

SISTEM OBSERVASI LINGKUNGAN OTOMATIS SEBAGAI PENCEGAHAN KEBAKARAN DENGAN INTEGRASI SENSOR GAS MQ-2 DAN ESP8266

Deden Rustiana¹, Nina Rahayu², Radya Anung Rajendra*³

^{1,2,3} Prodi Sistem Komputer, Fakultas Sains dan Teknologi Komputer, Universitas Raharja
Email: deden.rustiana@raharja.info¹, nina.rahayu@raharja.info², radya@raharja.info*³

Abstrak

Pada era modern, pemanfaatan Internet of Things (IoT) telah banyak diterapkan di berbagai bidang, termasuk dalam sistem keselamatan dan pemantauan lingkungan. Salah satu penerapan penting IoT adalah dalam deteksi dan penanggulangan kebakaran yang semakin dibutuhkan, mengingat tingginya risiko kebakaran yang dapat mengancam keselamatan manusia, infrastruktur, dan kerusakan properti dalam skala besar. Penelitian ini mengimplementasikan sistem deteksi dini kebakaran menggunakan sensor gas MQ-2 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP8266 sebagai media pengiriman data secara real-time. Sensor MQ-2 berfungsi untuk mendeteksi keberadaan asap, gas mudah terbakar, maupun gas berbahaya di udara, sedangkan ESP8266 digunakan sebagai pengolah data sekaligus pengirim notifikasi melalui jaringan nirkabel. Sistem ini dilengkapi dengan antarmuka berbasis web yang memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan secara jarak jauh, sehingga memberikan kemudahan dalam pengawasan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi indikasi kebakaran secara akurat dan memberikan respons cepat berupa notifikasi, sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas pencegahan kebakaran, khususnya di wilayah rawan bencana atau fasilitas dengan tingkat risiko tinggi. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem peringatan dini berbasis IoT yang efisien, hemat biaya, serta mudah diimplementasikan.

Kata kunci—Internet of Things, Sistem Deteksi Kebakaran, Sensor MQ-2, ESP8266, Pemantauan Asap, Peringatan Dini.

Abstract

In the modern era, the utilization of the Internet of Things (IoT) has been widely applied across various fields, including safety systems and environmental monitoring. One of the most critical applications of IoT is in fire detection and prevention, which has become increasingly necessary due to the high risk of fires that can threaten human safety, infrastructure, and property on a large scale. This research implements an early fire detection system using the MQ-2 gas sensor integrated with the ESP8266 microcontroller as a medium for real-time data transmission. The MQ-2 sensor is used to detect the presence of smoke, flammable gases, or other hazardous gases in the air, while the ESP8266 functions as both a data processor and a wireless notifier. The system is equipped with a web-based interface that allows users to remotely monitor environmental conditions, thus improving surveillance convenience. Implementation results indicate that the system is capable of accurately detecting fire indications and providing quick response through notifications. Therefore, this system has the potential to improve fire prevention effectiveness, particularly in disaster-prone areas or facilities with high levels of fire risk. In conclusion, this research contributes to the development of efficient, cost-effective, and easily implemented IoT-based early warning systems.

Keywords—Internet of Things, Fire Detection System, MQ-2 Sensor, ESP8266, Smoke Monitoring, Early Arning.

1. PENDAHULUAN

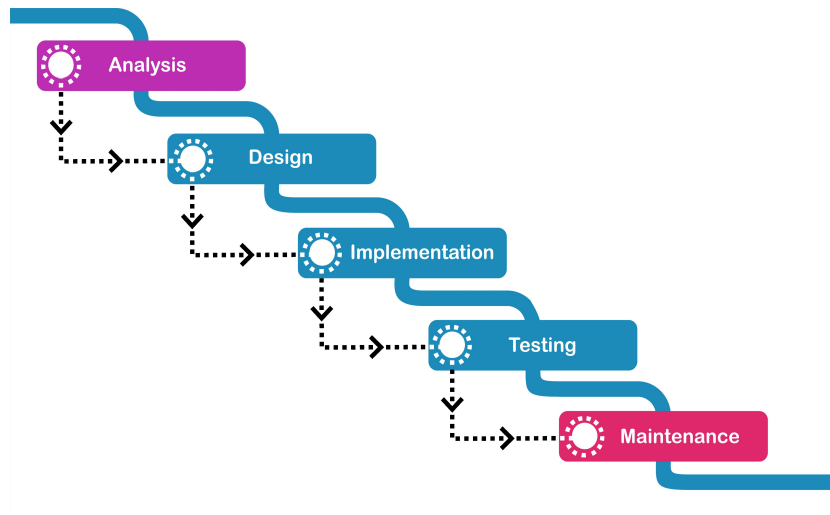
Kebakaran pada bangunan seperti rumah tinggal, pabrik, dan perkantoran sering kali disebabkan oleh berbagai faktor seperti hubungan arus pendek listrik, kebocoran gas, atau kelalaian manusia. Kecamatan Sepatan adalah gedung pemerintahan yang terletak di Jl. Raya Mauk No. 89, Sepatan, Tangerang, Banten, Indonesia. Gedung ini berada di area yang rawan kebakaran, namun saat ini belum dilengkapi dengan sistem deteksi asap dan api. Kondisi ini menimbulkan permasalahan serius karena keterlambatan dalam deteksi dini kebakaran dapat mengakibatkan kerugian materiil maupun korban jiwa.

Sejalan dengan perkembangan teknologi, pemanfaatan Internet of Things (IoT) telah banyak digunakan dalam sistem deteksi dini untuk meningkatkan keselamatan. Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas teknologi ini. Kurnia. (2023) mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis ESP8266 dengan notifikasi Telegram, yang mampu memberikan peringatan real-time kepada pengguna. Hartono dan Widjaja (2022) membangun prototipe menggunakan flame sensor, DHT11, dan NodeMCU dengan basis website, yang berhasil memantau kondisi lingkungan secara langsung. Rahmawati dan Azhari (2023) juga menerapkan NodeMCU dengan Blynk untuk notifikasi kebakaran, menunjukkan bahwa integrasi IoT dengan platform cloud mampu meningkatkan kecepatan respons. Selanjutnya, Putra dan Pramudita (2022) mengimplementasikan sensor MQ-2 berbasis IoT untuk deteksi asap dan gas, sedangkan penelitian Biantoro. (2020) menekankan pentingnya deteksi dini pada lingkungan rumah tangga untuk mencegah ledakan atau kebakaran akibat kebocoran gas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merumuskan masalah: bagaimana merancang sistem deteksi dini kebakaran yang mampu memantau asap dan api secara real-time serta mengirimkan notifikasi cepat melalui Telegram? Solusi yang diusulkan adalah sistem berbasis IoT menggunakan sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap/gas mudah terbakar dan flame sensor untuk mendeteksi api, dengan NodeMCU ESP8266 sebagai pengolah data. Sistem ini dilengkapi buzzer dan notifikasi Telegram agar pengguna dapat segera melakukan tindakan lanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, digunakan metode Waterfall yang melibatkan beberapa tahap penting, yaitu analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Pada tahap pertama, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan hardware dan software yang diperlukan, seperti ESP8266 sebagai mikrokontroler untuk menghubungkan sistem ke internet, sensor MQ-2 untuk deteksi gas dan asap, serta aplikasi Telegram untuk notifikasi peringatan. Desain sistem melibatkan pembuatan flowchart dan diagram blok untuk memvisualisasikan alur kerja. Implementasi dilakukan dengan menyusun kode menggunakan Arduino IDE untuk mengatur sensor dan mikrokontroler. Pengujian dilakukan dengan metode blackbox testing untuk memastikan fungsionalitas sistem, dan tahap pemeliharaan dilakukan secara berkala untuk memastikan sistem tetap berfungsi optimal:



Gambar 1. Tahapan Pada Metode *Waterfall*

1. Tahap Requirements (kebutuhan)

Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan evaluasi terhadap kebutuhan pada pengembangan Sistem Kebakaran Menggunakan Sensor Gas MQ-2 Berbasis ESP8266. Tahap ini merupakan bagian yang penting untuk memastikan bahwa semua elemen yang diperlukan telah dipertimbangkan sebelum melanjutkan ke tahap perancangan dan implementasi. Proses ini meliputi dua aspek utama, yaitu kebutuhan hardware dan kebutuhan software.

- A. Kebutuhan hardware mencakup semua perangkat fisik yang diperlukan untuk menjalankan sistem otomatisasi. Berdasarkan hasil diskusi dengan klien dan penelitian awal, berikut adalah komponen hardware yang akan digunakan dalam prototipe ini:

1. **Arduino IDE**

IDE (Integrated Development Environment) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, dan mengunggah program ke papan mikrokontroler seperti ESP8266. Dalam proyek ini, Arduino IDE digunakan untuk memprogram perangkat seperti ESP8266 agar dapat membaca data dari sensor dan mengirimkan informasi melalui jaringan internet secara otomatis.

2. **Telegram**

Telegram adalah aplikasi pesan instan berbasis cloud yang mendukung sistem bot, yang memungkinkan pengguna mengintegrasikan notifikasi otomatis dari perangkat IoT. Dalam sistem ini, Telegram digunakan sebagai media untuk mengirimkan notifikasi peringatan secara real-time ketika sensor mendeteksi adanya gas atau api. Melalui fitur Telegram Bot, ESP8266 yang telah terhubung ke internet dapat mengirim pesan otomatis ke pengguna tanpa harus menggunakan perangkat tambahan lain. Penggunaan Telegram memberikan kelebihan karena cepat, gratis, dan dapat diakses di berbagai platform seperti smartphone maupun desktop.

3. ESP8266 (NodeMCU)

ESP8266 adalah modul mikrokontroler berbasis WiFi yang memiliki kemampuan pemrosesan dan komunikasi nirkabel dalam satu chip. Modul ini banyak digunakan dalam pengembangan proyek berbasis Internet of Things (IoT) karena ukurannya yang kecil, konsumsi daya rendah, serta dukungan penuh terhadap pemrograman menggunakan Arduino IDE. Dalam penelitian ini, ESP8266 berfungsi sebagai otak sistem yang mengatur logika pemrosesan dan mengirim data ke platform notifikasi seperti Telegram.

4. Sensor Gas MQ-2

MQ-2 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas-gas mudah terbakar seperti LPG, butana, metana, alkohol, asap, dan hidrogen. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi material kimia di dalamnya terhadap keberadaan gas di lingkungan sekitarnya. Dalam sistem yang dirancang, MQ-2 digunakan untuk mendeteksi potensi kebocoran gas atau asap di ruang server, yang kemudian menjadi pemicu peringatan dini.

5. Kabel Jumper

Kabel jumper adalah komponen penting dalam perakitan rangkaian elektronik, yang digunakan untuk menghubungkan pin-pin antar komponen di breadboard maupun mikrokontroler. Kabel ini tersedia dalam tiga jenis: male-to-male, male-to-female, dan female-to-female. Pada penelitian ini, kabel jumper digunakan untuk menghubungkan ESP8266 dengan sensor dan output seperti buzzer dan LED, agar sinyal antar komponen dapat terdistribusi dengan baik.

6. Buzzer

Buzzer adalah komponen output elektronik yang menghasilkan suara atau bunyi sebagai tanda peringatan. Buzzer dapat bekerja secara aktif (langsung berbunyi ketika diberi tegangan) atau pasif (memerlukan sinyal frekuensi). Dalam sistem ini, buzzer digunakan untuk memberikan sinyal peringatan lokal jika terdeteksi keberadaan gas berbahaya atau api di ruang server, sehingga pengguna di sekitar dapat segera mengambil tindakan.

2. Tahap Desain

Pada tahap desain sistem, setelah kebutuhan atau spesifikasi sistem sudah jelas dan siap, proses ini melibatkan pembuatan desain yang lebih rinci dan terstruktur untuk menggambarkan bagaimana sistem akan bekerja. Berikut adalah langkah-langkah rinci dari proses tersebut:

1. Menyusun Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menampilkan alur kerja atau proses secara visual. Dalam tahap ini, langkah-langkah dilakukan melalui identifikasi proses utama yaitu dengan menentukan proses atau langkah besar dalam sistem yang akan dirancang, seperti input, pemrosesan, dan output. Selanjutnya setiap langkah atau proses digambarkan dengan simbol-simbol standar, Selanjutnya setiap langkah atau proses digambarkan dengan simbol-simbol standar, seperti oval untuk start/stop, persegi panjang untuk proses, belah ketupat untuk keputusan, dan panah untuk menunjukkan aliran dari satu proses ke proses lainnya. Setelah flowchart disusun, tinjau ulang untuk memastikan bahwa semua proses dan keputusan sudah digambarkan dengan jelas dan tidak ada langkah yang terlewat.

2. Membuat Diagram Blok

Diagram blok digunakan untuk menggambarkan komponen atau bagian dari sistem yang akan dirancang dan interaksi di antara komponen-komponen tersebut. Langkah-langkah dalam pembuatan diagram blok dimulai dengan menentukan bagian atau modul utama dari sistem. Setiap komponen utama digambarkan sebagai sebuah blok di dalam diagram. Blok ini mewakili bagian atau modul yang berbeda dari sistem. Dilanjutkan dengan menghubungkan blok-blok tersebut dengan garis atau panah untuk menunjukkan bagaimana data atau informasi mengalir di antara komponen-komponen tersebut. Ini bisa mencakup jalur data dari input menuju pemrosesan, dari pemrosesan ke penyimpanan, dan akhirnya ke output.

3. Tahap Implementation (Coding)

Proses implementasi sistem kebakaran ini dilakukan dengan menyusun kode program menggunakan bahasa pemrograman C/C++ pada Arduino IDE. Bahasa ini digunakan untuk mengatur logika kerja sensor gas MQ-2 dan mikrokontroler ESP8266 dalam mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar serta mengirimkan notifikasi secara real-time melalui Telegram Bot. Tahapan dimulai dengan inisialisasi pin dan konfigurasi sensor MQ-2, buzzer, dan koneksi WiFi. Program dirancang agar sistem secara terus-menerus membaca nilai gas dari sensor. Jika terdeteksi nilai gas melebihi ambang batas, maka ESP8266 akan memberikan output berupa aktivasi buzzer sebagai alarm lokal, dan secara bersamaan mengirimkan notifikasi peringatan ke Telegram melalui HTTP API.

Sebelum alat dijalankan secara nyata, program diuji terlebih dahulu melalui fitur serial monitor pada Arduino IDE untuk memastikan pembacaan sensor, konektivitas internet, dan logika pengiriman pesan bekerja sesuai yang diharapkan.

4. Tahap Testing

Pengujian merupakan tahap yang krusial untuk memastikan bahwa sistem deteksi kebakaran berbasis ESP8266 dan sensor MQ-2 bekerja sesuai dengan fungsionalitas yang telah dirancang. Pengujian dilakukan menggunakan metode blackbox testing, di mana fokusnya adalah pada hasil keluaran dari sistem berdasarkan input yang diberikan, tanpa melihat kode atau struktur internal program.

Pada tahap ini, dilakukan pengujian terhadap respons sistem saat mendeteksi keberadaan gas atau asap. Sistem diuji dengan memberikan stimulus berupa gas atau asap dari jarak tertentu, lalu diamati apakah:

1. Sensor MQ-2 mampu mendeteksi peningkatan konsentrasi gas.
2. Buzzer berbunyi sebagai alarm peringatan lokal.
3. Notifikasi dikirim secara real-time ke aplikasi Telegram melalui koneksi internet dari ESP8266.

Setiap skenario diuji untuk memastikan sistem memberikan respon yang tepat, cepat, dan akurat terhadap kondisi yang ditentukan.

5. Tahap Maintenance

Tahap pemeliharaan (maintenance) penting dilakukan untuk menjaga agar sistem deteksi kebakaran tetap bekerja secara optimal dan tahan lama. Pemeliharaan dilakukan secara berkala untuk menghindari kerusakan fungsi, gangguan sensor, atau masalah konektivitas. Beberapa kegiatan pemeliharaan dalam sistem ini antara lain:

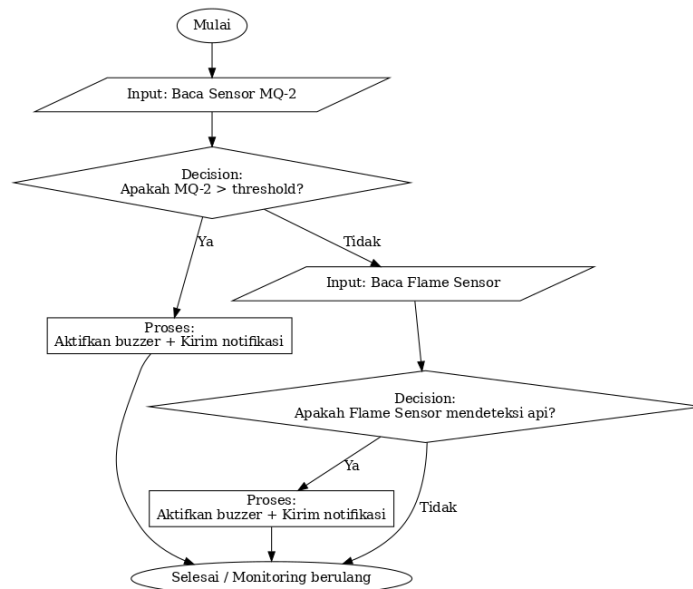
1. Memeriksa kondisi sensor MQ-2 agar tidak tertutup debu atau kotoran yang bisa mengganggu akurasi pendeteksian.
2. Melakukan kalibrasi ulang sensor secara berkala agar tetap sensitif terhadap perubahan gas di lingkungan.
3. Mengecek koneksi WiFi dan Telegram Bot untuk memastikan sistem notifikasi tetap aktif.
4. Memastikan kabel jumper, buzzer, serta output lain (seperti kipas atau pompa) terpasang dengan baik dan tidak longgar.
5. Membersihkan komponen fisik dan memastikan modul ESP8266 tidak mengalami panas berlebih.

Dengan perawatan yang rutin, sistem dapat terus berfungsi dengan baik dalam mendeteksi kondisi berbahaya di lingkungan server atau ruang lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kebakaran secara dini pada ruangan tertentu, seperti ruang server, menggunakan sensor MQ-2 dan mikrokontroler ESP8266. Sensor MQ-2 memantau kualitas udara secara terus-menerus dan mengirimkan data ke ESP8266. Jika nilai gas melebihi ambang batas, buzzer akan aktif sebagai alarm lokal, dan notifikasi akan dikirim ke pengguna melalui Telegram secara real-time.

Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan kipas untuk mengurangi konsentrasi gas atau pompa air untuk membantu meredam api. Hasil implementasi menunjukkan sistem mampu merespons cepat dan akurat, serta notifikasi Telegram dapat diterima dengan baik selama koneksi internet stabil. Dengan demikian, sistem ini potensial digunakan sebagai solusi deteksi dini kebakaran di lingkungan indoor. Proses kerja sistem ini dapat digambarkan dalam bentuk flowchart sebagai berikut:

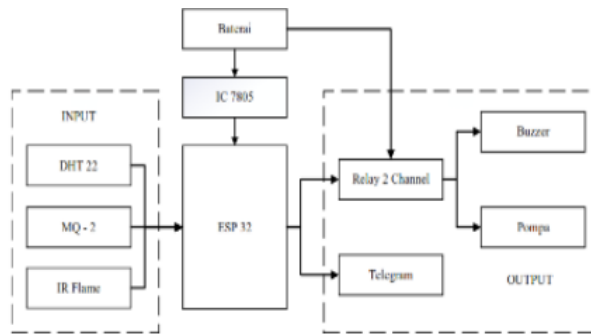


Gambar 2. Flowchart Sistem Kebakaran

Gambar di atas menunjukkan alur kerja sistem deteksi kebakaran berbasis ESP8266, yang menggabungkan beberapa komponen utama seperti sensor gas MQ-2, sensor api, buzzer, dan koneksi ke aplikasi Telegram. Proses dimulai ketika perangkat diaktifkan, lalu sistem melakukan inisialisasi komponen.

1. Analisis Kebutuhan

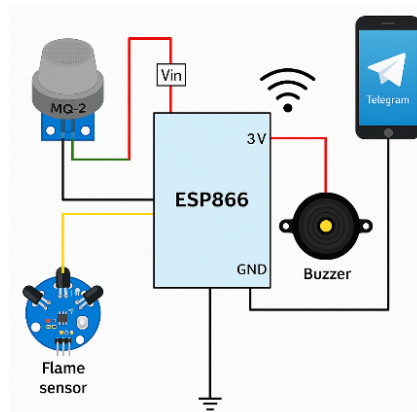
Pada tahap ini dilakukan identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan meliputi NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama, sensor MQ-2 untuk mendeteksi asap dan gas mudah terbakar, flame sensor untuk mendeteksi api, buzzer sebagai alarm peringatan, dan adaptor daya 5V. Perangkat lunak yang digunakan adalah Arduino IDE sebagai platform pemrograman dan aplikasi Telegram sebagai media notifikasi real-time.



Gambar 3. Rangkaian diagram blok.

2. Perancangan Sistem

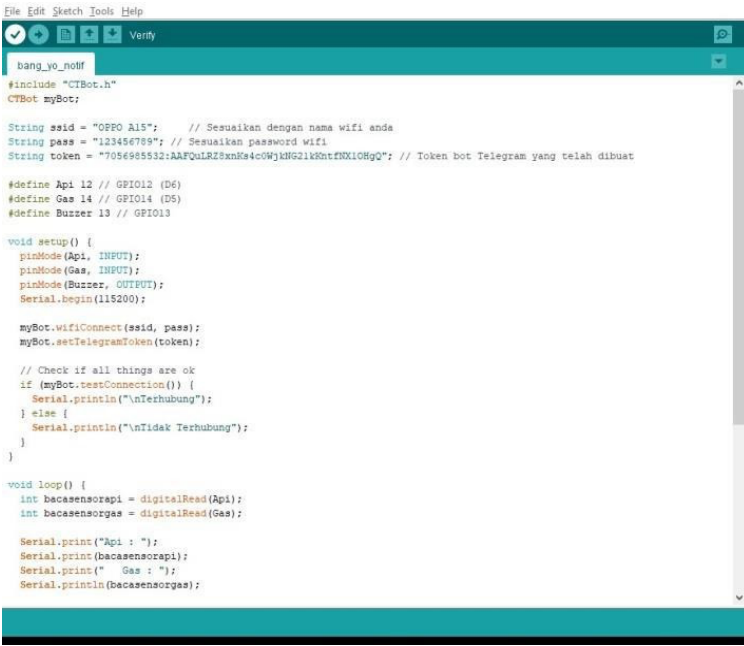
Perancangan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT ini menggunakan ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung langsung dengan sensor gas MQ-2, sensor api (flame sensor), dan buzzer. ESP8266 memiliki kemampuan konektivitas WiFi yang memungkinkan sistem ini untuk berkomunikasi dengan jaringan internet tanpa perangkat tambahan. Melalui koneksi ini, sistem dapat mengirimkan notifikasi secara real-time ke aplikasi Telegram yang telah dikonfigurasi dengan Token API dan Chat ID. Ketika salah satu sensor mendeteksi keberadaan gas atau api, buzzer akan aktif sebagai alarm peringatan, dan secara bersamaan sistem akan mengirimkan pemberitahuan ke Telegram agar pengguna dapat segera mengambil tindakan.



Gambar 4. Rangkaian Sistem Kebakaran Menggunakan Sensor Gas

3. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang bertujuan untuk memberikan solusi deteksi kebakaran secara dini pada ruangan tertentu, seperti ruang server, dengan memanfaatkan sensor gas MQ-2 dan mikrokontroler ESP8266. Sistem bekerja secara otomatis dalam mendeteksi adanya gas mudah terbakar atau asap, serta memberikan peringatan dini baik secara lokal maupun jarak jauh melalui notifikasi Telegram. Sensor MQ-2 melakukan pemantauan kualitas udara secara terus-menerus dan mengirimkan data analog ke ESP8266. Jika nilai konsentrasi gas melebihi ambang batas yang ditentukan, maka ESP8266 akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan mengirimkan notifikasi ke pengguna melalui Bot Telegram secara real-time. Sistem ini juga dapat dikembangkan dengan menambahkan output tambahan, seperti kipas untuk mengurangi konsentrasi gas atau pompa air untuk meredam api bila terdeteksi oleh sensor tambahan.



```
File Edit Sketch Tools Help
Verify
bang_vo_notif
#include "CTBot.h"
CTBot myBot;

String ssid = "OPPO A15"; // Sesuaikan dengan nama wifi anda
String pass = "123456789"; // Sesuaikan password wifi
String token = "7056985532:AAFQULR28xnK4c0WjKNG2lKXntfMX10Hy0"; // Token bot Telegram yang telah dibuat

#define Api 12 // GPIO12 (D6)
#define Gas 14 // GPIO14 (D5)
#define Buzzer 13 // GPIO13

void setup() {
  pinMode(Api, INPUT);
  pinMode(Gas, INPUT);
  pinMode(Buzzer, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);

  myBot.wifiConnect(ssid, pass);
  myBot.setTelegramToken(token);

  // Check if all things are ok
  if (myBot.testConnection()) {
    Serial.println("\nTerhubung");
  } else {
    Serial.println("\nTidak Terhubung");
  }
}

void loop() {
  int bacaSensorapi = digitalRead(Api);
  int bacaSensorgas = digitalRead(Gas);

  Serial.print("Api : ");
  Serial.print(bacaSensorapi);
  Serial.print(" Gas : ");
  Serial.println(bacaSensorgas);
}
```

Gambar 5. Kode Program Arduino

Perancangan sistem dilakukan untuk menggambarkan alur kerja dan hubungan antar komponen. Flowchart sistem menunjukkan proses pembacaan data sensor, pengambilan keputusan (decision), serta keluaran berupa alarm dan notifikasi. Decision pada flowchart telah direvisi sehingga memiliki dua keluaran (Ya dan Tidak) sesuai standar. Diagram blok menggambarkan integrasi NodeMCU ESP8266 dengan sensor MQ-2, flame sensor, buzzer, dan koneksi internet untuk mengirim notifikasi Telegram.

4. Implementasi

Tahap implementasi dilakukan dengan merakit rangkaian sensor sesuai desain dan memprogram NodeMCU ESP8266 menggunakan Arduino IDE. Program dibuat untuk membaca nilai dari sensor MQ-2 dan flame sensor, kemudian membandingkan dengan nilai ambang batas (threshold). Jika sensor mendeteksi adanya asap, gas, atau api, maka NodeMCU memicu buzzer serta mengirimkan pesan notifikasi melalui bot Telegram. Implementasi juga mencakup pembuatan akun bot Telegram dan integrasinya dengan sistem.



Gambar 6. Software Telegram

5. Pengujian

Pengujian dilakukan setelah seluruh perangkat terpasang dan sistem siap dijalankan. Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai yang dirancang, yaitu mendeteksi keberadaan asap, gas, dan api, serta memberikan peringatan secara cepat melalui buzzer dan notifikasi ke Telegram. Sistem diuji dengan memberikan stimulus berupa asap (menggunakan pembakaran kertas) dan sumber api (nyala korek api) dari berbagai jarak.

Hasilnya, sistem mampu merespons dengan baik ketika mendeteksi gas/asap dengan nilai sensor MQ-2 di atas ambang batas (400 ppm), dan flame sensor mendeteksi api secara akurat pada jarak <30 cm. Waktu rata-rata pengiriman notifikasi dari saat deteksi hingga pesan muncul di Telegram berkisar antara 2,1 hingga 2,4 detik. Respons buzzer lokal terjadi hampir seketika (kurang dari 1 detik). Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini secara real-time, sehingga pengguna dapat segera mengambil tindakan manual untuk mencegah kebakaran.

Pengujian dilakukan dalam kondisi suhu ruangan 25–28°C dan kelembapan 60–70%. Sistem tetap menunjukkan performa stabil. Namun, pengujian lebih lanjut dalam kondisi ekstrem seperti ruangan berdebu atau sangat panas disarankan untuk mengukur keandalan jangka panjang.

Tabel 1. Hasil Pengujian

Jenis Sensor	Kondisi	Jarak	Nilai Sensor	Respon Sistem	Waktu Notifikasi
MQ-2	Asap	<30 cm	424 ppm	Buzzer aktif	2,3 detik
MQ-2	Gas Korek	<30 cm	515 ppm	Buzzer aktif	2,4 detik
Flame	Api (nyala)	<30 cm	Nilai = 1	Buzzer aktif	2,1 detik

A. Keterkaitan Literatur

Hasil dari sistem ini dibandingkan dengan penelitian oleh Hakim et al. (2021), menunjukkan bahwa waktu deteksi dan pengiriman notifikasi dalam penelitian ini relatif lebih cepat (2,1–2,4 detik) dibandingkan sistem lain yang memerlukan 3–5 detik pengiriman via server terpusat. Selain itu, penggunaan ESP8266 dengan Telegram Bot terbukti lebih sederhana dan efektif dibanding penggunaan modul GSM seperti SIM800L.

B. Stabilitas Koneksi Internet

Sistem sangat bergantung pada koneksi WiFi. Jika koneksi terputus, alarm lokal (buzzer) tetap bekerja, namun notifikasi tidak terkirim. Oleh karena itu, pengguna disarankan untuk menggunakan jaringan internet stabil. Mekanisme cadangan saat ini belum tersedia, namun dapat dikembangkan dengan fitur SMS berbasis modul GSM atau menyimpan log lokal sebagai bukti deteksi.

C. Pengembangan Sistem

Walaupun sistem ini tidak menggunakan kipas atau pompa air otomatis, ke depan sistem dapat dikembangkan untuk mengintegrasikan aktuator tersebut dengan kontrol manual berbasis aplikasi. Penelitian oleh Widyatmoko et al. (2020) menunjukkan bahwa pompa air dapat efektif memadamkan api kecil dalam waktu kurang dari 5 detik bila diaktifkan bersamaan dengan sistem deteksi. Referensi seperti ini bisa dijadikan acuan untuk pengembangan sistem di masa depan.

Dengan semua fitur yang telah diimplementasikan, sistem deteksi dini kebakaran ini dapat memberikan manfaat besar dalam mengurangi risiko kebakaran, terutama di ruang-ruang yang membutuhkan pengawasan berkelanjutan.

6. Evaluasi dan Hasil Penelitian

Berdasarkan implementasi dan pengujian, sistem deteksi kebakaran berbasis IoT ini terbukti dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi keberadaan gas dengan tingkat respons yang cepat dan akurat. Notifikasi melalui Telegram dapat diterima dengan baik selama koneksi internet stabil. Kelebihan sistem ini adalah kemampuannya mendeteksi asap, gas, dan api secara real-time serta memberikan peringatan ganda melalui buzzer dan notifikasi Telegram. Kekurangannya adalah masih bergantung pada koneksi WiFi sehingga jika jaringan terganggu, pengiriman notifikasi bisa mengalami keterlambatan. Dengan demikian, sistem ini sangat potensial digunakan sebagai sistem deteksi dini kebakaran di lingkungan indoor yang membutuhkan pengawasan terus-menerus.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi dini kebakaran berbasis IoT menggunakan sensor MQ-2 dan mikrokontroler ESP8266 yang terintegrasi dengan Telegram sebagai media notifikasi. Sistem mampu mendeteksi asap atau gas mudah terbakar secara real-time, memberikan peringatan melalui buzzer, serta mengirimkan notifikasi jarak jauh yang dapat diterima dengan cepat oleh pengguna. Kekuatan sistem ini terletak pada implementasi yang jelas dengan pengujian terukur, integrasi dengan Telegram yang praktis, murah, dan real-time, serta adanya perbandingan dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan keunggulan sistem ini dalam hal efektivitas dan kemudahan penggunaan. Namun, sistem ini masih memiliki keterbatasan, yaitu belum diuji pada kondisi ekstrem (seperti suhu tinggi, debu, atau gangguan sinyal), bergantung penuh pada jaringan WiFi tanpa mekanisme cadangan, serta belum dilengkapi dengan fitur otomatisasi pemadaman api, sehingga hanya berfungsi untuk deteksi dan notifikasi. Dengan demikian, sistem ini dapat dijadikan solusi awal untuk deteksi kebakaran dini di ruang indoor, khususnya ruang server atau perkantoran, dan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan mekanisme cadangan komunikasi serta integrasi dengan sistem pemadam otomatis untuk meningkatkan keandalan.

5. SARAN

Diharapkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan penambahan sensor tambahan untuk mendeteksi faktor lain yang dapat mempengaruhi kebakaran, seperti suhu atau kelembapan. Selain itu, pengujian di berbagai kondisi dan lingkungan juga perlu dilakukan untuk memastikan keandalan dan kestabilan sistem dalam berbagai situasi. Pengembangan fitur notifikasi yang lebih terperinci, seperti integrasi dengan aplikasi lain atau sistem alarm otomatis, dapat meningkatkan efektivitas respon terhadap kebakaran. Penyempurnaan dalam hal daya tahan perangkat dan pemeliharaan sistem juga penting untuk memastikan keberlanjutan dan keandalan jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Kurnia, D., Setiawan, R., & Janizal. (2023). Development of IoT Systems for Fire Detection Tools Using ESP8266 and Telegram Notifications. *Jurnal RAMA TEKNO*, 3(2), 18–27. <https://www.researchgate.net/publication/375791861>
- [2]. Hartono, A., & Widjaja, A. (2022). Prototype Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Flame, Sensor DHT11 dan Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 Berbasis Website. *Jurnal Informatika*, 3(1), 40–45. <https://ejournal.poltekharber.ac.id/index.php/informatika/article/view/8176>
- [3]. Rahmawati, Y., & Azhari, M. (2023). Implementasi NodeMCU dan Blynk Dalam Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi*, 5(2), 22–30. <https://www.researchgate.net/publication/378197590>
- [4]. Putra, M. F., & Pramudita, A. (2022). Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor MQ-2 Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(1), 15–22.
- [5]. Biantoro, A. W., Anggraini, R., & Subekti, S. (2020). Pengembangan Alat Deteksi Dini Asap dan Kebocoran pada Tabung LPG, Pencegah Kebakaran Skala Rumah Tangga. *Factor Exacta*, 13(2), 113–124.
- [6]. Ciksadan, S., & Ramadhona, Y. (2020). Sistem Pendeteksi Kebocoran LPG Untuk Smarthome Berbasis IoT dengan Metode Fuzzy. *Media Informatika Budidarma*, 4(2), 479–485.

-
- [7]. Handayani, A. S. (2020). Aplikasi Teknologi GSM/GPRS Pada Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika*, 1(1), 29–35.
- [8]. Inggi, R., & Pangala, J. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino. *Jurnal Simkom*, 6(1), 12–22.
- [9]. Hidayat, N., Hidayat, S., Pramono, N. A., & Nadirah, U. (2020). Sistem Deteksi Kebocoran Gas Sederhana Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Rekayasa*, 13(2), 181–186.
- [10]. Noorfirdaus, J. R., Virgian, D., & Sakti, Y. S. (2020). Sistem Pendeteksi Kebakaran Dini Menggunakan Sensor MQ-2 dan Flame Sensor Berbasis Web. *Konferensi Nasional Ilmu Komputer*, 404–409.
- [11]. Puspaningrum, A. S., Firdaus, F., Ahmad, I., & Anggono, H. (2020). Perancangan Alat Deteksi Kebocoran Gas Pada Perangkat Mobile Android Dengan Sensor MQ-2. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 1(1), 1–9.
- [12]. Muslem, I. (2021). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Rumah Tangga Menggunakan MQ-2 Sensor dan Mikrokontroler. *Jurnal TIKa*, 6(2), 58–64.
- [13]. Sirai, R., Erwansyah, K., Jaya, H., & Winata, H. (2020). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Regulator LPG Via SMS Menggunakan Modul GSM dan Sensor MQ-6 Berbasis Arduino Uno. *Jurnal J-SISKO TECH*, 3(2), 73–80.
- [14]. Artiyasa, M., et al. (2020). Aplikasi Smart Home NodeMCU IoT untuk Blynk. *Jurnal Teknologi Informasi*, 4(1), 30–38.
- [15]. Widyatmoko, A., & Sari, I. P. (2021). Efektivitas Sistem Penyemprotan Otomatis Berbasis IoT dalam Pencegahan Api pada Ruang Terbuka. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 9(1), 55–63.
- [16]. Hakim, M. A., Prasetyo, R., & Nugroho, D. (2021). Implementasi Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis ESP32 dan Sensor Gas dengan Pemberitahuan WhatsApp. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 8(3), 192–198.
- [17]. Nugraha, Y., & Purnomo, B. (2022). Monitoring dan Peringatan Dini Kebakaran Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU dan Blynk. *Jurnal Elektro dan Komputer*, 12(2), 87–94.
- [18]. Yuliana, D., & Sugiarto, T. (2023). Desain Sistem Pendeteksi Kebakaran untuk Smart Home Menggunakan Sensor Gas dan Api Berbasis IoT. *Jurnal Riset Informatika*, 5(1), 44–52.
- [19]. Andriani, L., & Putra, A. S. (2021). IoT-Based Fire and Smoke Detection System Using Telegram Notification Platform. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics*, 9(4), 100–108.
- [20]. Ramadhan, F., & Fauzi, M. (2023). Smart Fire Detection System Berbasis NodeMCU dan Telegram dengan Sensor MQ-2 dan Flame Sensor. *Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 134–141.