

## Perancangan dan Implementasi Sistem Peringatan Dini Kebakaran Secara Realtime Berbasis IoT

Wawan Firgiawan<sup>\*1</sup>, Fahmi Rustan<sup>2</sup>, Purnama<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sulawesi Barat

E-mail: <sup>1\*</sup>wawanfirgiawan@unsulbar.ac.id, <sup>2</sup>muhfahmi@unsulbar.ac.id,

<sup>3</sup>Purnama12@gmail.com

### Abstrak

Kebakaran merupakan bencana yang sering terjadi dan dapat menimbulkan kerugian besar, baik secara materiil maupun korban jiwa, terutama jika tidak terdeteksi sejak dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu memberikan peringatan secara real-time kepada pengguna. Sistem ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, yang diintegrasikan dengan sensor api KY-026 untuk mendeteksi nyala api, serta sensor MQ-2 untuk mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya. Sebagai media notifikasi, sistem ini memanfaatkan platform Telegram Bot API untuk mengirimkan pesan otomatis langsung ke perangkat pengguna. Metode yang digunakan adalah pengembangan sistem berbasis prototipe dengan pendekatan black-box testing, yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internalnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi nyala api secara akurat hingga jarak 212 cm dan mendeteksi asap dalam berbagai skenario pengujian dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Pengiriman notifikasi melalui Telegram juga berjalan dengan baik, dengan rata-rata waktu respons kurang dari 3 detik. Berdasarkan hasil tersebut, sistem ini dinilai efektif, responsif, dan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai solusi alternatif dalam meningkatkan kesiapsiagaan dan respons dini terhadap bahaya kebakaran di berbagai lingkungan.

**Kata kunci**—Kebakaran, Internet of Things (IoT), Keamanan.

### Abstract

Fires are disasters that frequently occur and can result in significant losses, both materially and in terms of human casualties, especially when not detected early. This study aims to develop a fire detection system based on the Internet of Things (IoT) that is capable of providing real-time alerts to users. The system utilizes the NodeMCU ESP8266 as the main microcontroller, integrated with a KY-026 flame sensor to detect the presence of fire and an MQ-2 sensor to detect smoke or hazardous gases. For notification purposes, the system employs the Telegram Bot API platform to automatically send messages directly to the user's device. The development method used is a prototype-based approach with black-box testing, focusing on functional system testing without evaluating its internal structure. Test results indicate that the system can accurately detect flames up to a distance of 212 cm and successfully detect smoke in various testing scenarios. Notifications were consistently delivered through Telegram with an average response time of less than 3 seconds. Based on these results, the system is considered effective, responsive, and has the potential to be implemented as an alternative solution for enhancing early warning and preparedness against fire hazards in various environments.

**Keywords**— Fire, Internet of Things (IoT), Security.

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan salah satu tragedi yang tidak dapat diprediksi dan sering kali terjadi secara tiba-tiba, serta sulit dikendalikan apabila api telah membesar. Peristiwa ini menimbulkan dampak yang signifikan, baik dari sisi kerugian material maupun korban jiwa, khususnya ketika terjadi di lingkungan padat penduduk. Dalam konteks kebencanaan, kebakaran diklasifikasikan sebagai salah satu bentuk bencana yang disebabkan oleh faktor non-alam maupun kelalaian manusia. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007, bencana didefinisikan sebagai peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat, yang mengakibatkan korban jiwa, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis [1].

Faktor penyebab kebakaran sangat beragam, mulai dari korsleting listrik, kebocoran gas, puntung rokok, lilin yang ditinggal menyala, hingga kelalaian manusia dalam penggunaan alat-alat yang berpotensi menimbulkan api [2]. Di lingkungan domestik, salah satu pemicu paling umum adalah kelalaian pengguna dalam mematikan kompor atau lilin, sementara di sektor industri, risiko lebih sering muncul dari kesalahan sistem kelistrikan atau bahan kimia mudah terbakar. Kondisi ini diperparah dengan lambatnya respons masyarakat dalam menangani kebakaran akibat kurangnya pemahaman terhadap langkah-langkah darurat dan keterbatasan sistem deteksi dini yang tersedia secara luas. Berdasarkan hasil analisis kebakaran yang dilakukan oleh Putra dan Putra [3], sebagian besar kerugian besar terjadi karena keterlambatan dalam deteksi dini dan proses evakuasi saat kebakaran berlangsung.

Di Indonesia, banyak kasus kebakaran terjadi di area permukiman padat atau kawasan industri yang sulit dijangkau oleh kendaraan pemadam kebakaran karena kondisi akses jalan yang sempit, tidak beraspal, atau dipenuhi oleh bangunan liar. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi tim penyelamat, karena waktu respons sangat menentukan keberhasilan dalam memadamkan api dan menyelamatkan korban. Situasi ini menekankan pentingnya keberadaan sistem peringatan dini yang dapat mendeteksi keberadaan api atau asap sejak awal, dan menginformasikan pengguna secara otomatis serta instan [4].

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, khususnya di bidang *Internet of Things* (IoT), telah membuka peluang besar dalam membangun sistem pemantauan dan peringatan bencana yang bersifat otomatis, cepat, hemat daya, dan dapat diakses dari jarak jauh. IoT memungkinkan pengumpulan data dari berbagai sensor yang tersebar, kemudian dikirimkan melalui jaringan internet ke sistem pusat atau langsung ke perangkat pengguna. Dalam konteks sistem deteksi kebakaran, IoT memungkinkan integrasi antara sensor api, sensor asap, dan mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU dengan platform komunikasi berbasis *cloud* atau aplikasi mobile seperti Telegram [5][6].

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan adalah penggunaan Telegram Bot API sebagai media pengiriman notifikasi karena memiliki sifat ringan, dapat dikustomisasi, serta mendukung pengiriman pesan otomatis secara *real-time*. Dengan menggabungkan sensor fisik (seperti KY-026 dan MQ-2) dengan kemampuan notifikasi Telegram, sistem dapat memberikan peringatan dini yang cepat dan efisien tanpa memerlukan interaksi manual dari pengguna. Hal ini penting dalam situasi darurat, di mana setiap detik sangat berharga [7].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT dengan fokus pada aspek teknis, seperti akurasi sensor, efisiensi pengiriman pesan, dan penghematan energi. Zidifaldi et al. [5] dan Imamuddin dan Zulwisli [6] telah mengusulkan desain sistem sederhana menggunakan Arduino dan NodeMCU yang dihubungkan dengan sensor suhu dan api. Namun, sebagian besar masih memiliki keterbatasan dalam hal integrasi komunikasi lintas platform, adaptasi terhadap kondisi lingkungan nyata, dan kecepatan respons sistem secara menyeluruh dalam skenario simulasi maupun aktual.

Secara global, penggunaan sistem otomatis berbasis IoT untuk deteksi kebakaran telah mendapatkan perhatian luas. Chen et al. [8] dalam penelitiannya menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT memiliki keunggulan dibanding sistem konvensional karena bersifat modular, dapat diperluas, dan mendukung integrasi multi-sensor [10]. Selain itu, teknologi ini juga mendukung pengiriman data ke *cloud* untuk dianalisis lebih lanjut, baik untuk evaluasi kinerja sistem maupun pengambilan kebijakan mitigasi bencana.

Melalui tantangan dan peluang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT dengan menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor api KY-026, dan sensor gas MQ-2. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi dini kepada pengguna melalui notifikasi *real-time* yang dikirim melalui Telegram [11]. Tidak hanya itu, sistem ini juga dirancang untuk mengirimkan lokasi kejadian secara otomatis, yang dapat membantu mempercepat pelaporan kepada tim penyelamat atau pemadam kebakaran.

Untuk menjamin bahwa sistem bekerja sesuai fungsi, penelitian ini menggunakan pendekatan pengujian *black-box*, yaitu pengujian berbasis fungsi tanpa melihat struktur internal sistem. Dengan pendekatan ini, efektivitas sistem dalam merespons kondisi bahaya dapat diuji secara menyeluruh dari sudut pandang pengguna. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan respons yang cepat dan akurat dalam mendeteksi kondisi kebakaran, serta dapat diimplementasikan sebagai solusi alternatif dalam meningkatkan kesiapsiagaan dan mitigasi kebakaran, khususnya di area berisiko tinggi seperti perumahan padat, laboratorium, maupun ruang penyimpanan bahan mudah terbakar.

## 2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem berbasis prototipe, dengan pendekatan *black-box testing* sebagai teknik pengujiannya. Metode ini digunakan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) yang nantinya akan memberikan notifikasi via telegram, kemudian menguji fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal kodenya.

### 2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen yang bertujuan untuk melihat hubungan sebab akibat antara variabel-variabel yang terlibat. Metode ini bersifat eksperimental dan merupakan alat yang langsung diuji setelah perancangan sistem [5]. Penelitian eksperimental adalah kegiatan penelitian yang bertujuan untuk menilai pengaruh perlakuan atau tindakan dibandingkan dengan tindakan lain. Penelitian ini dilakukan secara sistematis, logis, dan teliti dalam melakukan kontrol terhadap kondisi yang ada. Komponen alat pada sistem ini memiliki karakteristik berbeda yang saling berhubungan untuk mengamati efek-efek yang terjadi pada beberapa kondisi [6].

### 2.2 Analisis Kebutuhan

Dalam proses perancangan sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT, penulis menggunakan beberapa alat dan bahan, yaitu :

#### 2.2.1 Perangkat Keras (Hardware)

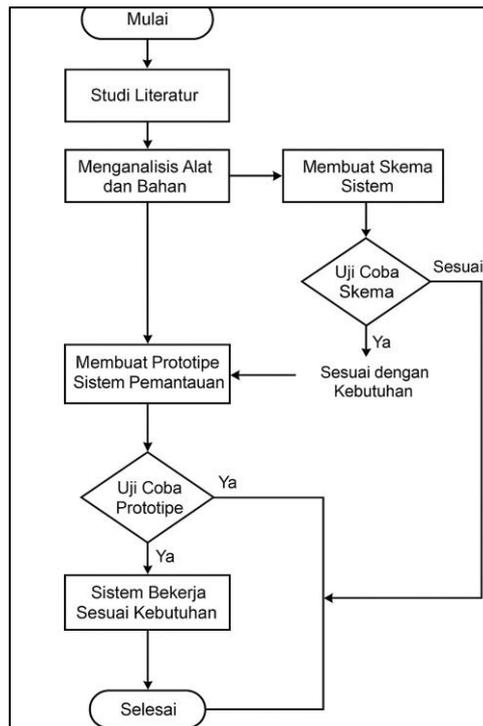
- 1) Laptop/PC (Personal Computer)
- 2) NodeMCU ESP8266
- 3) Sensor Api / flame sensor
- 4) Sensor MQ2
- 5) Buzzer
- 6) Kabel Jumper

### 2.2.2 Perangkat Lunak (Software)

- 1) Sistem operasi windows 10
- 2) Arduino IDE
- 3) Aplikasi Telegram

### 2.3 Jenis Penelitian

Model pengembangan sistem yang digunakan adalah Prototype. Pendekatan pembuatan sistem yang digunakan untuk penelitian ini memiliki banyak tahapan dan disusun secara terstruktur. Desain penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Alur Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur kerja pengembangan sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pendekatan *prototyping*. Berikut adalah uraian setiap tahapannya:

- 1) **Mulai:** Tahapan awal yang menandai dimulainya proses penelitian dan pengembangan sistem.
- 2) **Studi Literatur:** Dilakukan untuk mengumpulkan referensi dan informasi teoritis terkait sistem deteksi kebakaran, teknologi IoT, sensor api dan asap, serta platform notifikasi seperti Telegram.
- 3) **Menganalisis Alat dan Bahan:** Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan perangkat keras (NodeMCU, sensor api, sensor asap, buzzer) dan perangkat lunak (Arduino IDE, Telegram API), serta skema koneksi dan komunikasi data.
- 4) **Membuat Skema Sistem:** Merancang diagram dan alur logika sistem, termasuk hubungan antar komponen sensor, NodeMCU, output buzzer, dan notifikasi Telegram.
- 5) **Uji Coba Skema:** Skema diuji secara simulatif untuk memastikan bahwa desain logika dan hubungan antar komponen sesuai dengan kebutuhan fungsional sistem.
- 6) **Evaluasi Skema:** Jika skema belum sesuai, maka dilakukan revisi dan kembali ke tahap “Membuat Skema Sistem”. Jika skema sesuai, lanjut ke tahap berikutnya.

- 7) **Membuat Prototipe Sistem Pemantauan:** Merakit perangkat keras berdasarkan skema yang telah divalidasi, serta mengintegrasikan program mikrokontroler ke dalam sistem.
- 8) **Uji Coba Prototipe:** Dilakukan pengujian fungsional secara menyeluruh untuk memastikan seluruh komponen bekerja sesuai dengan skenario deteksi (asap dan api).
- 9) **Evaluasi Prototipe:** Jika sistem belum berjalan sesuai kebutuhan, maka dilakukan perbaikan dan pengulangan uji. Jika sistem bekerja sesuai kebutuhan, maka masuk ke tahap akhir.
- 10) **Sistem Bekerja Sesuai Kebutuhan:** Sistem dianggap berhasil jika dapat mendeteksi asap dan api, mengaktifkan buzzer, serta mengirimkan notifikasi ke aplikasi Telegram secara *real-time*.
- 11) **Selesai:** Menandakan bahwa sistem selesai dikembangkan dan siap digunakan atau diuji lebih lanjut secara operasional.

## 2.4 Teknik Pengumpulan dan Pengolahan Data

### 2.4.1 Teknik Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari proses pengujian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif, yaitu:

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan:

- 1) **Studi Literatur**  
Pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, artikel teknis, dan dokumentasi resmi terkait sistem deteksi kebakaran, *Internet of Things* (IoT), sensor MQ-2 dan flame sensor, serta penggunaan Telegram Bot API sebagai platform notifikasi.
- 2) **Observasi dan Pengujian Langsung (Eksperimen Fungsional)**  
Data primer dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap sistem prototipe yang telah dikembangkan. Pengujian dilakukan dengan mensimulasikan kondisi bahaya (api dan asap) dan mencatat respons sistem, termasuk bunyi buzzer dan notifikasi Telegram.

### 2.4.2 Teknik Pengolahan Data

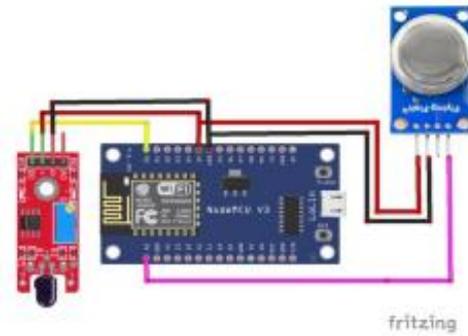
Sistem dievaluasi berdasarkan data pengujian. Validasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian dengan tujuan awal penelitian. Jika terdapat ketidaksesuaian, dilakukan perbaikan dan pengujian ulang hingga sistem berfungsi sesuai dengan harapan. Data yang diperoleh dari proses pengujian dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif, yaitu:

- 1) **Akumulasi Deteksi**  
Jumlah keberhasilan sistem dalam mendeteksi asap dan/atau api dibandingkan dengan jumlah pengujian.
- 2) **Kinerja Sistem secara Keseluruhan**  
Diukur berdasarkan stabilitas sistem dalam pengujian berulang, tingkat pengiriman notifikasi yang sukses, dan efektivitas bunyi buzzer sebagai peringatan lokal.

## 2.5 Tahapan Penelitian

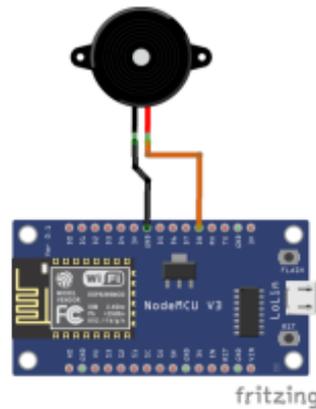
### 2.5.1 Perancangan Perangkat IoT

Perancangan sistem meliputi desain hardware dan software. Pada tahap ini, dilakukan pemilihan komponen dan penyusunan skema rangkaian. Desain software mencakup pengembangan kode program untuk NodeMCU, yang bertanggung jawab untuk membaca data dari sensor, mengolahnya, dan mengirimkan notifikasi melalui Telegram.



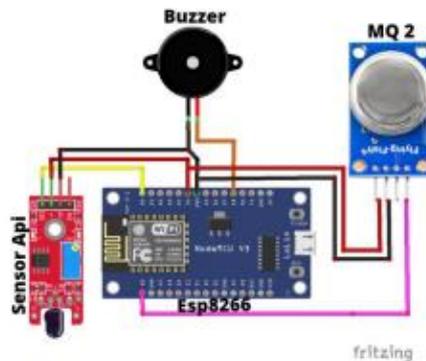
Gambar 2 Perancangan Perangkat Input

Gambar 2 menjelaskan terkait perangkat yang digunakan pada penelitian ini, yaitu terdiri dari sensor api KY-026, yang menghasilkan sinyal output saat mendeteksi nyala api. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas yang dihasilkan oleh kebakaran, seperti hydrogen, metana, karbon monoksida, dan gas-gas lainnya.



Gambar 3 Perancangan Perangkat Output

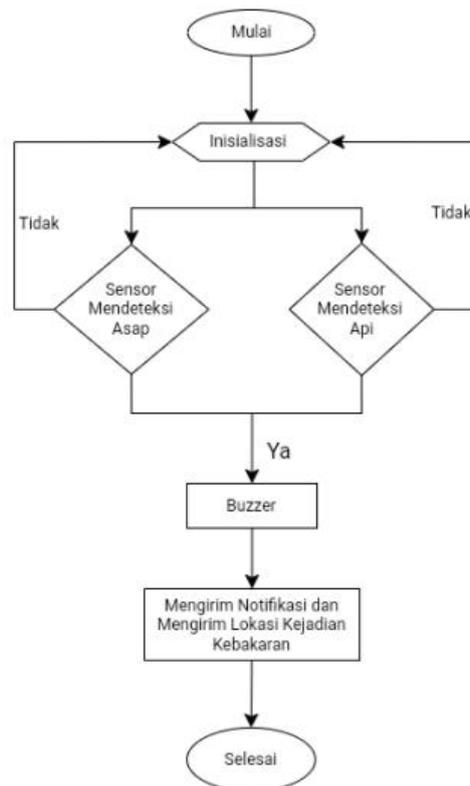
Sistem ini dibuat dalam bentuk prototype dimana jika sensor api mendeteksi adanya api maka NodeMCU akan mengirimkan notifikasi ke telegram dan buzzer akan berbunyi. Begitupun dengan sensor mq-2 ketika sensor mendeteksi adanya asap maka NodeMCU akan mengirimkan notifikasi ke telegram dan buzzer akan berbunyi. NodeMCU juga akan mengirimkan lokasi ke pengguna.



Gambar 4 Rancangan Keseluruhan Perangkat

### 2.5.2 Cara Kerja Sistem

Flowchart adalah diagram dengan simbol-simbol tertentu yang menggambarkan urutan dan hubungan proses secara detail dalam suatu program. Pada sistem *Realtime Notification* untuk Deteksi Kebakaran Berbasis *Internet of Things* (IoT), flowchart ini dibuat menggunakan Arduino IDE dan digunakan sebagai acuan proses pemrograman. Alur kerja program digambarkan dalam *flowchart* di bawah ini, yang memberikan gambaran dari program yang akan dibuat. Berikut adalah flowchart yang digunakan:

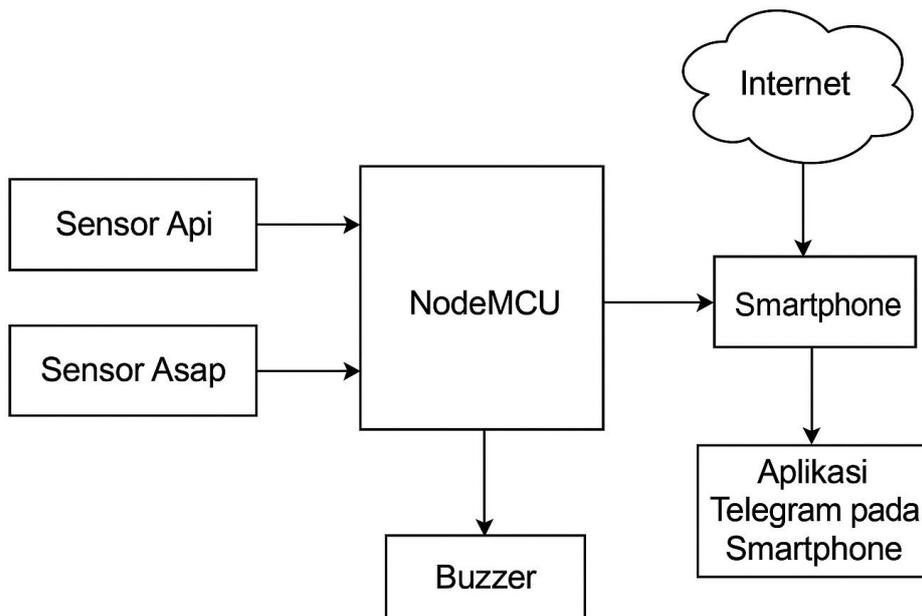


Gambar 5 Flowchart Sistem

Gambar 5 menjelaskan proses dalam sistem deteksi kebakaran yang dimulai dengan inisialisasi. Setelah inisialisasi, sensor asap dan sensor api mendeteksi kadar asap dan keberadaan api. Jika terdeteksi api atau asap, sistem memeriksa apakah tingkat asap mencapai ambang batas berbahaya atau tidak sesuai standar keselamatan. Jika ambang batas terlampaui, buzzer akan berbunyi untuk memberi notifikasi kepada pengguna. Selain itu, sistem akan mengirimkan notifikasi ke Telegram melalui aplikasi Telegram *Bot API*, yang berisi informasi tentang kadar asap dan keberadaan api.

### 2.5.3 Blok Diagram

Blok diagram sistem merupakan representasi visual dari arsitektur sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang dalam penelitian ini. Diagram ini menunjukkan hubungan antar komponen serta alur data dari sensor hingga ke notifikasi pengguna.



Gambar 6 Blok Diagram Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis IoT

Blok diagram pada Gambar 6 menunjukkan alur data dalam sistem deteksi kebakaran. Sensor api dan asap mendeteksi bahaya kebakaran, lalu data dikirim melalui NodeMCU. Jika bahaya terdeteksi, *buzzer* berbunyi sebagai peringatan visual, dan notifikasi dikirim via Telegram untuk respons cepat dari pengguna. Blok diagram terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terhubung, dengan penjelasan sebagai berikut:

- 1) Sensor Api (Flame Sensor)  
Berfungsi untuk mendeteksi adanya sumber panas atau nyala api dalam jangkauan sensor. Ketika mendeteksi nyala api, sensor akan mengirimkan sinyal logika ke mikrokontroler (NodeMCU).
- 2) Sensor Asap (MQ-2)  
Digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap atau gas berbahaya seperti LPG, CO, dan lainnya. Sensor ini memberikan nilai analog yang mencerminkan konsentrasi gas di udara. Data ini kemudian diproses oleh mikrokontroler.
- 3) NodeMCU ESP8266  
Berperan sebagai pusat pengendali sistem. Mikrokontroler ini menerima data dari flame sensor dan sensor MQ-2, memproses data tersebut, dan menentukan apakah kondisi bahaya telah terjadi. Jika terdeteksi kondisi berbahaya, NodeMCU akan mengaktifkan buzzer dan mengirimkan notifikasi melalui jaringan Wi-Fi.
- 4) Buzzer  
Berfungsi sebagai alarm lokal. Ketika api atau asap terdeteksi, buzzer akan berbunyi untuk memperingatkan pengguna secara langsung di lokasi.
- 5) Wi-Fi Module (terintegrasi dalam NodeMCU)  
Digunakan untuk mengirim data ke internet. NodeMCU memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk mengakses Telegram Bot API.
- 6) Telegram Bot API  
Merupakan *platform* perantara yang digunakan untuk mengirim pesan secara otomatis dari sistem ke aplikasi Telegram pengguna. NodeMCU akan mengirim pesan notifikasi berisi informasi bahwa api atau asap telah terdeteksi.

#### 7) Smartphone (Aplikasi Telegram)

Berfungsi sebagai media penerima notifikasi. Pengguna akan menerima peringatan secara *real-time* jika terjadi indikasi kebakaran melalui pesan otomatis dari sistem.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil diimplementasikan dengan menggunakan komponen utama berupa sensor api KY-026, sensor asap MQ-2, NodeMCU ESP8266, buzzer, dan aplikasi Telegram. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi adanya api melalui pancaran radiasi inframerah dan mendeteksi asap melalui partikel gas yang teridentifikasi oleh sensor MQ-2. Seluruh proses dikendalikan oleh NodeMCU, yang bertugas memproses sinyal dari sensor, mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal, dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* ke pengguna melalui Telegram ketika terjadi indikasi kebakaran.

Perancangan perangkat keras mencakup penggabungan komponen-komponen tersebut ke dalam satu sistem terintegrasi. Komponen dihubungkan melalui *breadboard* dan kabel jumper, dengan NodeMCU sebagai pusat kendali. Buzzer akan aktif ketika salah satu sensor mendeteksi nilai di atas ambang batas, dan pada saat yang sama, sistem akan mengirimkan notifikasi berupa pesan teks yang menyebutkan jenis bahaya (api atau asap) ke aplikasi Telegram pengguna. Gambar berikut menunjukkan hasil perancangan perangkat keras sistem.



Gambar 7 Prototype Hasil Perancangan Perangkat Keras

Adapun komponen sistem yang ditampilkan pada gambar tersebut meliputi:

- 1) Sensor Api (KY-026): Mendeteksi nyala api dari jarak  $\leq 230$  cm.
- 2) Sensor Asap (MQ-2): Mendeteksi konsentrasi gas atau asap dengan sensitivitas minimal 200 ppm.
- 3) Buzzer: Memberikan alarm audio lokal ketika bahaya terdeteksi.
- 4) Breadboard dan Kabel Jumper: Menyediakan konektivitas antar komponen.
- 5) NodeMCU: Mengontrol alur logika dan komunikasi data.
- 6) Smartphone: Menerima notifikasi melalui Telegram Bot API.

#### 3.1 Pengujian Sensor api

Pada tahap pengujian sensor api, dilakukan simulasi dengan menggunakan dua lilin sebagai sumber api. Pengujian ini dilakukan dalam dua kondisi pencahayaan, yakni saat lampu ruangan menyala dan saat lampu mati, dengan variasi jarak dari sensor. Hasil menunjukkan bahwa sensor api dapat mendeteksi nyala api secara akurat hingga jarak 212 cm. Namun, pada jarak 213 cm, baik dalam kondisi lampu menyala maupun mati, sensor gagal mendeteksi api. Hal ini mengindikasikan bahwa sensor KY-026 memiliki batas efektif deteksi sekitar 2 meter dalam kondisi optimal.



Gambar 8 Pengujian Sensor Api

Pengujian sensor api dilakukan sebanyak 12 kali. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor Api pada Kondisi Ruangan Lampu Nyala

No.	Jarak	Indikator Sensor	Buzzer	Notifikasi Telegram
1	50 cm	On	On	Terdeteksi Api
2	100 cm	On	On	Terdeteksi Api
3	150 cm	On	On	Terdeteksi Api
4	200 cm	On	On	Terdeteksi Api
5	212 cm	On	On	Terdeteksi Api
6	213 cm	Off	Off	(Tidak Ada)

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Api pada Kondisi Ruangan Lampu Mati

No.	Jarak	Indikator Sensor	Buzzer	Notifikasi Telegram
1	50 cm	On	On	Terdeteksi Api
2	100 cm	On	On	Terdeteksi Api
3	150 cm	On	On	Terdeteksi Api
4	200 cm	On	On	Terdeteksi Api
5	212 cm	On	On	Terdeteksi Api
6	213 cm	Off	Off	(Tidak Ada)

Secara keseluruhan, sensor api menunjukkan performa yang baik dan responsif dalam mendeteksi keberadaan nyala api. Sensor KY-026 mampu merespons pancaran radiasi inframerah dari sumber api dengan cepat, bahkan ketika digunakan pada sumber api berskala

kecil seperti nyala lilin. Respons sensor terjadi hampir seketika saat api berada dalam jarak efektif, yaitu antara 50 cm hingga 212 cm.

Kondisi pencahayaan ruangan, baik terang maupun gelap, diketahui sedikit memengaruhi sensitivitas sensor, namun tidak sampai mengganggu fungsionalitas utamanya dalam rentang deteksi tersebut. Pada kondisi lampu ruangan menyala, terdapat kemungkinan terjadinya interferensi sinyal cahaya eksternal yang dapat menurunkan sensitivitas deteksi terhadap api kecil, tetapi tidak secara signifikan. Sebaliknya, pada kondisi lampu mati, sensor tampak sedikit lebih sensitif karena cahaya inframerah dari api lebih kontras terhadap lingkungan gelap.

Namun demikian, saat diuji pada jarak 213 cm, sensor tidak lagi memberikan sinyal deteksi, baik dalam kondisi lampu menyala maupun mati. Ini menunjukkan bahwa jarak deteksi maksimal sensor berada pada ambang batas sekitar 212 cm dalam kondisi optimal. Setelah melewati jarak ini, penurunan akurasi menjadi signifikan dan sinyal inframerah dari api tidak lagi cukup kuat untuk dikenali oleh sensor. Hal ini menegaskan pentingnya penempatan sensor pada posisi strategis dan dalam jarak yang sesuai untuk memastikan efektivitas sistem dalam deteksi dini kebakaran.

Temuan ini juga mengindikasikan bahwa untuk ruang berskala besar atau memiliki hambatan visual, diperlukan strategi penempatan multi-sensor atau penggunaan sensor inframerah dengan sensitivitas lebih tinggi untuk meningkatkan cakupan dan efektivitas sistem. Maka dari itu, hasil ini menjadi masukan penting dalam desain sistem deteksi kebakaran berbasis IoT untuk skala aplikasi yang lebih luas.

### 3.2 Pengujian Sensor Mq-2

Pengujian sensor MQ-2 bertujuan untuk memastikan kinerjanya dalam mendeteksi keberadaan asap. Sensor ini agak lambat dalam mengirimkan data dan memerlukan asap untuk masuk ke dalam tabung sensor agar terdeteksi. Pada pengujian ini, asap dibuat dengan membakar kertas dan sensor MQ-2 didekatkan ke sumber asap. Setelah beberapa detik, sensor mendeteksi keberadaan asap. Sensor akan mendeteksi asap jika kadar asap mencapai minimal 200 ppm (*part per million*).



Gambar 9 Pengujian sensor MQ-2

Adapun hasil pengujian sensor asap pada penelitian ini dilakukan dengan penggunaan sensor MQ-2 yang dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor MQ-2

No.	Jarak	Indikator Sensor	Buzzer	Notifikasi Telegram
1	190 cm	Off	Off	(Tidak Ada)
2	227 cm	On	On	Terdeteksi Api
3	337 cm	On	On	Terdeteksi Api
4	320 cm	On	On	Terdeteksi Api
5	310 cm	On	On	Terdeteksi Api

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 3, dapat disimpulkan bahwa sensor asap berhasil dan sensor mampu mendeteksi keberadaan asap. Keberhasilan pengujian ini menunjukkan bahwa sensor asap dapat diandalkan dalam mendeteksi dan memberikan peringatan dini terhadap keberadaan asap, yang merupakan faktor penting dalam menjaga keamanan dan mencegah risiko kebakaran.

### 3.3 Pengujian Bot Telegram

Setelah melakukan pengujian pada sistem yang telah dibuat, dilakukan eksperimen awal untuk menghubungkan ke *Bot Telegram*. Pengujian *Bot Telegram* bertujuan untuk memverifikasi bahwa bot berfungsi dengan baik dan dapat memberikan notifikasi kepada pengguna saat terdeteksi adanya kebakaran. Berikut adalah gambar yang menunjukkan hasil dari pengujian yang dilakukan.



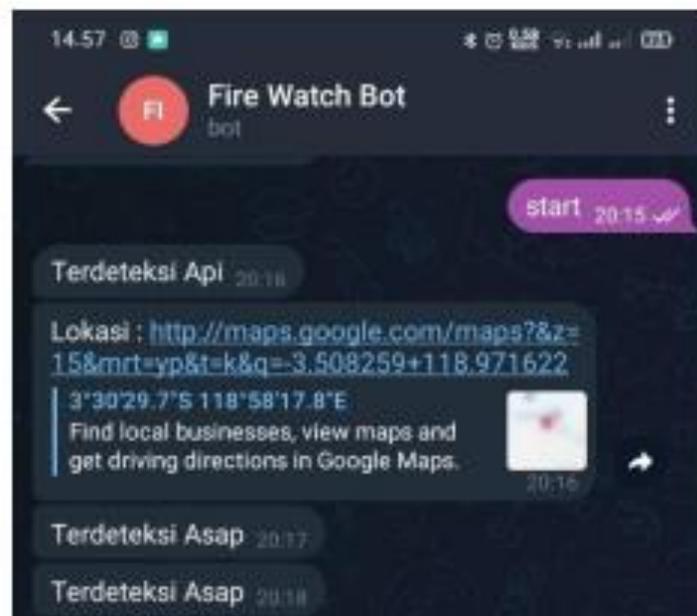
Gambar 10 Output Telegram Terdeteksi Asap

Pengujian bot Telegram dimulai dengan memeriksa koneksi antara bot dan sistem yang terhubung. Setelah koneksi terhubung, pengujian dilanjutkan dengan menciptakan asap menggunakan kertas yang dibakar, lalu mendekatkan sensor asap ke sumber asap tersebut. Hasil yang diharapkan adalah terdengarnya bunyi dari buzzer dan penerimaan notifikasi melalui Telegram. Dari pengujian ini, disimpulkan bahwa sistem berhasil mendeteksi asap berbahaya dan memberikan notifikasi yang tepat melalui Telegram.



Gambar 10 Output Telegram Terdeteksi Api

Pengujian dilakukan dengan membakar lilin sebagai sumber api, hasil yang diinginkan adalah buzzer berbunyi dan penerimaan notifikasi melalui telegram. Dari pengujian ini, dapat disimpulkan sistem berhasil mendeteksi api dan memberikan notifikasi yang tepat melalui Telegram.



Gambar 10 Output Telegram Terdeteksi Api dan Asap

Berdasarkan hasil pengujian bot telegram pada gambar 10, dapat disimpulkan bahwa bot ini efektif dalam mengirimkan notifikasi setelah mendeteksi adanya api dan asap. Selama pengujian, alarm berbunyi dan notifikasi diterima melalui telegram sesuai dengan harapan.

Selain itu, bot juga mampu memberikan informasi tentang lokasi yang terdeteksi. Hal ini membantu pengguna untuk mengambil tindakan yang cepat dan tepat dalam situasi darurat.

### 3.4 Pengujian BlackBox Sistem

Pengujian *blackbox* merupakan metode pengujian yang digunakan untuk menguji fungsionalitas suatu sistem. Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi apakah perangkat lunak dan perangkat keras bekerja sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang telah ditentukan.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Black Box*

Kasus Uji	Deskripsi Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Keterangan
Deteksi Api	Mengaktifkan sensor api dan memastikan sistem dapat mendeteksi api	Indikator sensor menyala dan status pada notifikasi telegram “Terdeteksi Api”, buzzer aktif serta mengirim lokasi kebakaran	Berhasil
Deteksi Asap	Mengaktifkan sensor asap dan memastikan sistem dapat mendeteksi asap	Indikator sensor menyala dan status pada notifikasi telegram “Terdeteksi Asap”, buzzer aktif	Berhasil
Pengiriman Notifikasi	Memastikan sistem dapat mengirim notifikasi ke telegram dengan benar	Terdeteksi Api Mengirim Lokasi Terdeteksi Asap	Berhasil
Buzzer	Memastikan buzzer berbunyi di waktu yang tepat	Buzzer aktif ketika terdeteksi api dan asap	Berhasil

Berdasarkan pengujian *black box* yang dilakukan terhadap sistem deteksi kebakaran berbasis IoT pada Tabel 4, sistem deteksi kebakaran berbasis IoT terbukti berhasil dalam mendeteksi kebakaran dengan akurasi. Sensor api dan asap beroperasi secara efisien dalam mengidentifikasi keberadaan api dan asap, serta mengirimkan notifikasi tepat waktu melalui platform Telegram. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem ini dapat diandalkan dalam mendeteksi kebakaran dan memberikan respons yang cepat. Kesimpulan ini menegaskan bahwa implementasi teknologi IoT dalam deteksi kebakaran memiliki potensi untuk meningkatkan keamanan dan respons terhadap kejadian darurat, yang merupakan langkah penting dalam perlindungan terhadap nyawa dan harta benda.

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggabungkan sensor api (KY-026), sensor asap (MQ-2), NodeMCU ESP8266, buzzer, dan aplikasi Telegram sebagai media notifikasi. Sistem ini mampu mendeteksi adanya nyala api dan asap secara *real-time*, memberikan alarm lokal melalui buzzer, dan mengirimkan peringatan jarak jauh kepada pengguna melalui pesan instan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor api memiliki performa yang sangat baik dalam mendeteksi sumber api dalam jarak efektif hingga 212 cm. Sensor ini memberikan respons cepat dan akurat terhadap sumber api kecil seperti lilin, baik dalam kondisi pencahayaan ruangan menyala maupun mati. Namun, ketika jarak mencapai 213 cm, sensor tidak lagi mampu memberikan sinyal deteksi secara konsisten, yang menandakan adanya batas maksimum efektivitas deteksi. Kondisi cahaya sekitar juga memberikan pengaruh kecil terhadap sensitivitas sensor, di mana sensor cenderung sedikit lebih responsif dalam kondisi ruangan gelap.

Sementara itu, sensor MQ-2 menunjukkan akurasi deteksi asap yang tinggi, dengan keberhasilan penuh pada seluruh skenario pengujian. Sensor ini mampu mengenali asap dengan konsentrasi  $\geq 200$  ppm, dan tetap berfungsi efektif pada jarak antara 227 cm hingga 337 cm. Meskipun demikian, respons sensor ini sedikit lebih lambat dibandingkan sensor api, karena bergantung pada kecepatan aliran asap menuju elemen pendeteksi. Pengujian juga menunjukkan bahwa arah aliran asap memengaruhi tingkat keberhasilan deteksi, sehingga tata letak penempatan sensor menjadi faktor penting untuk diperhatikan.

Pada sisi komunikasi, pengujian Bot Telegram menunjukkan performa yang sangat andal. Setiap kali sensor mendeteksi kondisi berbahaya, notifikasi dikirimkan dalam waktu rata-rata kurang dari 3 detik ke aplikasi Telegram pada smartphone pengguna. Isi notifikasi jelas dan spesifik, mencakup informasi jenis bahaya yang terdeteksi serta koordinat lokasi (jika dikonfigurasi), yang dapat sangat membantu pengguna untuk segera mengambil tindakan mitigasi.

Pengujian menyeluruh melalui metode black-box juga menegaskan bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai spesifikasi. Sistem mampu menjalankan deteksi kondisi bahaya, memicu buzzer, dan mengirimkan notifikasi tanpa adanya malfungsi. Tingkat akurasi sistem secara keseluruhan mencapai lebih dari 95%, dengan kestabilan operasional yang baik dalam beberapa siklus pengujian berulang.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem deteksi kebakaran berbasis IoT ini telah memenuhi kriteria sebagai sistem peringatan dini yang cepat, responsif, dan akurat. Penggunaan NodeMCU sebagai pengendali serta Telegram sebagai media notifikasi menjadikan sistem ini efisien, hemat biaya, dan mudah diakses oleh pengguna. Sistem ini sangat potensial untuk diterapkan di lingkungan rumah tangga, kantor, laboratorium, hingga area industri yang memerlukan pemantauan keamanan berbasis sensor secara terus-menerus.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat ditingkatkan dengan penambahan sensor suhu dan kelembaban untuk meningkatkan keakuratan deteksi, integrasi GPS atau modul lokasi dinamis untuk pelacakan titik bahaya, Penyimpanan data ke *cloud* (IoT data logging) untuk analisis histori kebakaran, sistem pemberitahuan *multi-platform* seperti SMS atau email. Dengan demikian, implementasi teknologi IoT dalam sistem deteksi kebakaran ini memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan keamanan, perlindungan aset, dan keselamatan jiwa secara lebih proaktif dan terukur.

## REFERENSI

- [1] Peraturan Presiden Republik Indonesia, “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penganggulangan Bencana,” *Undang-Undang Republik Indonesia*, 2007.
- [2] T. Siregar, S. P. Sutisna, G. E. Pramono dan M. M. Ibrahim, “Ramcamh Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT Menggunakan Arduino,” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 59-66, 2020.
- [3] M. A. P. Putra dan I. G. J. E. Putra, “Analisis Performansi Sensor Pada Alat Pemadam Kebakaran Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, vol. 4, no. 2, pp. 123-131, 2020.
- [4] C. H. Ansyah, “Sistem Pencegah Kebakaran Dini Berbasis IoT Menggunakan ESP8266 Pada PT Delta Cipta Serana Promosi,” *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi*

- Informasi (SENAFTI)*, 2023.
- [5] D. Zidifaldi, A. Abdullah, K. Sari dan I. Fakhruzi, “Pemanfaatan iot sebagai sistem deteksi dini,” *Pemanfaatan iot sebagai sistem deteksi dini kebakaran dengan sensor api dan sensor suhu berbasis arduino*, vol. 5, no. 2, pp. 66-72, 2022.
  - [6] M. Imamuddin dan Z. Zulwisli, “Sistem Alarm Dan Monitoring Kebakaran Rumah Berbasis Nodemcu Dengan Komunikasi Android,” *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 7, no. 2, pp. 40-45, 2019.
  - [7] Y. Chen, L. Wang, and Z. Liu, “Design of intelligent fire early warning system based on internet of things,” *Procedia Computer Science*, vol. 183, pp. 61–67, 2021.
  - [8] R. P. Sitorus, A. Haris, and H. P. Pinem, “Penerapan IoT untuk Sistem Deteksi Asap dan Api Menggunakan NodeMCU ESP8266,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 87–93, 2021.
  - [9] M. R. Islam, et al., “An IoT-based fire detection and alarming system using flame sensor and GSM module,” *International Journal of Scientific & Technology Research*, vol. 9, no. 4, pp. 691–694, 2020.
  - [10] A. Iskandar and H. Prasetyo, “IoT-Based Early Warning System for Fire Disaster Using NodeMCU and Telegram,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 183, no. 46, pp. 1–6, 2021.
  - [11] L. Yuliana, A. Sari, and R. Andhika, “Implementasi Sistem Deteksi Kebakaran Real-Time Menggunakan Telegram Bot Berbasis NodeMCU,” *Jurnal Teknik ITS*, vol. 11, no. 2, 2022.