

Perancangan Sistem *Early Warning* Kebakaran Berbasis *IoT* pada *Data Center* UPA TIK Undiksha

Putu Mandiasa^{1*}, I Nyoman Saputra Wahyu Wijaya², I Ketut Resika Arthana³

^{1,2,3}Fakultas Teknik dan Kejuruan, Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

Email: ^{1*}mandiasa@undiksha.ac.id, ²wahyu.wijaya@undiksha.ac.id, ³resika@undiksha.ac.id

(* Email Corresponding Author: mandiasa@undiksha.ac.id)

Received: 20 Februari 2026 | Revision: 21 Februari 2026 | Accepted: 21 Februari 2026

Abstrak

Data center merupakan infrastruktur kritis yang menyimpan dan mengelola data penting sehingga memerlukan sistem pengamanan yang andal, khususnya terhadap risiko kebakaran. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem *early warning* kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) pada Data Center UPA TIK Undiksha yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara dini, responsif, dan terintegrasi. Sistem dikembangkan dengan pendekatan pemantauan multi-parameter, meliputi deteksi api, asap, suhu, dan kelembaban lingkungan, serta dilengkapi mekanisme peringatan lokal dan notifikasi jarak jauh secara *real-time*. Evaluasi sistem dilakukan melalui pengujian fungsional dan pengujian performa untuk mengukur indikator kinerja utama, yaitu akurasi deteksi kondisi bahaya, waktu respon sistem (*latency*), keandalan pengiriman notifikasi, serta efisiensi konsumsi daya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi indikasi kebakaran secara konsisten dengan rata-rata waktu respon sebesar 6 detik, serta berhasil mengirimkan notifikasi peringatan melalui Bot Telegram secara *real-time*. Selain itu, sistem memiliki konsumsi daya relatif rendah sehingga sesuai untuk operasional pemantauan berkelanjutan pada lingkungan data center. Kontribusi penelitian ini terletak pada perancangan dan evaluasi sistem *early warning* kebakaran berbasis IoT yang tidak hanya berfokus pada implementasi perangkat, tetapi juga pada analisis performa sistem secara menyeluruh.

Kata Kunci: Sistem Peringatan Dini, Internet of Things, Data Center, Kebakaran, ESP8266, Flame, MQ-7, DHT11, Telegram.

Abstract

Data centers are critical infrastructures that store and manage important data, requiring reliable security systems, especially against the risk of fire. This study aims to design and evaluate an Internet of Things (IoT)-based fire early warning system at the Undiksha ICT Data Center that is capable of detecting potential fires early, responsively, and in an integrated manner. The system was developed using a multi-parameter monitoring approach, including fire, smoke, temperature, and environmental humidity detection, and is equipped with local warning mechanisms and real-time remote notifications. The system was evaluated through functional and performance testing to measure key performance indicators, namely the accuracy of hazard detection, system response time (*latency*), notification delivery reliability, and power consumption efficiency. The test results show that the system is capable of consistently detecting fire indications with an average response time of 6 seconds, and successfully sends warning notifications via Telegram Bot in real time. In addition, the system has relatively low power consumption, making it suitable for continuous monitoring operations in data center environments. The contribution of this research lies in the design and evaluation of an IoT-based fire early warning system that focuses not only on device implementation but also on comprehensive system performance analysis.

Keywords: Early Warning System, Internet of Things, Data Center, Fire, ESP8266, Flame, MQ-7, DHT11, Telegram.

1. PENDAHULUAN

Data center merupakan infrastruktur kritis yang berperan sebagai pusat penyimpanan, pengolahan, dan distribusi data yang mendukung keberlangsungan layanan suatu organisasi. Pada lingkungan perguruan tinggi, khususnya di UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha (Undiksha), *data center* memiliki peran strategis dalam menunjang sistem akademik, administrasi, dan layanan digital kampus. Tingginya ketergantungan terhadap *data center* menjadikan aspek keamanan sebagai prioritas utama, salah satunya adalah risiko kebakaran.

Kebakaran pada ruang *data center* dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti panas berlebih pada perangkat, gangguan kelistrikan, kegagalan sistem pendingin, maupun korsleting listrik. Dampak yang ditimbulkan tidak hanya berupa kerusakan fisik pada perangkat keras, tetapi juga kehilangan data penting, terhentinya layanan teknologi informasi, serta kerugian finansial dan reputasi institusi. Sistem pengamanan kebakaran yang masih bersifat konvensional, seperti alarm manual atau inspeksi berkala oleh petugas, dinilai kurang efektif karena tidak mampu memberikan peringatan dini secara cepat dan *real-time* ketika terjadi indikasi awal kebakaran[1].

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* membuka peluang baru dalam meningkatkan sistem keamanan *data center* melalui pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis dan berkelanjutan. *IoT* memungkinkan integrasi berbagai sensor seperti sensor suhu, asap, dan api yang dapat mengirimkan data secara *real-time* ke server atau perangkat

pengguna. Dengan demikian, potensi kebakaran dapat terdeteksi lebih dini sehingga tindakan pencegahan dan penanganan dapat dilakukan lebih cepat[2].

Solusi berbasis *IoT* diharapkan mampu mengatasi keterbatasan sistem konvensional dengan menyediakan sistem *early warning* kebakaran yang responsif, akurat, dan mudah dipantau dari jarak jauh. Oleh karena itu, perancangan sistem peringatan dini kebakaran berbasis *IoT* pada *data center* UPA TIK Undiksha menjadi sangat relevan untuk meningkatkan keamanan dan keandalan infrastruktur teknologi informasi kampus[3].

Beberapa kajian sebelumnya telah mengimplementasikan teknologi *Internet of Things (IoT)* dalam sistem deteksi dan peringatan dini kebakaran. Sistem *monitoring* deteksi dini kebakaran pada ruang server berbasis *IoT* telah dirancang dengan memanfaatkan sensor suhu, asap, dan api yang terintegrasi untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara otomatis dan berkelanjutan, sehingga mampu meningkatkan kecepatan serta akurasi deteksi kebakaran dibandingkan metode konvensional [4].

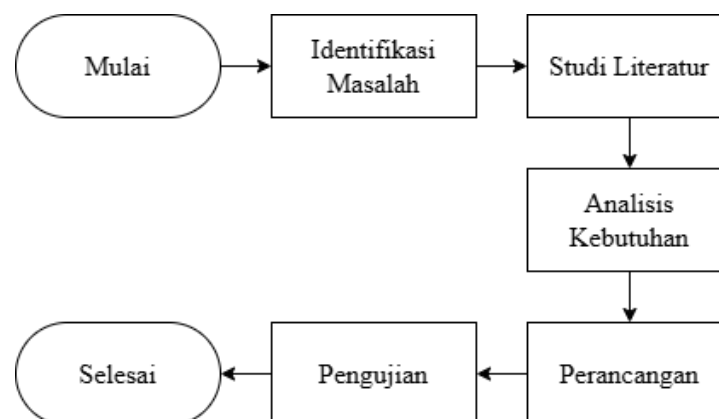
Pengembangan sistem deteksi kebakaran berbasis *IoT* yang terintegrasi dengan notifikasi *WhatsApp* juga menunjukkan efektivitas dalam menyampaikan informasi kondisi darurat secara *real-time* kepada pengguna, sehingga memungkinkan respons yang lebih cepat tanpa ketergantungan pada keberadaan fisik di lokasi kejadian [5]. Selain itu, sistem peringatan dini bahaya kebakaran berbasis *mikrokontroler Arduino* telah dirancang dengan mengombinasikan sensor api dan suhu sebagai indikator awal terjadinya kebakaran, namun sistem tersebut masih memiliki keterbatasan pada aspek konektivitas dan pemantauan jarak jauh secara terpusat [6].

Implementasi sistem deteksi kebakaran berbasis *IoT* pada lingkungan industri menunjukkan bahwa pemantauan kondisi ruangan secara kontinu dan terintegrasi mampu meningkatkan keandalan sistem keamanan terhadap potensi kebakaran, khususnya pada area dengan risiko tinggi [7]. Penggunaan *IoT* yang dikombinasikan dengan alarm dan notifikasi Telegram juga terbukti efektif dalam memberikan peringatan dini secara cepat dan responsif kepada pengguna ketika terdeteksi indikasi kebakaran, sehingga memperpendek waktu tanggap terhadap kondisi darurat [8].

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah membuktikan efektivitas *IoT* dalam mendeteksi kebakaran, sebagian besar masih berfokus pada lingkungan umum seperti rumah, gedung perkantoran, atau ruang server secara umum. Masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara spesifik mengkaji perancangan sistem *early warning* kebakaran berbasis *IoT* pada *data center* institusi pendidikan dengan mempertimbangkan karakteristik operasional dan kebutuhan keamanan yang lebih kompleks. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan sistem pemantauan multi-parameter dengan platform *monitoring* terpusat yang disesuaikan dengan kondisi nyata *data center* kampus. Kesenjangan (gap) inilah yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, yaitu merancang sistem peringatan dini kebakaran berbasis *IoT* yang spesifik, adaptif, dan aplikatif untuk *data center* UPA TIK Undiksha.

Berdasarkan uraian tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem *early warning* kebakaran berbasis *IoT* yang mampu memantau kondisi lingkungan *data center* secara *real-time* melalui sensor suhu, asap, dan api, serta memberikan notifikasi peringatan dini kepada petugas terkait. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem yang efektif dalam meningkatkan kecepatan respons terhadap potensi kebakaran, meminimalkan risiko kerusakan infrastruktur dan kehilangan data, serta menjadi referensi pengembangan sistem keamanan *data center* berbasis *IoT* di lingkungan perguruan tinggi maupun institusi lainnya di Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan tahapan penelitian diatas, tahap pertama dilakukan identifikasi masalah, kemudian dilanjutkan dengan melakukan studi literatur terhadap hasil penelitian sebelumnya. Analisis kebutuhan berupa *hardware* dan *software*

yang akan digunakan. Perancangan meliputi rancangan arsitektur sistem, rangkaian sistem, dan alur kerja sistem. Tahapan terakhir dilakukan pengujian dengan tujuan menguji fungsionalitas sistem yang telah dibuat.

2.1 Identifikasi Masalah

Data center UPA TIK Universitas Pendidikan Ganesha memiliki risiko kebakaran yang tinggi akibat kepadatan perangkat elektronik, panas berlebih, serta potensi gangguan kelistrikan dan sistem pendingin. Namun, sistem pengamanan kebakaran yang digunakan masih bersifat konvensional dan belum mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* dan berkelanjutan. Kondisi ini berpotensi menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi indikasi awal kebakaran, sehingga meningkatkan risiko kerusakan infrastruktur, kehilangan data penting, dan terhentinya layanan teknologi informasi. Selain itu, belum tersedia sistem pemantauan terintegrasi yang menggabungkan beberapa parameter lingkungan dalam satu platform *monitoring* terpusat sebagai sistem peringatan dini yang responsif dan akurat.

2.2 Studi Literatur

Tahap studi literatur dilakukan untuk memperoleh landasan teoritis dan referensi ilmiah yang relevan dengan perancangan sistem *early warning* kebakaran berbasis *Internet of Things (IoT)*. Studi ini mencakup penelaahan terhadap konsep *data center*, risiko kebakaran pada lingkungan teknologi informasi, serta prinsip kerja sistem deteksi dan peringatan dini kebakaran. Selain itu, literatur yang dikaji meliputi penelitian-penelitian sebelumnya yang membahas implementasi *IoT* dalam sistem deteksi kebakaran, penggunaan sensor suhu, asap, dan api, serta pemanfaatan platform notifikasi dan *monitoring* jarak jauh. Hasil studi literatur digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode penelitian, pemilihan teknologi yang tepat, serta sebagai acuan untuk mengidentifikasi kelebihan dan keterbatasan penelitian terdahulu guna mendukung pengembangan sistem yang sesuai dengan kebutuhan *data center* UPA TIK Undiksha.

2.3 Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan dalam merancang sistem baik itu dari sisi *hardware* maupun *software*. Berikut analisis yang dibutuhkan pada penelitian ini:

2.3.1 Analisis Kebutuhan Hardware

a. NodeMCU ESP8266

NodeMCU adalah sebuah *board* elektronik yang berbasis *chip* ESP8266 dengan kemampuan menjalankan fungsi *mikrokontroler* dan juga koneksi internet [9].

b. Sensor MQ7

MQ 7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida. Sensor ini memiliki spesifikasi dengan tegangan operasi DC 5V, menggunakan sinyal analog dan digital, parameter yang diukur yaitu gas karbon monoksida, memiliki kisaran konsentrasi 0-1024ppm [10].

c. Sensor Flame

Flame detector merupakan salah satu alat *instrument* berupa sensor yang dapat mendeteksi nilai intensitas dan frekuensi api dengan panjang gelombang antara 760 nm ~ 1100 nm. Sensor ini memiliki spesifikasi dengan tegangan operasi 3.3v, memiliki jangkauan deteksi sudut hingga 60°, menggunakan sinyal analog dan digital [11].

d. Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang berfungsi untuk *sensing* objek suhu dan kelembaban yang memiliki *output* tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan *mikrokontroler*. Sensor ini memiliki spesifikasi dengan tegangan operasi 3.3v, menggunakan sinyal digital, memiliki rentang pengukuran kelembapan 0-100%RH dengan akurasi +/-5% dan suhu 0-50° dengan akurasi +/-2° [12].

e. Buzzer dan LED

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara berfungsi sebagai *trigger* ketika terdeteksi api atau asap [13].

2.3.2 Analisis Kebutuhan Software

a. Bot Telegram

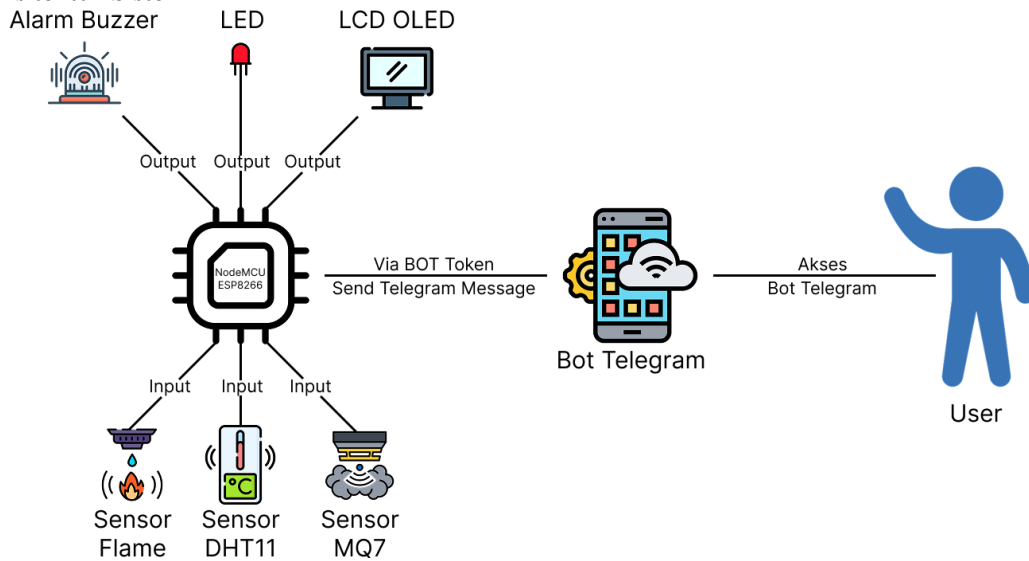
Aplikasi *monitoring* yang digunakan untuk menampilkan data sensor maupun notifikasi melalui *smartphone* menggunakan bot telegram yang dibuat menggunakan bot *father* [14].

b. Arduino IDE

Arduino IDE adalah sebuah platform kode editor yang digunakan untuk melakukan pengiriman kode pada *board mikrokontroler* [15].

2.4 Perancangan

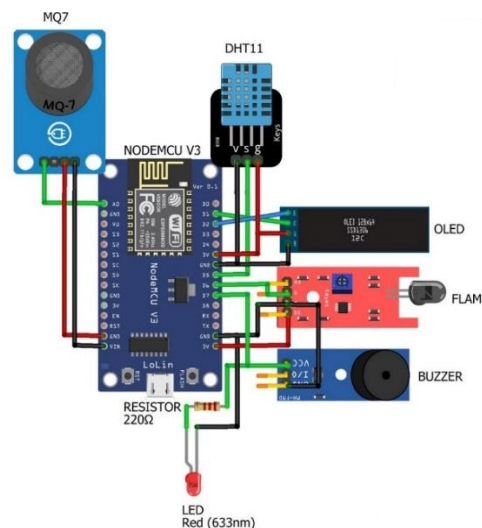
2.4.1 Arsitektur Sistem



Gambar 2. Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem pada gambar menunjukkan bahwa NodeMCU ESP8266 berperan sebagai pusat kendali yang menerima *input* dari tiga sensor, yaitu sensor *flame* untuk mendeteksi nyala api, sensor DHT11 untuk memantau suhu ruangan, dan sensor MQ-7 untuk mendeteksi gas atau asap. Data yang diperoleh dari sensor diproses oleh NodeMCU untuk menentukan kondisi normal atau darurat. Apabila terdeteksi indikasi kebakaran, NodeMCU akan mengaktifkan perangkat keluaran berupa alarm *buzzer* dan LED sebagai peringatan lokal, serta menampilkan informasi kondisi pada LCD OLED. Selain itu, NodeMCU mengirimkan notifikasi peringatan melalui Bot Telegram menggunakan *token* bot, sehingga pengguna dapat menerima informasi secara *real-time* melalui aplikasi Telegram dari jarak jauh.

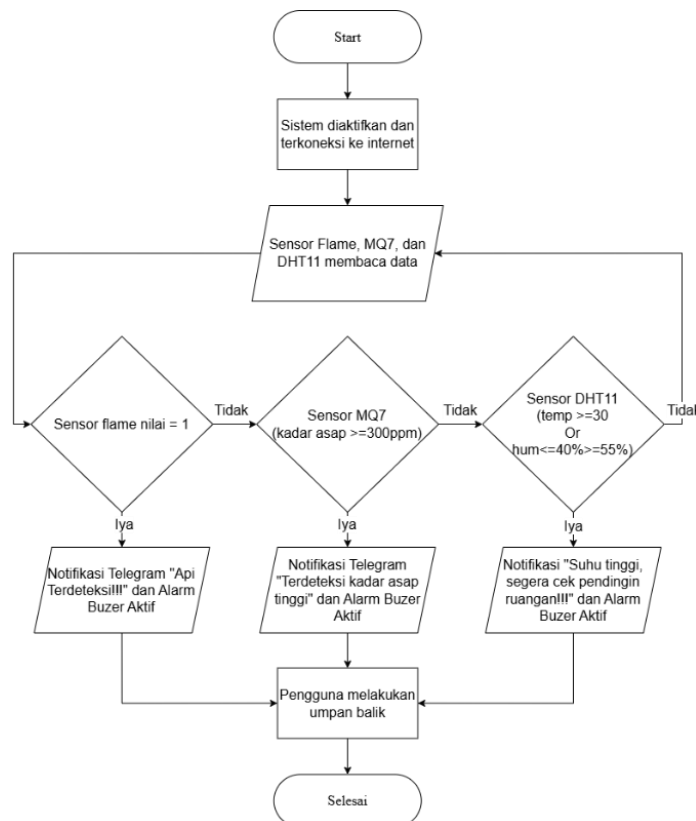
2.4.2 Rangkaian Sistem



Gambar 3. Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem tersebut menggunakan NodeMCU V3 (ESP8266) sebagai pengendali utama yang terhubung dengan beberapa komponen *input* dan *output*. Sensor MQ-7 dihubungkan ke *pin* analog NodeMCU untuk mendeteksi gas atau asap, sedangkan sensor DHT11 terhubung ke *pin* digital untuk membaca suhu dan kelembapan lingkungan. Sensor *flame* dihubungkan ke *pin input* digital sebagai pendeteksi keberadaan nyala api. Sebagai *output*, LED merah yang dilengkapi resistor 220Ω dan buzzer dihubungkan ke *pin* digital untuk memberikan peringatan lokal ketika terdeteksi kondisi bahaya. Selain itu, modul OLED terhubung melalui komunikasi I2C (*pin* SDA dan SCL) untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor. NodeMCU memanfaatkan koneksi *WiFi* untuk mengirimkan notifikasi peringatan dini melalui Bot Telegram kepada pengguna secara *real-time*.

2.4.3 Alur Kerja Sistem



Gambar 4. Alur Kerja Sistem

Alur kerja sistem dimulai dengan proses *inisialisasi*, di mana sistem diaktifkan dan NodeMCU terhubung ke jaringan internet. Setelah terhubung, sensor *flame*, sensor MQ-7, dan sensor DHT11 secara berkala membaca data lingkungan. Sistem kemudian melakukan pengecekan kondisi berdasarkan nilai ambang batas yang telah ditentukan, yaitu keberadaan nyala api pada sensor *flame*, kadar asap melebihi 300 ppm pada sensor MQ-7 dan suhu ruangan melebihi 30°. Nilai ambang batas ini digunakan berdasarkan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa kadar asap yang dapat dideteksi oleh sensor jika terjadi aktivitas pembakaran yaitu di atas 300ppm sedangkan jika ruangan dalam keadaan normal sensor mampu mendeteksi +/- 200ppm [16]. Sedangkan nilai ambang batas suhu ruangan digunakan berdasarkan standar suhu ruang server berada pada rentang 18°-28°. Apabila salah satu kondisi bahaya terpenuhi, sistem akan mengaktifkan alarm *buzzer* dan mengirimkan notifikasi peringatan melalui Telegram sesuai jenis bahaya yang terdeteksi. Selanjutnya, pengguna menerima notifikasi dan dapat memberikan umpan balik, kemudian sistem kembali ke kondisi pemantauan hingga proses berakhir.

2.5 Pengujian

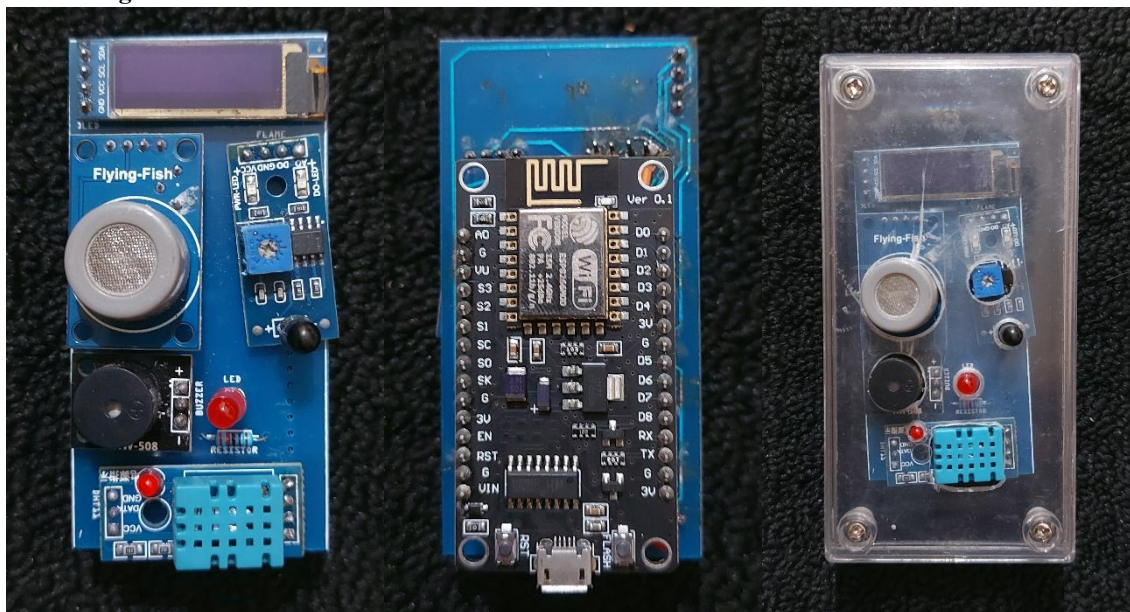
Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sistem peringatan dini kebakaran berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dirancang telah berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan tujuan penelitian. Metode pengujian yang digunakan adalah *black box testing*, yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan struktur internal atau kode program yang digunakan [17]. Selain pengujian fungsional, penelitian ini juga melakukan pengujian performa sistem untuk mengevaluasi kemampuan operasional sistem dalam kondisi nyata. Pengujian performa difokuskan pada beberapa parameter, yaitu waktu respon sistem ketika terdeteksi api, ketika terdeteksi asap melebihi ambang batas, ketika terdeteksi suhu melebihi ambang batas, dan ketika user mengirim perintah ke bot telegram. Hasil dari seluruh pengujian ini digunakan untuk menilai performa sistem dalam mendeteksi serta memberikan peringatan dini terhadap potensi kebakaran pada lingkungan data center [18].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi

Hasil implementasi ini menjelaskan realisasi sistem early warning kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) yang telah dirancang, meliputi integrasi modul sensor flame, MQ-7, dan DHT11 yang terhubung dengan mikrokontroler sebagai pusat pengolahan data, hasil pembacaan sensor, serta implementasi Bot Telegram sebagai media notifikasi peringatan dini secara real-time. Tahap ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja awal sistem sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut pada tahap pengujian sistem.

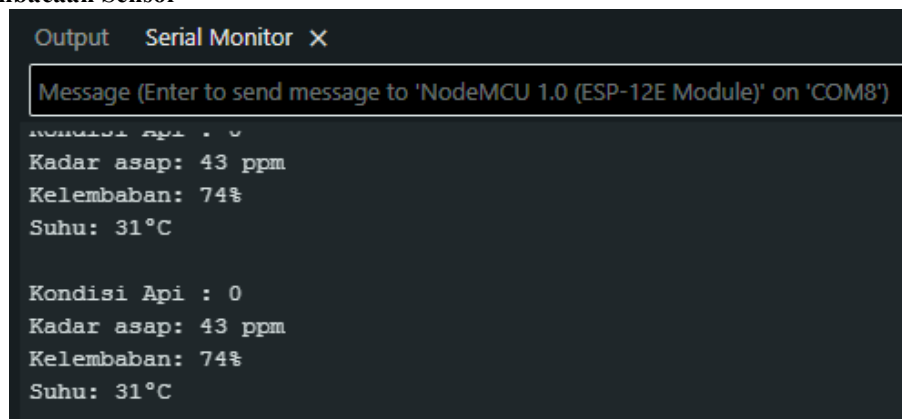
3.1.1 Hasil Integrasi Modul Sensor



Gambar 5. Hasil integrasi modul sensor

Hasil implementasi modul sensor pada penelitian ini ditunjukkan melalui integrasi beberapa sensor dalam satu perangkat sistem early warning kebakaran berbasis IoT. Modul sensor yang digunakan terdiri dari sensor gas MQ-7, sensor flame, serta sensor DHT11. Seluruh sensor tersebut terpasang pada sebuah PCB dan dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai unit pemrosesan dan komunikasi data. Selain itu, modul juga dilengkapi dengan indikator LED dan buzzer sebagai penanda visual dan audio ketika sistem mendeteksi kondisi berbahaya. Untuk meningkatkan keamanan dan kerapian instalasi, seluruh rangkaian ditempatkan dalam sebuah casing pelindung berbahan transparan, sehingga komponen tetap terlindungi dari gangguan fisik namun masih memungkinkan pemantauan kondisi perangkat secara visual.

3.1.2 Hasil Pembacaan Sensor



Gambar 6. Hasil pembacaan sensor pada serial monitor

Hasil pembacaan sensor pada sistem early warning kebakaran berbasis IoT ditampilkan melalui Serial Monitor. Berdasarkan hasil pembacaan sensor yang ditunjukkan pada Gambar, sistem mampu menampilkan data kondisi api, kadar asap, suhu, dan kelembaban secara periodik dan berulang. Nilai pembacaan sensor flame menunjukkan kondisi api bernilai 0, yang menandakan tidak terdeteksi adanya nyala api pada area pengujian. Sensor MQ-7 menghasilkan pembacaan kadar asap sebesar 43 ppm, yang masih berada pada kategori kondisi normal dan tidak mengindikasikan adanya potensi kebakaran. Sementara itu, sensor DHT11 menunjukkan nilai suhu sebesar 31°C dan kelembaban sebesar 74%, yang mencerminkan kondisi lingkungan ruangan dalam keadaan stabil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berhasil melakukan pembacaan sensor secara real-time dan berkelanjutan.

3.1.3 Tampilan Bot Telegram



Gambar 7. Tampilan BOT Telegram sebagai *interface*

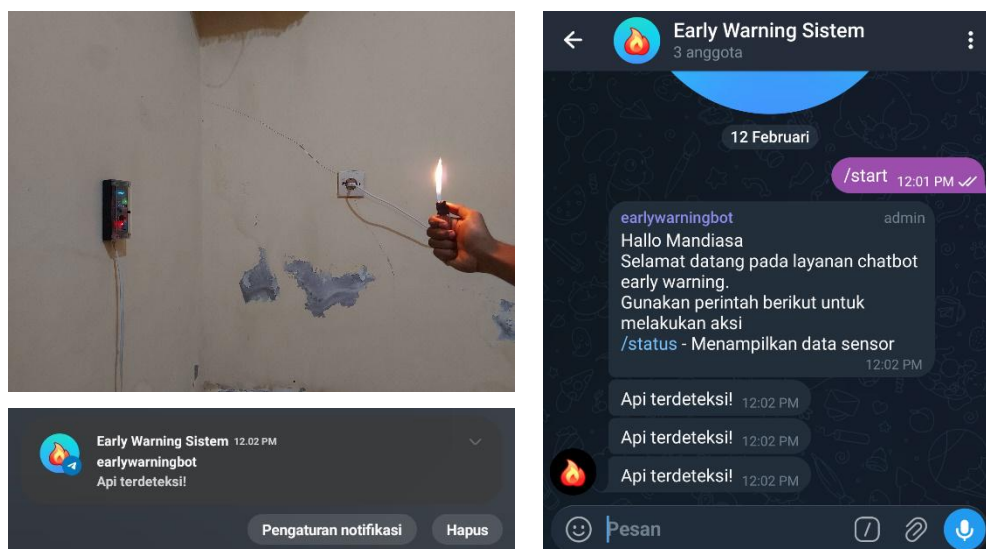
Hasil implementasi Bot Telegram sebagai media notifikasi dan interface pada sistem early warning kebakaran berbasis IoT. Berdasarkan tampilan pada Gambar, bot Telegram berhasil menampilkan respon otomatis ketika pengguna menjalankan perintah /start, yang berfungsi sebagai inisialisasi layanan dan memberikan informasi mengenai fungsi bot. Selanjutnya, melalui perintah /status, sistem menampilkan data hasil pembacaan sensor secara real-time, meliputi status deteksi api, kadar gas, suhu, dan kelembaban lingkungan. Informasi yang ditampilkan disusun dalam format teks yang ringkas dan mudah dipahami, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi ruang data center secara cepat.

3.2 Pengujian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dan fungsionalitas sistem early warning kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan metode blackbox testing, yaitu pengujian yang berfokus pada kesesuaian antara input yang diberikan dan output yang dihasilkan tanpa memperhatikan struktur internal sistem. Pengujian dilakukan terhadap sensor flame, sensor MQ-7, dan sensor DHT11 dengan memberikan kondisi uji tertentu yang merepresentasikan keadaan normal maupun kondisi yang mengindikasikan potensi kebakaran. Respon sistem diamati berdasarkan hasil pembacaan sensor, perubahan status deteksi, serta kemampuan sistem dalam menampilkan dan mengirimkan informasi melalui media monitoring dan notifikasi. Hasil pengujian ini digunakan untuk memastikan bahwa setiap komponen sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan dan mendukung keandalan sistem dalam mendeteksi potensi kebakaran secara dini.

3.2.1 Pengujian Sensor Flame

Pengujian sensor flame dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi keberadaan nyala api berdasarkan variasi jarak sumber api terhadap sensor dengan menggunakan metode blackbox testing. Pengujian dilakukan dengan menyalakan api pada jarak tertentu dari sensor, kemudian diamati respon sistem berupa perubahan nilai deteksi pada OLED display, aktivasi LED indikator, bunyi alarm buzzer, serta pengiriman notifikasi melalui Bot Telegram.



Gambar 8. Skenario dan hasil pengujian sensor flame

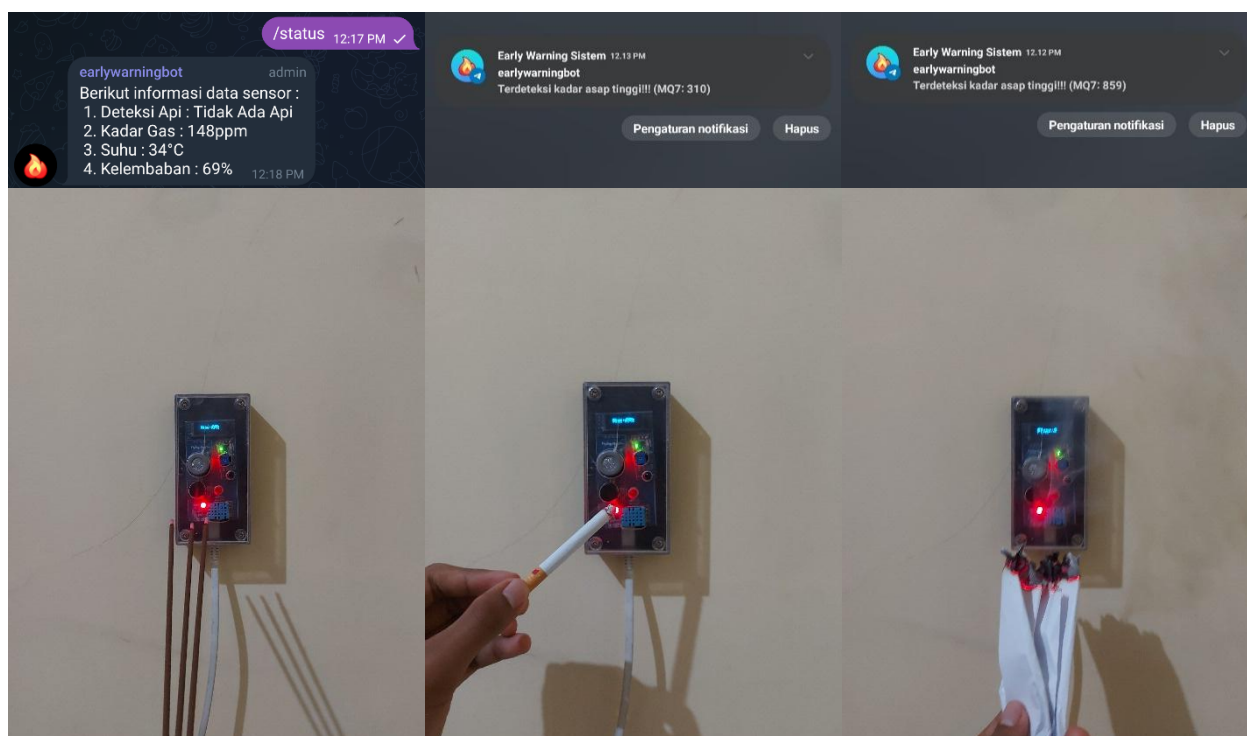
Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, sensor flame mampu mendeteksi api secara optimal pada jarak 30 cm, 50 cm, 100 cm, dan 150 cm dari sensor, yang ditandai dengan nilai pembacaan Flame: 1, LED indikator dan buzzer dalam kondisi aktif, serta munculnya notifikasi “Api Terdeteksi!” pada Telegram. Sementara itu, pada jarak 200 cm, sensor tidak lagi mendeteksi nyala api, yang ditunjukkan dengan nilai Flame: 0, LED indikator dan buzzer tidak aktif, serta tidak adanya notifikasi yang dikirimkan. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor flame memiliki batas efektif pendeteksian hingga jarak tertentu dan mampu memberikan respon sistem yang konsisten sesuai dengan kondisi input yang diberikan. Dengan demikian, sensor flame dinilai dapat berfungsi dengan baik sebagai komponen pendeteksi nyala api dalam sistem early warning kebakaran yang dikembangkan.

Tabel 1. Pengujian sensor flame

No	Skenario	Output			
		OLED Display	LED Indikator	Alarm Buzzer	Notifikasi Telegram
1.	Menyalakan api dengan jarak 30cm dari sensor	Flame : 1	Aktif	Aktif	“Api Terdeteksi!”
2.	Menyalakan api dengan jarak 50cm dari sensor	Flame : 1	Aktif	Aktif	“Api Terdeteksi!”
3.	Menyalakan api dengan jarak 100cm dari sensor	Flame : 1	Aktif	Aktif	“Api Terdeteksi!”
4.	Menyalakan api dengan jarak 150cm dari sensor	Flame : 1	Aktif	Aktif	“Api Terdeteksi!”
5.	Menyalakan api dengan jarak 200cm dari sensor	Flame : 0	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Tidak Ada

3.2.2 Pengujian Sensor MQ7

Pengujian sensor MQ-7 dilakukan dengan memberikan beberapa skenario pada kondisi lingkungan yang berbeda yaitu terdapat asap di sekitar sensor, seperti asap pembakaran dupa, rokok, dan kertas, kemudian diamati respon sistem berdasarkan nilai pembacaan sensor pada OLED display, status LED indikator, aktivasi alarm buzzer, serta pengiriman notifikasi melalui Bot Telegram.



Gambar 9. Skenario dan hasil pengujian sensor MQ7

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 2, ketika asap pembakaran dupa didekatkan ke area sensor, sensor MQ-7 menghasilkan pembacaan sebesar 148 ppm, yang masih berada di bawah ambang batas peringatan sehingga LED indikator dan buzzer tidak aktif serta tidak terdapat notifikasi Telegram. Pada skenario asap rokok, nilai

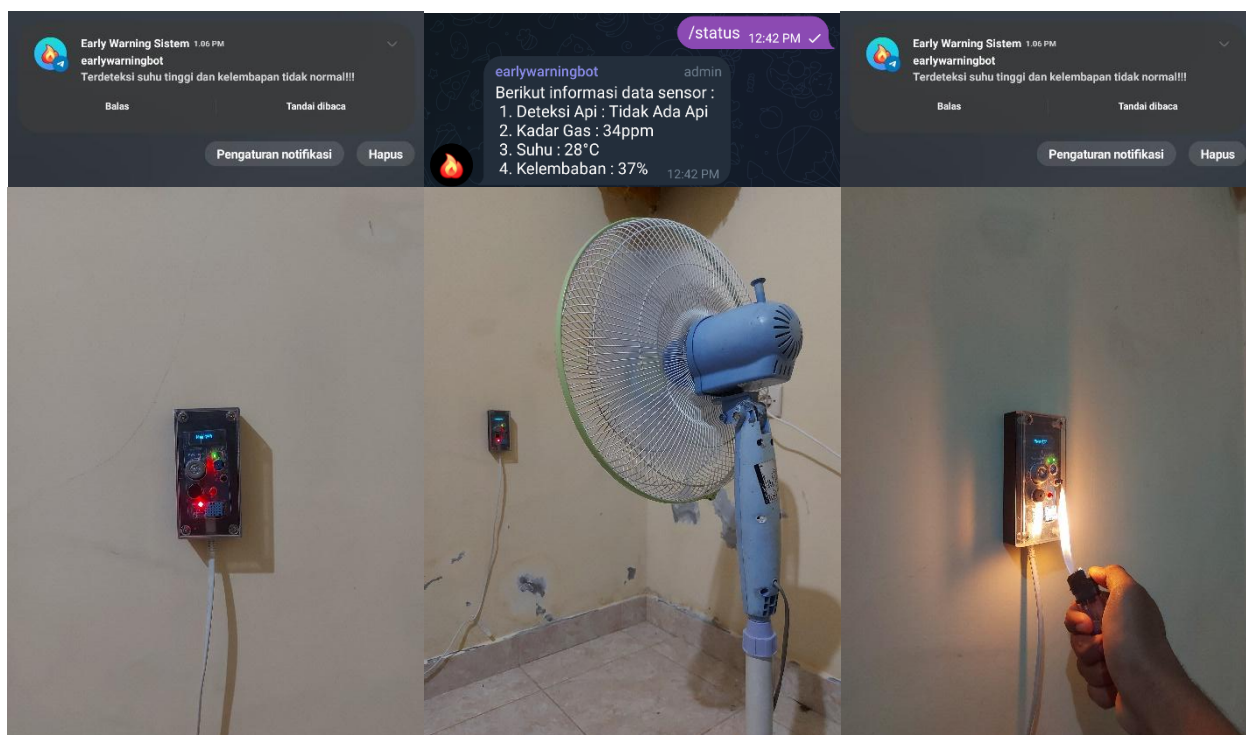
pembacaan meningkat menjadi 310 ppm, yang menyebabkan LED indikator dan buzzer aktif serta sistem mengirimkan notifikasi “Terdeteksi kadar asap tinggi!!! (MQ7:310)”. Selanjutnya, pada skenario asap pembakaran kertas, nilai pembacaan meningkat secara signifikan hingga 859 ppm, yang juga memicu LED indikator dan alarm buzzer serta notifikasi Telegram dengan pesan “Terdeteksi kadar asap tinggi!!! (MQ7:859)”. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor MQ-7 mampu mendeteksi peningkatan kadar asap secara bertahap dan memberikan respon sistem yang sesuai dengan tingkat konsentrasi asap, sehingga sensor dapat berfungsi dengan baik sebagai pendeteksi asap dalam sistem early warning kebakaran yang dikembangkan. Pengujian akurasi sensor MQ-7 dilakukan secara fungsional dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi peningkatan kadar asap secara konsisten sesuai dengan kondisi lingkungan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor MQ-7 memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi keberadaan asap sebagai indikator potensi kebakaran.

Tabel 2. Pengujian sensor MQ7

No	Skenario	Output			
		OLED Display	LED Indikator	Alarm Buzzer	Notifikasi Telegram
1.	Kondisi lingkungan normal tanpa ada asap pembakaran	MQ7 : 77ppm	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Tidak Ada
2.	Asap pembakaran dupa didekatkan pada sekitar area sensor	MQ7 : 148ppm	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Tidak Ada
3.	Asap pembakaran Rokok didekatkan pada sekitar area sensor	MQ7 : 310ppm	Aktif	Aktif	“Terdeteksi kadar asap tinggi!!! (MQ7:310)”
4.	Asap pembakaran Kertas didekatkan pada sekitar area sensor	MQ7 : 859ppm	Aktif	Aktif	“Terdeteksi kadar asap tinggi!!! (MQ7:859)”

3.2.3 Pengujian Sensor DHT11

Pengujian sensor DHT11 dilakukan dengan memberikan beberapa skenario dengan kondisi lingkungan yang berbeda seperti perubahan kondisi suhu dan kelembaban di sekitar perangkat, kemudian diamati respon sistem berdasarkan nilai pembacaan pada OLED display, status LED indikator, aktivasi alarm buzzer, serta pengiriman notifikasi melalui Bot Telegram.



Gambar 10. Skenario dan hasil pengujian sensor DHT11

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3, pada kondisi suhu ruangan normal diperoleh pembacaan suhu 31°C dan kelembaban 71%, yang menyebabkan LED indikator dan buzzer aktif serta sistem mengirimkan notifikasi “Terdeteksi suhu tinggi dan kelembapan tidak normal!!!”. Pada skenario kedua, ketika kipas angin atau pendingin ruangan diarahkan ke perangkat, suhu terukur menurun menjadi 28°C dengan kelembaban 37%, dan sistem tetap dalam kondisi normal tanpa aktivasi alarm maupun notifikasi. Selanjutnya, pada skenario perangkat didekatkan dengan sumber panas api, suhu meningkat hingga 35°C dengan kelembaban 64%, yang menyebabkan LED indikator dan buzzer aktif serta sistem mengirimkan notifikasi “Terdeteksi suhu tinggi dan kelembapan tidak normal!!!”. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa sensor DHT11 mampu membaca perubahan suhu dan kelembaban dengan baik serta menampilkan data secara real-time pada sistem tanpa memicu alarm ketika kondisi masih berada dalam batas aman, sehingga sensor dapat berfungsi optimal sebagai pendukung pemantauan lingkungan pada sistem early warning kebakaran yang dikembangkan. Pengujian akurasi sensor DHT11 dilakukan secara fungsional dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu mendeteksi peningkatan dan penurunan suhu sesuai dengan kondisi lingkungan, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor DHT11 memiliki akurasi yang baik dalam mendeteksi suhu ruangan.

Tabel 3. Pengujian sensor DHT11

No	Skenario	Output			
		OLED Display	LED Indikator	Alarm Buzzer	Notifikasi Telegram
1.	Perangkat diletakan pada suhu ruangan	Temp : 31° Hum : 71%	Aktif	Aktif	“Terdeteksi suhu tinggi dan kelembapan tidak normal!!!”
2.	Kipas angin atau pendingin ruangan diarahkan ke perangkat	Temp : 28° Hum : 37%	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Tidak Ada
3.	Perangkat didekatkan dengan panas api	Temp : 35° Hum : 64%	Aktif	Aktif	“Terdeteksi suhu tinggi dan kelembapan tidak normal!!!”

3.2.4 Pengujian Performa Sistem

Berdasarkan hasil pengujian performa sistem pada Tabel 3, sistem early warning kebakaran berbasis IoT menunjukkan kinerja yang responsif dengan rata-rata waktu respon (latency) sebesar 6 detik. Pada pengujian deteksi api dengan variasi jarak 30 cm hingga 150 cm, waktu respon sistem berada pada rentang 2–7 detik, sedangkan pada deteksi asap di atas ambang 300 ppm sistem merespons dalam waktu sekitar 5 detik. Respon terhadap perintah pengguna melalui Bot Telegram, yaitu perintah /start dan /status, memerlukan waktu 9–11 detik yang dipengaruhi oleh kualitas koneksi jaringan internet. Dari sisi efisiensi energi, berdasarkan estimasi konsumsi daya komponen yang digunakan, sistem memiliki konsumsi daya sekitar ± 5 Watt dengan tegangan operasi perangkat sebesar 5v pada kondisi operasional penuh.

Tabel 4. Pengujian performa sistem secara keseluruhan

No	Parameter	Waktu Mulai	Buzzer Aktif	LED Aktif	Notifikasi Telegram	Pesan Telegram	Total Waktu
1.	Waktu respon sistem ketika ada api dengan jarak 30cm	08:02:33	08:02:33	08:02:33	08:02:37	-	4 detik
2.	Waktu respon sistem ketika ada api dengan jarak 50cm	08:04:21	08:04:21	08:04:21	08:04:27	-	6 detik
3.	Waktu respon sistem ketika ada api dengan jarak 100cm	08:05:18	08:05:18	08:05:18	08:05:20	-	2 detik
4.	Waktu respon sistem ketika ada api dengan jarak 150cm	08:07:56	08:07:56	08:07:56	08:08:03	-	7 detik
5.	Waktu respon sistem ketika nilai sensor asap ≥ 300 ppm	08:12:02	08:12:02	08:12:02	08:12:07	-	5 detik
6.	Waktu respon sistem ketika suhu $\geq 30^\circ$	08:30:29	08:30:29	08:30:29	08:30:33	-	4 detik
7.	Waktu respon sistem ketika user mengirim perintah /start	08:32:50	-	-	-	08:32:59	9 detik

Waktu respon sistem ketika					
8. user mengirim perintah	08:33:13	-	-	-	08:33:24
/status					11 detik
Rata Rata Latency					6 detik

3.3 Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dilakukan, sistem early warning kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang pada penelitian ini menunjukkan kinerja yang sesuai dengan tujuan perancangan. Integrasi sensor flame, MQ-7, dan DHT11 yang dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266 mampu bekerja secara simultan dalam memantau parameter lingkungan berupa keberadaan api, kadar asap, suhu, dan kelembaban secara real-time. Hasil pengujian sensor flame menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi nyala api secara konsisten hingga jarak 150 cm dan memberikan respon berupa aktivasi LED, buzzer, serta notifikasi Telegram. Pada pengujian sensor MQ-7, sistem mampu membedakan kondisi normal dan berbahaya berdasarkan ambang batas 300 ppm, di mana peningkatan kadar asap secara signifikan memicu alarm dan notifikasi peringatan dini. Sementara itu, sensor DHT11 berhasil memantau perubahan suhu dan kelembaban lingkungan secara stabil tanpa menghasilkan alarm palsu ketika nilai masih berada dalam batas aman.

Secara keseluruhan, kombinasi multi-sensor ini meningkatkan keandalan sistem dalam mendeteksi potensi kebakaran dibandingkan penggunaan satu parameter saja. Implementasi notifikasi melalui Bot Telegram juga terbukti efektif dalam menyampaikan informasi kondisi darurat secara cepat kepada pengguna tanpa ketergantungan pada lokasi fisik, sehingga mempercepat waktu tanggap terhadap potensi kebakaran. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya mampu memberikan peringatan lokal melalui buzzer dan LED, tetapi juga menyediakan monitoring jarak jauh yang mendukung kebutuhan keamanan data center UPA TIK Undiksha secara lebih responsif, terintegrasi, dan adaptif terhadap kondisi lingkungan.

Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, penelitian-penelitian terdahulu lebih difokuskan pada lingkungan umum seperti rumah dalam bentuk prototype, dengan pengujian yang lebih menekankan pada fungsi dasar sistem. Sementara itu, penelitian ini mengintegrasikan pemantauan multi-parameter berupa deteksi api, asap, suhu, dan kelembaban yang diuji secara fungsional dan performa, serta diimplementasikan secara spesifik pada lingkungan data center. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi waktu respon sistem, keandalan notifikasi, dan efisiensi konsumsi daya, sehingga menghasilkan sistem yang lebih responsif, terintegrasi, dan sesuai dengan kebutuhan operasional data center dibandingkan penelitian sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem early warning kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) pada Data Center UPA TIK Undiksha berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan tiga parameter utama pendeteksi kebakaran, yaitu keberadaan api melalui sensor flame, kadar asap melalui sensor MQ-7, serta suhu dan kelembaban melalui sensor DHT11, yang seluruhnya dikendalikan oleh NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pemrosesan dan komunikasi data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor flame mampu mendeteksi nyala api secara efektif hingga jarak 150 cm, sensor MQ-7 mampu membedakan kondisi normal dan berbahaya berdasarkan ambang batas 300 ppm, serta sensor DHT11 mampu memantau kondisi suhu dan kelembaban secara stabil pada kondisi normal. Sistem juga berhasil memberikan peringatan lokal melalui LED dan buzzer serta notifikasi real-time melalui Bot Telegram, sehingga memungkinkan pemantauan jarak jauh secara cepat dan responsif. Sebagai saran untuk penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem ini dengan menerapkan metode *machine learning* untuk meningkatkan akurasi dan kecerdasan deteksi kebakaran. Data historis dari sensor flame, MQ-7, dan DHT11 dapat dimanfaatkan sebagai dataset pelatihan untuk membangun model klasifikasi kondisi lingkungan, sehingga sistem mampu mengenali pola kebakaran secara lebih adaptif dan mengurangi potensi *false alarm*. Dengan penerapan *machine learning*, ambang batas deteksi dapat disesuaikan secara dinamis berdasarkan kondisi lingkungan data center, sehingga sistem peringatan dini menjadi lebih responsif, akurat, dan andal dalam mendukung keamanan infrastruktur teknologi informasi.

REFERENCES

- [1] F. Alwi and A. Chusyairi, "Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Asap Dan Sensor Api Berbasis Nodemcu Esp8266 Pada PAUD Mandiri," *JURNAL MAHASISWA BINA INSANI*, vol. 7, no. 1, pp. 23–34, Aug. 2022, doi: <https://ejournal-binainsani.ac.id/index.php/JMBI/article/view/2198>.
- [2] M. R. Fasya, Zaenudin, M. M. Efendi, and S. L. Delsi, "IMPLEMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI KEBAKARAN RUMAH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," *Journal of Computer Science and Information Technology (JCSIT)*, vol. 1, no. 4, pp. 369–378, Sep. 2024, doi: <https://doi.org/10.70248/jcsit.v1i4.1286>.

- [3] 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, May 2023, doi: <https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5317>.
- [4] T. Ardiyanto, C. Supriadi, and Priyadi, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Ruang Server Berbasis Iot," 2024, doi: <https://doi.org/10.51903/432zjf74>.
- [5] M. Ravly, M. W. Kasrani, and D. P. Setianingsih, "Perancangan Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things dan Terintegrasi Notifikasi Whatsapp," *JTE UNIBA*, vol. 10, no. 1, 2025, doi: <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v10i1.1293>.
- [6] A. Murtopo and A. N. Ahsan, "PERANCANGAN SISTEM PERINGATAN DINI BAHAYA KEBAKARAN BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO," *JURNAL ELEKTROSISTA*, pp. 56–68, Dec. 2025, doi: <https://doi.org/10.63824/jtep.v13i1.401>.
- [7] D. A. Handoko and A. Priyadi, "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis IoT Studi Kasus PT Maju Jaya Windraya Ambarawa," *Go Infotech: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, vol. 31, no. 1, pp. 30–40, Jun. 2025, doi: <https://doi.org/10.36309/goi.v31i1.358>.
- [8] Z. Erfandi, D. Hartanti, and J. Maulindar, "Implementasi Internet of Things (IoT) Untuk Sistem Pemantauan Kebakaran Dini Dengan Notifikasi Telegram dan Alarm," *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 8, no. 1, pp. 86–93, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.29408/jit.v8i1.28248>.
- [9] O. E. Yudhistira and I. Suharjo, "PROTOTYPE PENDETEKSI KEBAKARAN MULTIRUANG MENGGUNAKAN NODE MCU ESP8266 DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5992>.
- [10] F. I. Ramadhan and A. L. Dewi, "Sistem Monitoring Keamanan Laboratorium Komputer Menggunakan Integrasi Sensor PIR, MQ-7, SW420, dan RFID dengan Output SMS".
- [11] N. P. Wahyudi, F. Santoso, and S. Bikwanto, "DESAIN PROTOTYPE ALARM DAN PEMADAM KEBAKARAN OTOMATIS MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN KONTROL JARAK JAUH," *Jurnal Riset Teknik Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 135–142, Sep. 2025, doi: <https://doi.org/10.69714/fwmcms26>.
- [12] S. Baco, Sukirman, A. Hanif, and R. P. Maulidha, "RANCANG BANGUN PEMANTAU SUHU RUANGAN SERVER MENGGUNAKAN BOT TELEGRAM DI JAMKRIDA SULSEL," *ILTEK : Jurnal Teknologi*, vol. 20, no. 01, pp. 1–7, May 2025, doi: <https://doi.org/10.47398/iltek.v20i01.170>.
- [13] A. Anggarani, Muqorobin, and T. F. Efendi, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN DAN PEMADAM API OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)," *JURTIKOM*, vol. 1, no. 2, Jun. 2024, doi: <https://doi.org/10.69714/tr6qwt56>.
- [14] H. H. Abrianto, K. Sari, and Irmayani, "Sistem Monitoring Dan Pengendalian Data Suhu Ruang Navigasi Jarak Jauh Menggunakan WEMOS D1 Mini," *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi*, vol. 4, no. 1, Feb. 2021, doi: <https://doi.org/10.32672/jnkti.v4i1.2687>.
- [15] M. A. Najib, A. Syuhada, W. D. Irfianton, and S. Sulartopo, "Sistem Pendeteksi Bencana Kebakaran Menggunakan ESP32 Dan Arduino Berbasis WEB," *Seminar Nasional Teknologi dan Multidisiplin Ilmu (SEMNASTEKMU)*, vol. 3, no. 1, pp. 211–218, Feb. 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/neptunus.v2i1.62>.
- [16] T. Setiadi and I. N. Syafaat, "Sistem Informasi Pendeteksi Asap Rokok Menggunakan Sensor Mq-2 Pada Klinik Berlian Limpung Berbasis Arduino Uno," *JURNAL ILMIAH SISTEM INFORMASI (JUSI)*, vol. 1, no. 2, May 2022, doi: <https://doi.org/10.51903/juisi.v1i2.320>.
- [17] F. Habibi and W. Pramusinto, "Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Aplikasi Android Menggunakan Metode Prototipe Pada SDN 08 Joglo," *Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, pp. 1112–1121, Sep. 2022, doi: <https://senafiti.budiluhur.ac.id/senafiti/article/view/310>.
- [18] Gunawan, G. Hoendarto, and S. Tendeand, "Deteksi Kebakaran Dalam Ruangan Menggunakan Internet Of Things," *Jurnal InTekSis*, vol. 12, p. 42, doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15621215>.