

Sistem Deteksi dan Pemadaman Kebakaran Otomatis Berbasis ESP32 dengan Monitoring Jarak Jauh

Agil Bakhtiar^{1*}, Rafli Ramdhani², Ridlo Fauzi Rakhmadianto³

¹ Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa, Jalan Bhayangkara No.55, Surakarta

^{1*}220103171@udb.ac.id

² Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa, Jalan Bhayangkara No.55, Surakarta

²220103185@udb.ac.id

³ Teknik Informatika, Universitas Duta Bangsa, Jalan Bhayangkara No.55, Surakarta

³220103186@udb.ac.id

Abstrak— Kebakaran sering kali menimbulkan kerugian besar, baik materiil maupun korban jiwa, terutama akibat keterlambatan dalam pendeteksian dan penanganan awal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis berbasis mikrokontroler ESP32-S3 Uno yang terintegrasi dengan platform Internet of Things (IoT) menggunakan aplikasi Blynk sebagai media monitoring jarak jauh. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen rekayasa sistem, yang mencakup tahapan analisis kebutuhan, perancangan perangkat keras dan lunak, integrasi sistem, serta pengujian performa sistem terhadap deteksi dan pemadaman api. Sistem ini menggunakan sensor flame untuk mendeteksi nyala api, buzzer sebagai alarm lokal, dan pompa air yang dikendalikan melalui relay sebagai aktuator pemadam api otomatis. Ketika sensor mendeteksi keberadaan api, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer dan pompa air, serta mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna melalui Blynk. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu merespons keberadaan api dalam waktu kurang dari 1 detik pada jarak 10 hingga 100 cm, serta mengirimkan notifikasi dalam waktu rata-rata 2 detik. Setelah api padam, sistem secara otomatis kembali ke status normal. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi secara mandiri, cepat, dan akurat untuk ruang tertutup berskala kecil. Integrasi IoT memungkinkan pemantauan real-time dari jarak jauh, menjadikan sistem ini sebagai solusi efektif dan terjangkau untuk pencegahan dini kebakaran.

Kata kunci— ESP32, IoT, flame sensor, Blynk, sistem pemadaman otomatis

Abstract— Fires often cause major losses, both material and human casualties, especially due to delays in early detection and handling. This study aims to design and implement an automatic fire detection and extinguishing system based on the ESP32-S3 Uno microcontroller integrated with the Internet of Things (IoT) platform using the Blynk application as a remote monitoring medium. The method used is the system engineering experiment method, which includes the stages of needs analysis, hardware and software design, system integration, and system performance testing for fire detection and extinguishing. This system uses a flame sensor to detect flames, a buzzer as a local alarm, and a water pump controlled via a relay as an automatic fire extinguisher actuator. When the sensor detects a fire, the system automatically activates the buzzer and water pump, and sends a notification to the user's smartphone via Blynk. Based on the test results, the system is able to respond to the presence of fire in less than 1 second at a distance of 10 to 100 cm, and sends a notification in an average of 2 seconds. After the fire is extinguished, the system automatically returns to normal status. These results show that the system can function independently, quickly, and accurately for small-scale enclosed spaces. IoT integration allows for real-time remote monitoring, making this system an effective and affordable solution for early fire prevention.

Keywords—ESP32, IoT, flame sensor, Blynk, automatic fire suppression system

I. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sering terjadi dan memiliki dampak sangat merugikan, baik dari segi kerugian materiil maupun korban jiwa. Menurut data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan (Gulkarmat) DKI Jakarta, sepanjang tahun 2022 terjadi lebih dari 1.400 kasus kebakaran di wilayah Jakarta, dengan kerugian mencapai lebih dari Rp185 miliar dan penyebab utama adalah korsleting listrik [1]. Di banyak kasus, keterlambatan dalam pendeteksian serta penanganan awal kebakaran menjadi faktor utama yang menyebabkan

penyebaran api semakin luas dan sulit dikendalikan. Penelitian oleh Gultom dan Putro (2025) menunjukkan bahwa sebagian besar sistem deteksi kebakaran yang digunakan di lingkungan rumah tinggal masih bersifat manual dan tidak terintegrasi dengan sistem peringatan dini berbasis Internet of Things (IoT), sehingga keterlambatan respons sangat mungkin terjadi.

Kondisi ini umumnya terjadi di lingkungan tertutup seperti rumah, laboratorium, ruang server, gudang, dan perkantoran, di mana keterbatasan sumber daya manusia membuat pemantauan secara terus-menerus menjadi tidak efektif. Oleh karena itu, dibutuhkan

sistem yang mampu mendeteksi kebakaran sejak dini dan memberikan respon cepat serta akurat secara otomatis, guna mencegah kerugian yang lebih besar. Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi, terutama dalam bidang IoT, telah membuka peluang besar untuk membangun sistem keamanan pintar yang terintegrasi dan dapat dikendalikan jarak jauh. IoT memungkinkan berbagai perangkat elektronik seperti sensor, aktuator, dan mikrokontroler untuk saling terhubung melalui jaringan internet, sehingga memungkinkan pemantauan dan pengendalian secara real-time dari mana saja. Salah satu platform populer dalam pengembangan sistem IoT adalah Blynk, yang memudahkan integrasi antara perangkat keras dan aplikasi berbasis smartphone [3].

Penerapan IoT dalam sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis dapat memberikan banyak keunggulan dibandingkan sistem konvensional. Sistem ini tidak hanya mampu mendeteksi keberadaan api melalui sensor flame, tetapi juga dapat secara otomatis menyalakan buzzer sebagai alarm dan mengaktifkan pompa air melalui relay untuk melakukan tindakan pemadaman awal. Notifikasi kejadian juga dapat dikirim langsung ke ponsel pengguna dalam waktu singkat, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan cepat bahkan saat pengguna berada jauh dari lokasi kejadian.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas topik serupa. Fachry *et al.* [1] mengembangkan sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis Arduino dengan sensor MQ-2 dan flame, serta notifikasi melalui Telegram. Sistem ini cukup efektif, namun belum menyertakan sistem pemadaman otomatis secara lengkap. Pradana *et al.* [2] merancang sistem deteksi kebakaran dengan kombinasi sensor asap dan flame menggunakan Arduino Uno serta dilengkapi sprinkler, namun belum terintegrasi penuh dengan platform IoT. Sementara itu, Rahman *et al.* [3] merancang robot pemadam kebakaran berbasis Arduino Mega dan ESP8266 yang dikendalikan jarak jauh melalui aplikasi Blynk, namun desainnya lebih kompleks dan ditujukan untuk ruang terbuka. Penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih sederhana namun efisien dengan menggunakan ESP32-S3 Uno, sebuah mikrokontroler modern yang telah

dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan memiliki performa pemrosesan tinggi. Perangkat ini sangat cocok digunakan dalam aplikasi IoT karena mampu menangani komunikasi data dan pengolahan sensor secara simultan. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan flame sensor untuk deteksi nyala api, buzzer sebagai alarm peringatan, serta relay dan pompa air sebagai mekanisme pemadaman otomatis. Semua proses tersebut dikendalikan dan dimonitor melalui aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat menerima informasi kebakaran secara langsung dalam bentuk notifikasi digital dan melihat status sistem secara real-time.

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis berbasis ESP32-S3 Uno yang dapat bekerja secara mandiri dan memberikan notifikasi kebakaran melalui Blynk. Sistem ini ditujukan untuk ruang tertutup berskala kecil seperti kamar, dapur, gudang rumah, atau ruangan laboratorium, dengan harapan dapat menjadi solusi pencegahan dini kebakaran yang efisien, murah, dan mudah digunakan oleh masyarakat luas.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen rekayasa sistem (*experimental development*), yang memiliki kemiripan pendekatan dengan penelitian, yaitu melalui tahapan sistematis mulai dari perancangan, implementasi, hingga pengujian sistem deteksi kebakaran berbasis Internet of Things (IoT)[9]. Penelitian ini dilakukan dalam lima tahap utama:

1. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap awal ini, dilakukan identifikasi dan analisis terhadap semua kebutuhan fungsional untuk membangun sistem yang diinginkan. Proses ini mencakup penentuan komponen perangkat keras utama seperti mikrokontroler ESP32-S3 Uno sebagai pusat kendali, sensor api (flame sensor) untuk deteksi, buzzer sebagai alarm, relay sebagai saklar otomatis, dan pompa air mini sebagai aktuator

pemadam. Selain itu, kebutuhan perangkat lunak juga diidentifikasi, yaitu penggunaan Arduino IDE untuk pemrograman dan platform Blynk sebagai media monitoring jarak jauh.

2. Desain Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Setelah kebutuhan teridentifikasi, tahap selanjutnya adalah perancangan sistem. Desain perangkat keras mencakup pembuatan skema rangkaian yang menggambarkan bagaimana setiap komponen saling terhubung ke pin-pin mikrokontroler ESP32. Sementara itu, desain perangkat lunak berfokus pada pengembangan alur logika dan penulisan kode program menggunakan Arduino IDE. Kode program ini mengatur cara sistem membaca input dari sensor, mengaktifkan buzzer dan relay sebagai output, serta terhubung ke jaringan Wi-Fi untuk mengirimkan notifikasi ke server Blynk.

3. Integrasi Komponen

Tahap integrasi adalah proses perakitan fisik seluruh komponen perangkat keras menjadi satu prototipe yang utuh. Berdasarkan skema pengkabelan yang telah dirancang sebelumnya, komponen-komponen seperti sensor, buzzer, dan relay dihubungkan ke ESP32-S3 Uno menggunakan kabel jumper dan breadboard. Tujuannya adalah untuk mewujudkan desain menjadi sebuah sistem yang siap untuk diuji fungsinya.

4. Pengujian Sistem Deteksi dan Pemadaman Api

Pada tahap ini, prototipe yang telah dirakit diuji untuk memverifikasi fungsionalitas intinya. Pengujian dilakukan secara spesifik pada kemampuan sistem dalam mendeteksi dan merespons api. Skenario pengujian meliputi pengukuran jarak deteksi efektif sensor api, yang terbukti mampu mendeteksi nyala api secara konsisten dari 10 cm hingga 100 cm. Selain itu, kecepatan respons aktuator (buzzer dan pompa air)

juga diukur, di mana sistem mampu merespons dalam waktu kurang dari 1 detik setelah api terdeteksi.

5. Evaluasi Performa dan Monitoring Melalui Blynk

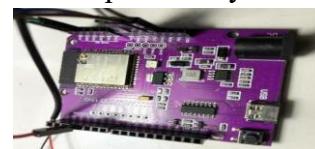
Tahap terakhir adalah evaluasi performa sistem secara menyeluruh, dengan fokus utama pada fitur IoT dan keandalannya. Evaluasi ini menguji keberhasilan sistem dalam mengirimkan notifikasi "API TERDETEKSI" ke aplikasi Blynk di smartphone pengguna, dengan rata-rata waktu pengiriman sekitar 2 detik. Kemampuan sistem untuk pulih (recovery) setelah api padam juga dievaluasi, di mana sistem secara otomatis mematikan pompa dan buzzer lalu mengirimkan status "AMAN" ke dashboard Blynk. Hal ini memastikan sistem dapat bekerja secara mandiri dan dapat diandalkan untuk pemantauan jarak jauh. Pendekatan ini sejalan dengan metode pengembangan sistem berbasis model SDLC *waterfall* seperti yang digunakan oleh Frisca Tri Arumsari *et al.* [9], di mana terdapat tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi (coding), pengujian, dan pemeliharaan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perangkat Keras yang Digunakan

1. ESP32-S3 Uno

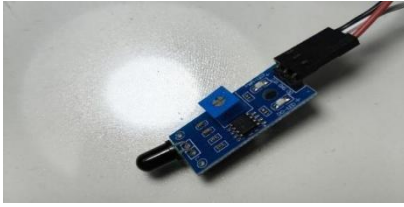
berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengelola input dari sensor, output ke aktuator, serta komunikasi data ke aplikasi Blynk melalui Wi-Fi.



Gambar 2.1 Arduino Uno

2. Sensor Api (Flame Sensor)

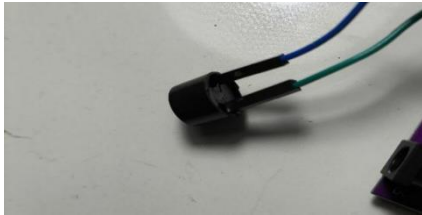
digunakan untuk mendeteksi adanya api berdasarkan radiasi inframerah. Sensor ini akan mengirimkan sinyal digital ke ESP32.



Gambar 1.2

3. Buzzer,

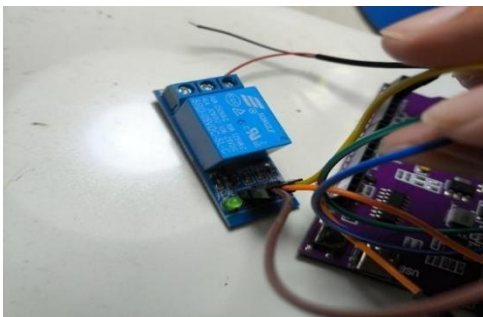
Buzzer adalah sebuah komponen yang memiliki fungsi mengubah arus listrik menjadi suara. Dan pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan speaker. Buzzer akan berbunyi secara otomatis sebagai bentuk notifikasi adanya kebakaran.



Gambar 2.3

4. Relay 5V

Relay adalah salah satu piranti yang beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontaktor guna memindahkan posisi ON ke OFF atau sebaliknya dengan memanfaatkan tenaga listrik. digunakan sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk mengaktifkan pompa air.



Gambar 2.4

5. Pompa Air Mini

berfungsi menyemprotkan air ke area sekitar untuk memadamkan api secara otomatis saat relay aktif pompa ini berdaya 5v.



Gambar 2.5

6. Selang dan Wadah Air

sebagai media fisik untuk menampung dan mengalirkan air dari pompa. Tidak memerlukan koneksi kelistrikan, namun penting dalam penempatan sistem



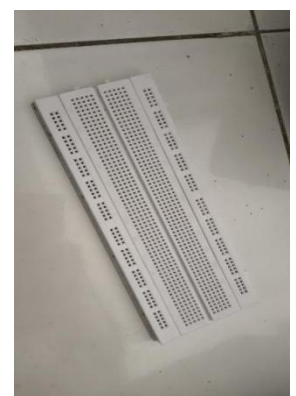
Gambar 2.6

7. Kabel Jumper dan Breadboard

digunakan untuk menyusun dan menghubungkan komponen satu sama lain dalam rangkaian sementara.



Gambar 2.7

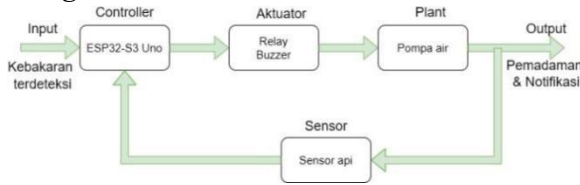


Gambar 2.8

B. Perangkat Lunak yang Digunakan

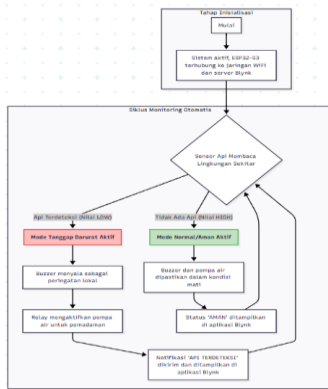
- a) Arduino IDE: Digunakan untuk menulis dan mengunggah program ke ESP32-S3.
- b) Library Tambahan: WiFi.h, BlynkSimpleEsp32.h, dan Blynk Token.
- c) Aplikasi Blynk (Mobile): Digunakan untuk menampilkan data dari sensor api dan mengirimkan notifikasi push ke pengguna saat terdeteksi kebakaran.

C. Diagram Blok Sistem



Gambar 2.9

D. Alur Kerja Sistem



Gambar 2.10

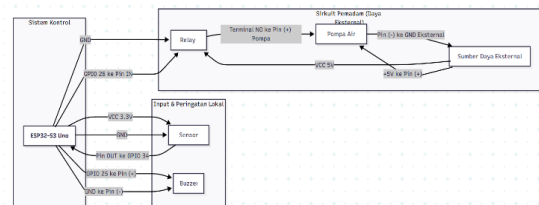
- Sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis ini bekerja secara berurutan dan terintegrasi. Saat sistem dinyalakan, mikrokontroler ESP32-S3 akan terlebih dahulu menghubungkan dirinya ke jaringan Wi-Fi dan melakukan koneksi ke server Blynk. Setelah koneksi berhasil, sistem siap untuk melakukan pemantauan secara real-time terhadap kondisi lingkungan sekitarnya.
- Sensor api (flame sensor) akan secara terus-menerus membaca data di sekitarnya. Apabila terdeteksi adanya nyala api (ditandai dengan nilai digital LOW), maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan buzzer sebagai alarm peringatan lokal. Bersamaan dengan

itu, ESP32 juga akan mengaktifkan relay yang terhubung dengan pompa air, sehingga air disemprotkan ke area sumber api untuk memadamkan kebakaran. Pada saat yang sama, sistem akan mengirimkan notifikasi push ke aplikasi Blynk di smartphone pengguna untuk memberikan peringatan kebakaran. Selain itu, data status sistem seperti keterangan "API TERDETEKSI" akan langsung ditampilkan di dashboard aplikasi Blynk.

- Jika api berhasil dipadamkan dan sensor kembali mendeteksi kondisi normal, maka sistem akan mematikan pompa air dan buzzer secara otomatis. Di aplikasi Blynk, status sistem pun akan berubah menjadi "AMAN" dan pengguna dapat memantau bahwa situasi telah terkendali. Keseluruhan proses ini berlangsung secara otomatis tanpa campur tangan pengguna, namun tetap dapat dimonitor secara jarak jauh melalui konektivitas Internet of Things (IoT) yang menghubungkan perangkat ke aplikasi Blynk.

E. Skema Pengkabelan Dasar

Skema pengkabelan dasar untuk sistem ini terdiri dari beberapa komponen yang dihubungkan ke ESP32-S3 Uno. Berikut adalah penjelasan pengkabelannya:



Gambar 2.11

Diagram ini menunjukkan bagaimana semua komponen elektronik dihubungkan, yang terbagi menjadi dua sirkuit utama: sirkuit kontrol yang bertegangan rendah dan sirkuit pemadam yang menangani daya lebih tinggi. ESP32-S3 Uno adalah otak dari keseluruhan sistem. Papan ini menerima data dari sensor, memrosesnya, dan kemudian

mengirimkan perintah ke komponen output seperti buzzer dan relay.

A. Sirkuit Input dan Peringatan

Sirkuit ini berfungsi untuk mendeteksi api dan memberikan peringatan suara secara langsung.

- Sensor Api (Flame Sensor): Komponen ini mendeteksi keberadaan api. Pin OUT sensor mengirimkan sinyal digital ke GPIO 34 pada ESP32. Sensor ini mendapat daya langsung dari pin 3.3V dan terhubung ke GND pada ESP32.
- Buzzer: Berfungsi sebagai alarm suara. Pin positif (+) buzzer terhubung ke GPIO 25 ESP32, yang akan mengirimkan sinyal untuk menyalakannya. Pin negatif (-) terhubung ke GND.

B. Sirkuit Pemadam (Daya Eksternal)

Sirkuit ini dirancang untuk mengaktifkan pompa air dan sengaja menggunakan sumber daya 5V terpisah (eksternal) agar tidak membebani ESP32.

- Relay 5V: Berperan sebagai saklar otomatis. ESP32 mengontrol saklar ini dengan mengirim sinyal dari GPIO 26 ke pin IN pada relay. Pin VCC dan GND relay terhubung ke sumber daya eksternal 5V dan GND ESP32 untuk menyamakan ground.
- Pompa Air Mini: Pompa ini akan menyemprotkan air. Pin positif (+) pompa terhubung ke terminal NO (*Normally Open*) pada relay. Pin negatif (-) terhubung ke GND dari sumber daya eksternal 5V. Saat ESP32 mengaktifkan relay, terminal NO akan terhubung, sehingga aliran listrik dari sumber eksternal mengalir ke pompa dan menyalakannya.
- Selang + Wadah: Selang dan wadah ditempatkan secara fisik untuk distribusi air, namun tidak memerlukan pengkabelan lebih lanjut karena ini lebih pada pengaturan fisik sistem distribusi air.

Pada tahap ini dilakukan pengujian sistem secara menyeluruh untuk mengetahui kinerja deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis berbasis ESP32-S3 Uno. Pengujian dilakukan berdasarkan empat aspek utama: uji sensor flame, uji respons buzzer dan relay, uji pengiriman notifikasi ke Blynk, serta uji pemulihan sistem setelah api padam.

1. Uji Sensor Flame

Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui sejauh mana flame sensor mampu mendeteksi keberadaan api.

Tabel 1

Jarak Api (cm)	Status Deteksi	Keterangan
10	Terdeteksi	Nyala api langsung terdeteksi
20	Terdeteksi	Sensor merespons cepat
30	Terdeteksi	Tidak ada keterlambatan deteksi
40	Terdeteksi	Sensor masih akurat
50	Terdeteksi	Respon tetap konsisten
60	Terdeteksi	Deteksi tetap stabil
70	Terdeteksi	Sensor tetap sensitif
80	Terdeteksi	Tidak ada penurunan performa
90	Terdeteksi	Respon tetap akurat
100	Terdeteksi	Jarak maksimum tetap terdeteksi baik



Gambar 2.12

Pengujian dilakukan dengan meletakkan sumber nyala api (korek api) pada jarak 10 cm hingga 100 cm dari sensor dengan interval 10 cm. Berikut adalah hasil pengujiannya:

Gambar 2.13

Tabel 3

Berdasarkan tabel di atas, flame sensor mampu mendeteksi nyala api secara konsisten dari jarak 10 cm hingga 100 cm. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitivitas tinggi terhadap sinyal inframerah dari nyala api, membuatnya efektif untuk digunakan di ruangan kecil hingga sedang. Namun, akurasi deteksi masih bisa dipengaruhi oleh arah nyala api, intensitas cahaya ruangan, dan sudut pandang sensor.

2. Uji Respons Buzzer dan Relay

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan respons otomatis ketika api terdeteksi.

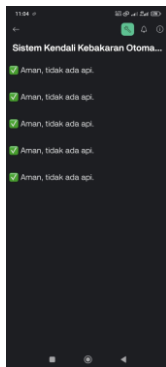
Tabel 2

Skenario	Status Buzzer	Status Pompa Air (via Relay)	Waktu Respon
Api didekatkan ke sensor (jarak 10–100 cm)	Aktif (berbunyi)	Aktif (menyemprotkan air)	< 1 detik
Tidak ada api	Nonaktif	Nonaktif	-

Sistem memberikan respons otomatis yang cepat, yaitu buzzer aktif dalam waktu kurang dari 1 detik setelah sensor mendeteksi api. Relay berhasil mengaktifkan pompa air dan sistem menyemprotkan air dengan stabil. Ini menunjukkan bahwa pengendalian output melalui pin digital pada ESP32 berjalan efektif.

3. Uji Pengiriman Notifikasi ke Aplikasi Blynk

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan notifikasi kebakaran kepada pengguna melalui aplikasi Blynk secara real-time.



Skenario	Status Notifikasi di Aplikasi Blynk	Waktu Pengiriman
Api terdeteksi	"API TERDETEKSI" muncul di aplikasi	± 2 detik
Api tidak terdeteksi / kondisi aman	Tidak ada notifikasi	-

Tabel dan tampilan blynk di atas menunjukkan hasil pengujian pengiriman notifikasi dari ESP32 S3 UnO ke aplikasi Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa saat koneksi *WiFi/data seluler* dalam kondisi normal (ESP32 terhubung ke *WiFi/seluler* dari ponsel yang menggunakan aplikasi Blynk), notifikasi dapat dikirim dengan respon waktu sekitar ± 2 detik setelah sensor mendeteksi api. Namun, ketika ESP32 tidak terhubung ke *WiFi/data seluler* ponsel yang menggunakan Blynk, notifikasi tidak dapat dikirim, sehingga peringatan terhadap bahaya tidak diterima oleh pengguna.

4. Uji Pemulihan Sistem

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat kembali ke kondisi normal/standby setelah api berhasil dipadamkan.

Tabel 4

Skenario	Status Sistem	Status Notifikasi Blynk	Waktu Pemulihan
Setelah api padam	Buzzer & pompa mati	"AMAN" muncul di dashboard	$\pm 2-3$ detik
Tidak ada gangguan sistem aktif	Semua komponen nonaktif	Status tetap "AMAN"	-

Sistem mampu melakukan pemulihan otomatis tanpa campur tangan manual. Deteksi kondisi normal pasca kebakaran dan penghentian output (buzzer dan pompa) menunjukkan bahwa logika sistem pada mikrokontroler berjalan sesuai desain. Hal ini penting untuk menghindari pemborosan daya atau air serta mencegah alarm palsu berkepanjangan.

Secara keseluruhan, sistem menunjukkan performa yang responsif, stabil, dan sesuai dengan spesifikasi yang dirancang. Sensor flame memiliki sensitivitas baik, aktuator bekerja dengan cepat, dan sistem

komunikasi dengan Blynk berjalan lancar. Meskipun sistem sangat efektif untuk ruangan skala kecil, masih ada ruang pengembangan seperti penambahan sensor asap, suhu, serta backup daya untuk mengantisipasi pemadaman listrik saat kebakaran.

5. Tampilan Implementasi Alat



Gambar 2.15

Tampilan alat pemadaman kebakaran otomatis yang ditunjukkan dalam prototipe rumah miniatur di bagian atas (atap dalam) terlihat rangkaian utama sistem elektronik yang terdiri dari berbagai kabel jumper berwarna-warni yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, serta beberapa komponen sensor dan aktuator lainnya. Kabel-kabel ini terhubung rapi melalui breadboard yang diposisikan pada plafon miniatur, memberikan akses langsung terhadap area yang diamankan di bawahnya. Di bagian langit-langit juga tampak terpasang beberapa LED indikator berwarna merah dan komponen kecil lainnya yang kemungkinan merupakan flame sensor atau bagian dari aktuator (seperti pompa air mini atau nozzle).

Desain penempatan ini memungkinkan deteksi api secara langsung di ruang bawah dan pemadaman yang terfokus. Penempatan komponen di bagian atas juga membuat sistem lebih terlindungi dari air dan api secara langsung, sehingga menunjang keamanan dan ketahanan alat selama pengujian. Keseluruhan tampilan menunjukkan rancangan sistem yang ringkas dan terintegrasi dengan baik, cocok untuk simulasi penggunaan di ruang tertutup skala kecil seperti kamar atau laboratorium mini.

6. Pengujian Sistem Pemadam Kebakaran



Gambar 2.16

Pada pengujian sistem pemadam kebakaran otomatis yang dilakukan, maka didapat hasil pengujian seperti:

Tabel 5

Skenario	Status Buzzer	Notif Blynk	Status Pompa Air (via Relay)	Waktu Respon
Api nyala (flame sensor mendeteksi api)	Aktif (berbunyi)	API TERDETEKSI " muncul di aplikasi"	Aktif (menyemprotkan air)	< 1 detik
Tidak ada api	Nonaktif	"AMAN" muncul di dashboard	Nonaktif	-

Gambar dan tabel yang ditampilkan merupakan hasil pengujian dari alat pemadaman kebakaran otomatis berbasis ESP32 yang telah dirancang dan diimplementasikan. Dalam uji coba ini, sistem diuji kemampuannya untuk merespons keberadaan api secara otomatis dengan indikator utama berupa buzzer, pompa air, serta notifikasi real-time melalui aplikasi Blynk.

Keseluruhan hasil pengujian ini menegaskan bahwa sistem mampu bekerja secara mandiri dan cepat dalam mengidentifikasi serta merespons kebakaran, serta memberikan informasi secara real-time kepada pengguna. Ini menjadikannya solusi efektif untuk sistem peringatan dan pemadaman kebakaran skala kecil berbasis Internet of Things (IoT).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi dan pemadaman kebakaran otomatis berbasis ESP32-S3 Uno dengan monitoring jarak jauh melalui aplikasi Blynk telah berhasil dirancang dan

diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu mendeteksi keberadaan api secara otomatis menggunakan flame sensor, memberikan peringatan melalui buzzer, serta mengaktifkan pompa air untuk melakukan pemadaman melalui kendali relay. Selain itu, sistem juga dapat mengirimkan notifikasi kebakaran secara real-time ke smartphone pengguna melalui aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh tanpa harus berada di lokasi secara langsung.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem menunjukkan kinerja yang responsif terhadap nyala api dalam rentang jarak 10 hingga 100 cm, dengan aktivasi otomatis pada buzzer dan pompa air begitu api terdeteksi. Notifikasi juga berhasil dikirim secara tepat waktu setiap kali terjadi deteksi kebakaran, dan sistem dapat kembali ke kondisi normal serta menampilkan status "AMAN" setelah api berhasil dipadamkan.

Keunggulan sistem ini terletak pada integrasi teknologi IoT yang memungkinkan pemantauan jarak jauh, biaya pengembangan yang relatif murah, serta kemudahan instalasi dan operasional. Keefektifan sistem ini dibuktikan melalui hasil pengujian, di mana flame sensor mampu mendeteksi api dari jarak 10 hingga 100 cm secara konsisten, aktuator (buzzer dan pompa air) merespons dalam waktu kurang dari 1 detik, serta notifikasi "API TERDETEKSI" berhasil dikirimkan ke aplikasi Blynk dalam waktu ± 2 detik (lihat Lampiran Pengujian). Hal ini menjadikan sistem ini solusi efektif untuk ruang tertutup berskala kecil seperti rumah, kantor, atau laboratorium.

Meski demikian, sistem ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketergantungan

terhadap koneksi Wi-Fi dan cakupan deteksi yang terbatas hanya pada api (tanpa deteksi asap atau suhu). Untuk pengembangan lebih lanjut, sistem ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan sensor gas atau suhu, sistem cadangan daya, serta integrasi ke sistem keamanan rumah yang lebih canggih.

REFERENSI

- [1] Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) DKI Jakarta, "Rekapitulasi Data Kebakaran & Penyelamatan DKI Jakarta Tahun 2022," *Data Jakarta*, Jan. 2023. [Daring]. Tersedia: <https://satudata.jakarta.go.id/>.
- [2] M. V. Gultom and I. S. Putro, "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis IoT dengan Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 13, no. 2, pp. 467–473, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6236.
- [3] A. U. Khasanah, N. Azizah, N. Ilmah, T. Bahtiar, Riswira, and A. A. Putri, "Perancangan Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan ESP32 dengan Notifikasi Blynk," *Journal of Electrical Engineering (Joule)*, vol. 5, no. 2, pp. 46–52, 2024.
- [4] M. N. Fachry, H. S. Syah, and Sungkono, "Rancang Bangun Sistem Pemadam Kebakaran Berbasis Internet of Things," *E-Link: Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 16, no. 2, pp. 65–74, 2021.
- [5] E. Pradana, H. D. M. Amin, and W. W. Pamungkas, "Prototipe Pemadaman Kebakaran dengan Arduino Uno," *Jurnal Penerapan Ilmu-Ilmu Komputer (JUPITER)*, vol. 9, no. 1, pp. 1–13, 2023.
- [6] R. K. Rahman, Siswoyo, and A. R. Al Tahtawi, "Rancang Bangun Model Robot Pemadam Api Berbasis Mikrokontroler dan IoT," *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, vol. 16, no. 2, pp. 325–330, 2023.
- [7] N. Hoesen, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas dan Api Berbasis Arduino Uno dengan MQ-2 Sederhana," *Jurnal Esensi Infokom*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2021.
- [8] Rahmayanti, "Prototipe Sistem Deteksi Kebakaran dengan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT)," Skripsi tidak dipublikasikan, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2023.
- [9] F. T. Arumsari, J. Maulindar, and A. I. Pradana, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things," *INFOTECH Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 175–182, 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.5317.
- [10] B. Kusumo and T. Ardiansyah, "Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 48–68, 2024.
- [11] I. M. M. Al Hasani, S. I. A. Kazmi, R. A. Shah, R. Hasan, and S. Hussain, "IoT-based Fire Alerting Smart System," *Sir Syed University Research Journal of Engineering & Technology*, vol. 12, no. 2, pp. 46–50, 2022.
- [12] E. Setyawan, U. Chotijah, and H. D. Bhakti, "Implementasi Pemadam Kebakaran Otomatis pada Ruangan Menggunakan Pendeteksi Asap Suhu Ruangan dan Sensor Api Berbasis ESP32 dengan Metode Fuzzy Sugeno dan Internet of Things (IoT)," *INDEXIA: Informatic and Computational Intelligent Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2021.