Exhaust fan* berada di ruang tertutup guna mengurangi akumulasi gas berbahaya. Sensor DHT22 ditempatkan di ruang utama untuk memantau suhu dan kelembapan. *Solenoid lock* dipasang di pintu utama sebagai pengunci otomatis, sementara ESP32-CAM ditempatkan di depan rumah untuk pemantauan *real-time* sekaligus pusat kendali sistem.

Perancangan Software

Sistem program ini mengatur pembacaan data dari sensor, mengatur aktuator, dan mengirimkan data ke aplikasi Telegram, yang digambarkan pada flowchart berikut:



Gambar 3. Flowchart

Gambar 3 menunjukkan bagaimana sistem melakukan deteksi berlapis terhadap api, gas, dan kondisi lingkungan, lalu memberikan respons otomatis berupa aktivasi perangkat dan notifikasi *real-time* ke pengguna melalui Telegram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan agar semua bagian bisa bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Tujuan utama dari pengujian ini adalah memastikan sistem dapat mendeteksi kondisi sekitar dan memberi respons secara otomatis atau dengan mengirim pemberitahuan ke Telegram.

Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT22)

Pengujian sensor DHT22 bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan pembacaan suhu dan kelembapan udara. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT22 dengan alat ukur pembanding berupa *thermohygrometer* digital. Metode pembandingan ini digunakan untuk memastikan bahwa data yang dihasilkan sensor dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Selisih antara nilai sensor dan nilai pembanding dihitung menggunakan persentase *error* untuk mengetahui tingkat kesalahan pengukuran. Semakin kecil nilai *error*, maka semakin

baik tingkat akurasi sensor dalam sistem yang dirancang.

Tabel 2. Pengujian DHT22

Sampel	DHT22 (°C / %RH)	Alat Pembanding (°C / %RH)	Error (%)
1	27.1 °C / 56 %RH	27.0 °C / 55 %RH	1.2 %
2	28.3 °C / 58 %RH	28.0 °C / 57 %RH	1.5 %
3	29.0 °C / 60 %RH	28.8 °C / 59 %RH	1.3 %
4	30.2 °C / 63 %RH	30.0 °C / 62 %RH	1.4 %
5	26.5 °C / 52 %RH	26.3 °C / 51 %RH	1.6 %

Berdasarkan Tabel 2, pengujian sensor DHT22 menunjukkan bahwa hasil pembacaan suhu dan kelembapan relatif konsisten dengan alat pembanding. Selisih rata-rata *error* berada pada kisaran 1,2%–1,6%, yang masih dapat diterima untuk aplikasi monitoring lingkungan rumah. Nilai suhu yang terbaca berkisar antara 26,5–30,2°C, sedangkan kelembapan berada pada 52–63% RH, sesuai dengan standar kesehatan lingkungan rumah (18–30°C dan 40–60% RH).

Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa sensor DHT22 memiliki akurasi yang cukup baik untuk digunakan dalam sistem *smart home* berbasis IoT. *Error* yang relatif kecil menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan data yang valid dan dapat diandalkan untuk pemantauan suhu serta kelembapan ruangan. Dengan demikian, DHT22 layak dijadikan komponen utama dalam *prototype* sistem kesehatan rumah, terutama untuk menjaga kualitas udara agar tetap sesuai standar kesehatan.

Pengujian Sensor Gas MQ-2

Pengujian sensor gas MQ-2 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan gas atau asap di lingkungan sekitar. Pengujian diawali dengan pengambilan nilai *baseline*, yaitu kondisi udara normal tanpa adanya paparan gas. Selanjutnya sensor diuji dengan paparan asap atau gas untuk melihat perubahan nilai keluaran sensor.

Tabel 3. Pengujian MQ-2

No	Kondisi Uji	Nilai MQ-2	Status Sistem	Keterangan
1	Udara normal	185	Normal	Baseline udara bersih
2	Asap ringan	320	Waspada	Sistem mengirim notifikasi waspada
3	Asap kuat	620	Bahaya	Exhaust fan aktif dan notifikasi bahaya

Pada Tabel 3, pengujian sensor MQ-2 menunjukkan hasil yang jelas. Pada udara normal, nilai 185 dengan status aman. Saat asap ringan, nilai naik ke 320, sistem waspada dan mengirim notifikasi. Pada asap kuat, nilai mencapai 620, sistem langsung bahaya, *exhaust fan* aktif, dan notifikasi darurat dikirim.

Kesimpulannya, sensor MQ-2 sensitif terhadap perubahan gas/asap dan dengan otomasi sistem, respon cepat serta tepat dapat dilakukan untuk mendukung keamanan rumah melalui deteksi dini kebocoran gas maupun asap kebakaran.

Pengujian Sensor Api (*Flame Sensor*)

Pengujian *flame sensor* bertujuan untuk memastikan sensor mampu mendeteksi keberadaan nyala api. Pengujian dilakukan dengan dua kondisi, yaitu tanpa api dan dengan api pada jarak tertentu. Hasil pengujian diamati berdasarkan perubahan output sensor serta respons sistem. Pengujian ini penting untuk memastikan tidak terjadi kesalahan deteksi (*false alarm*) pada kondisi lingkungan normal.

Tabel 4. Pengujian Sensor Api

Kondisi Uji	Jarak Api	Output Sensor	Error (%)	Keterangan
Tanpa api	15cm	Tidak Terdeteksi	0%	Kondisi Normal
Tanpa api	10cm	Tidak Terdeteksi	0%	Tidak terjadi <i>false alarm</i>
Tanpa api	5cm	Tidak Terdeteksi	0%	Sensor stabil
Dengan api	5cm	Terdeteksi	0%	Respon sangat cepat
Dengan api	10cm	Terdeteksi	0%	Sensor bekerja normal
Dengan api	15cm	Terdeteksi	2%	Deteksi masih konsisten

Berdasarkan Tabel 4, pengujian *flame sensor* menunjukkan hasil yang konsisten. Pada kondisi tanpa api, sensor tidak memberikan deteksi sehingga tidak terjadi *false alarm*. Saat api diuji pada jarak 5–15

cm, sensor mampu mendeteksi dengan baik, bahkan pada jarak 15 cm masih stabil dengan *error* kecil (2%). Hal ini membuktikan bahwa *flame sensor* memiliki respon cepat dan akurasi tinggi, sehingga efektif digunakan sebagai sistem peringatan dini kebakaran dalam *prototype smart home*.

Pengujian Aktuator dan Sistem Notifikasi

Pengujian aktuator dan notifikasi dilakukan untuk memastikan sistem mampu memberikan respons otomatis ketika kondisi tertentu terdeteksi oleh sensor. Aktuator yang diuji meliputi servo, kipas, dan *solenoid lock*, sedangkan notifikasi diuji melalui pengiriman pesan menggunakan Telegram Bot. Keberhasilan pengujian ditentukan dari kesesuaian antara kondisi yang terdeteksi dengan respons sistem dan notifikasi yang diterima pengguna.

Tabel 5. Pengujian Aktuator dan Notifikasi

Komponen	Skenario Uji	Respons Sistem	Keterangan
Servo	Perintah buka/tutup	Servo bergerak sesuai sudut yang ditentukan	Berhasil
Fan	Kondisi bahaya	Fan menyala otomatis	Berhasil
Solenoid Lock	Mode aman	Pintu terkunci otomatis	Berhasil
Telegram	Trigger bahaya	Notifikasi terkirim ke pengguna	Berhasil

Pada Tabel 5, pengujian menunjukkan semua aktuator dan sistem notifikasi bekerja sesuai fungsi. Servo merespons perintah buka/tutup atap dengan tepat, *fan exhaust* aktif otomatis saat kondisi bahaya gas/asap, *solenoid lock* mengunci pintu saat mode aman diaktifkan, dan Telegram berhasil mengirim notifikasi bahaya ke pengguna. Hasil ini menegaskan bahwa integrasi aktuator dan sistem notifikasi berjalan efektif serta mendukung keamanan rumah berbasis IoT.

SIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan *prototype smart home* berbasis IoT dengan

ESP32-CAM yang berhasil dirancang dan diuji untuk meningkatkan aspek kesehatan dan keamanan rumah. Sistem yang dikembangkan mampu memantau suhu, kelembapan, kebocoran gas, dan keberadaan api secara akurat melalui sensor DHT22, MQ-2, dan *flame sensor*, serta memberikan respons otomatis menggunakan *servo motor*, *exhaust fan*, dan *solenoid lock*.

Hasil pengujian menunjukkan semua komponen bekerja sesuai rencana: DHT22 memberikan data stabil, MQ-2 sensitif terhadap perubahan gas/asap, *flame sensor* mendeteksi api dengan cepat tanpa *false alarm*, dan aktuator merespons kondisi bahaya secara tepat. Selain itu, ESP32-CAM mampu menampilkan pemantauan *real-time* dan mengirim notifikasi darurat melalui Telegram dengan cepat.

Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa integrasi IoT dalam *smart home* dapat memberikan solusi praktis untuk menjaga kualitas udara, mencegah kebakaran, serta meningkatkan keamanan rumah. Implikasi penelitian ini adalah perlunya pengembangan lanjutan dengan memperluas cakupan sensor dan sistem notifikasi agar lebih komprehensif dan dapat diimplementasikan secara luas pada rumah tangga sederhana.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, F., Cahyono, D., & Irawan, D. (2024). Rancang bangun sistem pemantauan dan kontrol kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 17(2), 468–474.
- Fakhrudin, A., Irawan, D., & Agustin, S. (2024). Rancang bangun sistem keamanan pintu rumah berbasis Internet of Things dengan ESP32 dan aplikasi Blynk. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 19, 53–59.
- Fried, L. (2024). *DHT11, DHT22 and AM2302 sensors*. Adafruit.
- Joan, J., Azmi, Z., & Pranata, A. (2022). Implementasi IoT (*Internet of Things*) untuk *spy jacket* dengan berbasis ESP32-CAM. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 1(4), 142–150. <https://doi.org/10.53513/jursik.v1i4.5591>
- Kementerian Kesehatan RI. (2011). *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 1077/Menkes/Per/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah*.
- Kurniawan, H., & Hariyanto, S. (2023). Designing home security with ESP32-CAM and IoT-based alarm notification using Telegram. *bit-Tech*, 6(2), 95–102. <https://doi.org/10.32877/bt.v6i2.932>
- Kusuma, D. A., & Juliasari, N. (2024). Sistem deteksi kebocoran gas LPG dan kebakaran menggunakan MQ-2 dan ESP32 berbasis IoT. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 5(3), 2722–2130.
- Mukti, M. Z., Nandika, R., & Susanti, E. (2024). Perancangan *security* sistem *smart home* berbasis IoT menggunakan ESP32 CAM dan sensor PIR (*Passive Infrared Sensor*) melalui aplikasi Blynk. *Sigma Teknik*, 7(2), 349–360. <https://doi.org/10.33373/sigmateknika.v7i2.6982>
- Nasution, S. L. R., Girsang, E., Butar-Butar, E. F. M., Hafizah, N. Z., & Manalu, P. (2025). Dampak kualitas udara dalam ruangan terhadap kejadian ISPA di Kecamatan Medan Denai, Kota Medan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 24(3), 277–286. <https://doi.org/10.14710/jkli.70451>
- Nugroho, N. A. (2022). Rancang bangun *wireless sensor network* untuk mendeteksi kebakaran di lingkungan perumahan. *Multitek Indonesia*, 15(2), 44–54. <https://doi.org/10.24269/mtkind.v14i2.3066>
- Padlin, E., Febrianti, I. K., Perawati, P., & Irwansi, Y. (2025). Rancang bangun alat deteksi kebocoran gas LPG

- berbasis ESP8266 dengan notifikasi Telegram. *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika*, 3(3), 45–53. <https://doi.org/10.61132/uranus.v3i3.1064>
- Pusiknas Bareskrim Polri. (n.d.). *Kebakaran paling banyak terjadi di perumahan*.
- Putra, R. M., Hidayati, F., Lesmana S, O., Fitri, A., & Kasyani, K. (2025). Hubungan kondisi fisik rumah dengan kejadian infeksi saluran pernapasan atas (ISPA) pada balita di wilayah kerja Puskesmas Payo Selincih. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(2), 6855–6868. <https://doi.org/10.31004/jkt.v6i2.44952>
- Ramadhani, P., & Chandra, J. C. (2024). Prototipe sistem pendeteksi kebakaran berbasis Telegram Bot dengan sensor gas MQ-2 dan flame NodeMCU. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi*, 3(2), 892–900.
- Ridwan, M., & Sari, K. M. (2021). Application of IoT for automated controlling system of temperature, humidity, and acidity in hydroponics. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 10(4), 481–487.
- Roihan, A., Mardiansyah, A., Pratama, A., & Pangestu, A. A. (2021). Simulasi pendeteksi kelembaban pada tanah menggunakan sensor DHT22 dengan Proteus. *Method: Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 7(1), 25–30. <https://doi.org/10.46880/mtk.v7i1.260>
- Setia, N. D., Suprianto, B., Endryansyah, E., & Kholis, N. (2025). Perancangan sistem kendali *exhaust fan* berbasis IOT dengan sensor MQ-2 dan DHT22 untuk optimalisasi konsumsi energi. *Jurnal Teknik Elektro*, 14(3), 250–256.
- Syukur, O. R. E. R. (2024). Merefleksikan kembali kebakaran di Jakarta selama 2024. *ANTARA*.
- Tan, C., Murtiono, H., & Gunawan, I. G. N. A. (2025). Penerapan kualitas lingkungan dalam ruangan pada bangunan perkantoran di Kota Batam. *Journal of Architectural Design and Development*, 6(1), 53–64. <https://doi.org/10.37253/jad.v6i1.9463>
- Tobing, A. G. L. (n.d.). Kasus kebakaran menurun, DKI intensifkan edukasi pencegahan. *Berita Jakarta*.
- Waworundeng, J. M. S. (2020). Desain sistem deteksi asap dan api berbasis sensor, mikrokontroler dan IoT. *CogITO Smart Journal*, 6(1), 117–127. <https://doi.org/10.31154/cogito.v6i1.239.117-127>
- Winsen. (2015). *Flammable gas sensor (Model: MQ-2)*. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd.