

Pedeteksi Dini Kebakaran Berbasis Wemos dan Aplikasi Smartphone Pada Gerbong Kereta Api Kelas Ekonomi *New Generation Stainless Steel*

Muhammad Alhan¹, Quranul Hakim²,

¹Politeknim Pratama Mulia Surakarta

²Politeknim Pratama Mulia Surakarta

email: ¹yuesss08@gmail.com, ²putadewa@politama

ABSTRACT

This final project aims to design and test a prototype of a WeMos D1 R1-based early fire detection system and a smartphone application on a New Generation economy class train carriage made of stainless steel. The background of this study is the high risk of fire on the train due to electrical short circuits or passenger negligence, so a fast and integrated detection system is needed. The study used an experimental method by assembling a smoke sensor and a flame sensor connected to a WeMos D1 R1 microcontroller. Sensor data is sent wirelessly via a Wi-Fi network to the Telegram application by utilizing the API to send real-time warning messages to officers or related parties. Testing was carried out on a miniature train carriage with an artificial fire scenario. The results showed that the system was able to detect the presence of smoke and fire with an average response time of less than 5 seconds and send notifications to Telegram with an accuracy rate of 96%. This prototype is considered effective as an early fire warning system that can improve passenger safety on New Generation economy class train carriages.

Keywords: WeMos D1 R1, fire, smoke sensor, flame sensor, Telegram, train.

INTISARI

Tugas Akhir ini bertujuan merancang dan menguji prototype pendeteksi dini kebakaran berbasis WeMos D1 R1 dan aplikasi smartphone pada gerbong kereta api kelas ekonomi New Generation berbahan stainless steel. Latar belakang penelitian ini adalah tingginya risiko kebakaran di dalam kereta akibat korsleting listrik atau kelalaian penumpang, sehingga diperlukan sistem pendeteksi yang cepat dan terintegrasi. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan merakit sensor asap (smoke sensor) dan sensor api (flame sensor) yang terhubung ke mikrokontroler WeMos D1 R1. Data sensor dikirim secara nirkabel melalui jaringan Wi-Fi ke aplikasi Telegram dengan memanfaatkan API untuk mengirim pesan peringatan secara real-time kepada petugas atau pihak terkait. Pengujian dilakukan pada miniatur gerbong kereta dengan skenario kebakaran buatan. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu mendeteksi keberadaan asap dan api dengan rata-rata waktu respon kurang dari 5 detik dan mengirim notifikasi ke Telegram dengan tingkat akurasi sebesar 96%. Prototype ini dinilai efektif sebagai sistem peringatan dini kebakaran yang dapat meningkatkan keselamatan penumpang pada gerbong kereta api kelas ekonomi New Generation.

Kata kunci: Letakkan 4-8 kata kunci Anda di sini. Kata kunci dipisahkan dengan koma dan masing-masing kata diawali dengan huruf kapital.

I. Pendahuluan

Keselamatan penumpang merupakan aspek yang sangat krusial dalam operasional transportasi massal, termasuk kereta api. Sebagai salah satu moda transportasi darat yang banyak digunakan masyarakat Indonesia, kereta api harus memenuhi standar keselamatan tinggi untuk mengurangi risiko kecelakaan, termasuk kebakaran. Salah satu upaya penting dalam meningkatkan keselamatan adalah dengan menerapkan sistem deteksi dini terhadap potensi bahaya, seperti asap dan api, yang dapat menjadi indikasi awal terjadinya kebakaran.

Gerbong kereta api kelas ekonomi *New Generation Stainless Steel* merupakan bentuk modernisasi dari layanan kereta ekonomi, yang mengutamakan kenyamanan dan keamanan penumpang. Meskipun telah dilengkapi dengan berbagai fasilitas yang lebih baik, sistem deteksi kebakaran di dalam gerbong masih terbatas dan pada umumnya belum bersifat otomatis serta terintegrasi dengan sistem peringatan dini.

Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan suatu sistem yang mampu mendeteksi keberadaan asap dan api secara otomatis dan real-time, guna memberikan peringatan

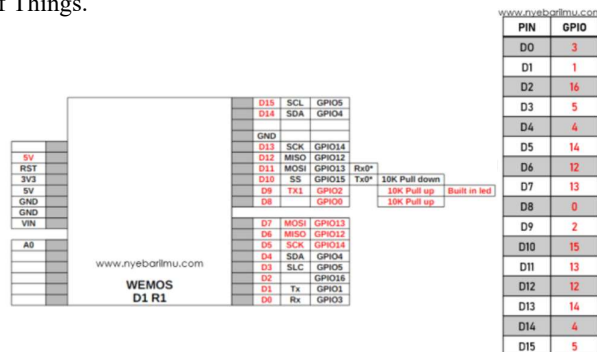
dini sebelum api menyebar lebih luas. Teknologi berbasis mikrokontroler seperti Arduino/ Wemos menjadi solusi yang tepat karena memiliki fleksibilitas tinggi, biaya relatif murah, serta mudah dikembangkan. Dengan memanfaatkan sensor asap misalnya MQ-2 atau MQ-135 dan sensor api seperti flame sensor infrared, sistem ini dapat merespon secara cepat ketika mendeteksi adanya ancaman kebakaran.

II. DASAR TEORI

Pendeteksi kebakaran atau detektor kebakaran adalah alat yang berfungsi mendeteksi secara dini kebakaran, agar kebakaran yang terjadi tidak berkembang menjadi lebih besar. Dengan terdeteksinya kebakaran, maka upaya untuk mematikan api dapat segera dilakukan, sehingga dapat meminimalisasi kerugian sejak awal. Jika dianalogikan detektor kebakaran adalah alat bantu seperti pancaindra kita. Untuk merasakan bau kita memiliki hidung, kalau untuk merasakan adanya kebakaran digunakanlah detektor kebakaran. Deteksi kebakaran dilakukan pada kemunculan asap, kemunculan titik api, dan adanya kobaran api.

A. Wemos D1 R1

Wemos D1 R1 adalah board pengembangan mikrokontroler yang berbasis modul ESP8266, yang dikembangkan untuk memudahkan pengembangan aplikasi berbasis Internet of Things (IoT). Di mana module development board ini juga berbasis WiFi dari keluarga ESP8266 dan dapat diprogram menggunakan software Arduino IDE. Wemos D1 R1 memiliki bentuk dan susunan pin yang serupa dengan Arduino Uno, sehingga memungkinkan penggunaan berbagai jenis shield Arduino secara langsung. D1 R1 mengacu pada nomor model atau versi dari papan pengembangan Wemos D1 yang populer untuk proyek Internet of Things (IoT). Angka D1 sering kali merujuk pada platform yang mirip dengan Arduino, sementara R1 menunjukkan revisi atau revisi pertama dari versi tersebut, yang menggunakan chip ESP8266. Dengan konektivitas WiFi bawaan, Wemos D1 R1 sangat cocok digunakan dalam proyek-proyek IoT seperti pengendalian perangkat jarak jauh, pemantauan sensor secara real-time, serta pengiriman data ke server atau aplikasi cloud. Kemudahan dalam pemrograman, dukungan komunitas yang luas, serta ketersediaan berbagai referensi membuat Wemos D1 R1 menjadi salah satu pilihan utama dalam pembelajaran dan pengembangan sistem mikrokontroler berbasis Internet of Things.



Gambar 1 Pin Wemos D1 R1

Gambar 1 di atas menunjukkan perbedaan antara penamaan pin digital (D0, D1, D2, dst.) dengan nomor GPIO pada Wemos D1 R1. Pemahaman ini penting agar tidak terjadi kesalahan saat menghubungkan sensor atau aktuator dengan pin Wemos, karena sistem pada dasarnya merujuk ke nomor GPIO, bukan hanya nomor pin fisik seperti pada Arduino Uno.



Gambar 2 Wemos D1 R1

Dari gambar 2 diatas, Wemos memiliki 11 pin digital I/O dan 1 pin analog input. Pin TX (Transmit) dan RX (Receive) berfungsi untuk komunikasi serial. Pin TX digunakan untuk mengirim data, sedangkan pin RX digunakan untuk menerima data. Dalam pembuatan program, pengguna dapat menggunakan software Arduino IDE dan perangkat lunaknya berupa sketch yang dapat disimulasikan.

B. Dasar Pemrograman Arduino IDE

Arduino IDE merupakan sebuah perangkat lunak open-source yang digunakan untuk memprogram berbagai jenis mikrokontroler, termasuk WeMos D1 R1. Aplikasi ini memiliki antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga memudahkan pengguna dalam menulis, mengunggah, serta melakukan debugging program. Untuk memprogram WeMos D1 R1, Arduino IDE mendukung bahasa pemrograman berbasis C/C++ dan menyediakan banyak library yang kompatibel dengan modul ESP8266. Selain itu, pengguna hanya perlu menambahkan board manager ESP8266 pada Arduino IDE agar WeMos D1 R1 dapat dikenali dan diprogram dengan mudah. Keberadaan Arduino IDE membuat proses pengembangan aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan WeMos D1 R1 menjadi lebih efisien, praktis, dan mendukung proses pembelajaran mikrokontroler secara lebih optimal.

Fitur-fitur utama yang terdapat pada aplikasi Arduino IDE, yaitu sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengedit, mengompilasi, dan mengunggah program ke dalam mikrokontroler seperti Arduino Uno, Wemos D1 R1, dan lainnya. Setiap fitur pada Arduino IDE memiliki fungsi tersendiri yang sangat membantu dalam proses pengembangan sistem berbasis mikrokontroler. Dengan memanfaatkan fitur-fitur ini, pengguna dapat lebih mudah dalam memeriksa kesalahan kode, menyimpan proyek, serta memantau hasil pembacaan sensor secara real-time.

C. Sensor MQ2

Sensor MQ-135 merupakan sensor yang dapat mendeteksi beberapa jenis gas seperti amonia, benzene, asap, karbon monoksida (CO), dan nitrogen dioksida (NO2) serta senyawa/kadar gas-gas berbahaya yang dapat mengganggu kualitas udara dan mengganggu pernapasan manusia. Sensor MQ-135 memberikan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan pada nilai resistensi analog pada pin outputnya. Sensor gas asap MQ-135 dapat langsung diatur sensitifitasnya dengan memutar trimpot-nya.

Cara kerja sensor MQ-2 didasarkan pada perubahan resistansi material sensornya, yaitu lapisan SnO₂ (Timah Dioksida), yang sensitif terhadap gas-gas tertentu. Ketika konsentrasi gas di sekitar sensor meningkat, nilai resistansi pada material sensor akan berubah. Sensor MQ-2 memiliki elemen pemanas (heater) yang berfungsi untuk menjaga suhu sensor agar proses deteksi gas lebih optimal. Perubahan resistansi ini kemudian diubah menjadi sinyal tegangan analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler, seperti WeMos D1 R1, untuk kemudian diolah dan ditampilkan sebagai data konsentrasi gas. Dengan prinsip kerja tersebut, sensor MQ-2 banyak digunakan dalam aplikasi sistem pendeteksi kebocoran gas atau sistem pendeteksi asap untuk keperluan keamanan.

Sensor MQ-2 memiliki bentuk fisik berbentuk silinder kecil dengan tinggi sekitar 18 mm dan diameter sekitar 16 mm. Pada bagian atas sensor terdapat lapisan jaring logam (metal mesh) berwarna perak yang berfungsi sebagai pelindung elemen sensitif di dalam sensor sekaligus memungkinkan gas masuk ke dalam sensor. Bagian bawah sensor memiliki enam kaki pin berbahan logam yang digunakan untuk sambungan listrik, yaitu empat pin untuk

sinyal dan dua pin untuk pemanas internal (heater). Sensor MQ-2 biasanya terpasang pada modul siap pakai yang dilengkapi dengan rangkaian pendukung, seperti potensiometer untuk pengaturan sensitivitas, LED indikator, dan konektor pin yang memudahkan integrasi dengan mikrokontroler.



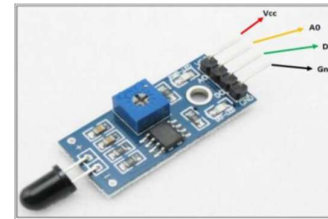
Gambar 3. Sensor MQ2

D. Sensor Api (Flame Sensor)

Sensor api merupakan alat pendeteksi kebakaran melalui adanya nyala api yang muncul secara tiba-tiba. Besarnya nyala api yang terdeteksi yaitu nyala api dengan panjang gelombang 760 nm hingga 1.100 nm. Transduser yang digunakan dalam mendeteksi nyala api yaitu infrared. Sensor api memiliki manfaat yang cukup besar. Salah satunya yaitu dapat meminimalisir adanya alarm palsu sebagai tanda akan terjadinya kebakaran. Sensor ini dirancang khusus untuk menemukan penyerapan cahaya pada gelombang tertentu.

Sensor api bekerja dengan cara mendeteksi radiasi sinar inframerah yang dipancarkan oleh nyala api. Ketika sensor mendeteksi intensitas cahaya inframerah yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal keluaran berupa tegangan digital atau analog yang dapat diolah oleh mikrokontroler. Kepekaan sensor api terhadap panjang gelombang tertentu membuatnya lebih akurat dalam membedakan sumber cahaya nyala api dengan sumber cahaya lainnya, sehingga sangat efektif digunakan sebagai sistem peringatan dini kebakaran pada berbagai aplikasi, termasuk pada sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT).

Sensor api memiliki bentuk fisik berupa modul kecil berbentuk persegi panjang dengan ukuran sekitar 3 cm × 1,5 cm. Pada bagian permukaan modul terdapat komponen utama berupa fotodiode inframerah atau fototransistor yang berfungsi mendeteksi pancaran sinar inframerah dari nyala api. Modul ini juga dilengkapi dengan komponen elektronik pendukung seperti resistor, kapasitor, dan potensiometer yang digunakan untuk mengatur sensitivitas sensor. Selain itu, terdapat LED indikator yang akan menyala saat sensor mendeteksi adanya api. Di sisi modul tersedia pin header, biasanya terdiri dari pin VCC, GND, dan pin keluaran (DO/AO), yang memudahkan koneksi ke mikrokontroler seperti Arduino atau Wemos D1 R1. Bentuknya yang kecil dan ringan membuat sensor api mudah diaplikasikan pada berbagai proyek deteksi kebakaran atau sistem keamanan berbasis Internet of Things (IoT).



Gambar 4. Sensor Api (Flame Sensor)

III. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Metode ini dipilih karena penelitian ini bersifat perancangan dan pengujian secara langsung prototype sistem deteksi dini kebakaran. Sistem diuji untuk mengetahui kemampuan mendeteksi kebakaran (asap dan api) dan pengiriman notifikasi jarak jauh melalui aplikasi Telegram.

A. Alat dan Bahan yang Digunakan

Seluruh dokumen harus dalam Times New Roman atau Times font. Font tipe 3 tidak boleh digunakan. Jenis font lain dapat digunakan jika diperlukan untuk tujuan khusus. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Perangkat Keras (Hardware)

- Mikrokontroler Wemos D1 R1 (ESP8266): Sebagai otak sistem yang mengolah data sensor dan mengirim notifikasi.
- Sensor Asap MQ-2: Untuk mendeteksi keberadaan asap.
- Flame Sensor (Infrared): Untuk mendeteksi adanya nyala api.
- Buzzer: Sebagai alarm lokal jika terdeteksi kebakaran.
- Breadboard dan kabel jumper: Untuk perakitan rangkaian sementara.
- Power Supply 5V: Sebagai sumber daya sistem
- Smartphone: Untuk menerima notifikasi Telegram

Perangkat Lunak (Software)

- Arduino IDE: Untuk pemrograman Wemos D1 R1
- Telegram : Untuk mengirim pesan Telegram secara otomatis
- Fritzing : Untuk membuat gambar pengawatan rangkaian.
- EasyEDA : Untuk membuat skema rangkaian

B. Skema Blok Diagram Sistem

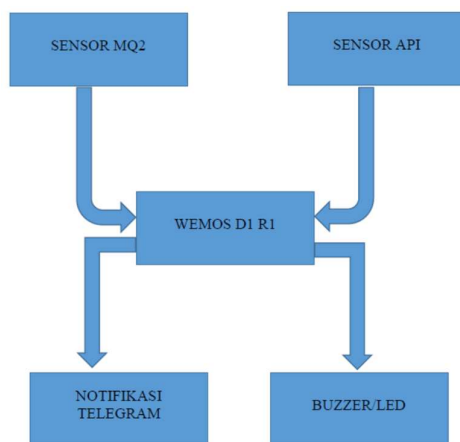
Sistem deteksi dini kebakaran dalam gerbong kereta ekonomi New Generation Stainless Steel telah aktif dan bekerja secara otomatis. Dua sensor yaitu sensor asap MQ-2 dan sensor api (flame sensor) — siaga penuh memantau kondisi udara dan lingkungan di dalam gerbong setiap detik

Sensor asap secara terus-menerus mencium partikel asap di udara, sementara sensor api mengawasi keberadaan nyala api dengan mendeteksi gelombang cahaya inframerah jika Terdeteksi asap akibat percikan api dari kabel listrik yang

korsleting. Sensor asap MQ-2 langsung bereaksi nilai sensor melonjak melewati batas normal. Secara bersamaan, flame sensor juga menangkap kilatan cahaya api kecil di dekat lantai.

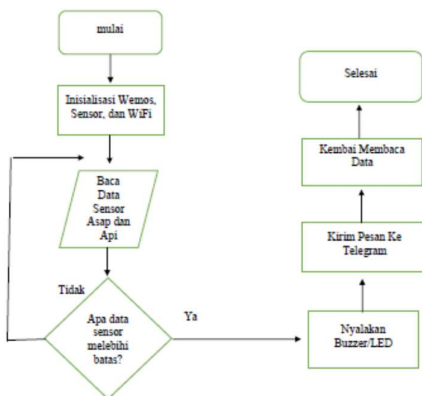
Kedua sensor tersebut segera mengirim sinyal elektronik ke pusat kendali sistem, yaitu mikrokontroler Wemos D1 R1. Wemos dengan sigap memproses sinyal tersebut. Setelah mengevaluasi data dan memastikan bahwa kondisi telah melewati ambang bahaya, Wemos langsung memberikan dua reaksi cepat. Buzzer berbunyi keras di dalam gerbong sebagai tanda bahaya lokal, memberi peringatan langsung kepada penumpang atau kru kereta terdekat.

Wemos mengakses jaringan WiFi dan mengirimkan perintah ke sebuah layanan API (Application Programming Interface) yang terhubung dengan aplikasi Telegram, secara ringkas skema diagram dari urutan tersebut di atas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Diagram Blok Sistem deteksi dini kebakaran

C. Flowchart untuk Menggambarkan Alur Logika



Gambar 6. Flowchart Sistem

Saat sistem dinyalakan, Wemos D1 R1 mulai bekerja. Mikrokontroler ini memeriksa kondisi semua sensor (MQ-2 dan Flame Sensor) dan melakukan koneksi ke jaringan WiFi agar siap mengirim data ke internet.

Wemos secara berkala membaca nilai dari sensor asap MQ-2 (untuk mendeteksi asap atau gas) dan flame sensor

(untuk mendeteksi adanya nyala api). Data ini akan terus diperbarui setiap beberapa milidetik atau detik.

Wemos memeriksa apakah angka yang dibaca sensor melebihi batas aman (threshold) yang sudah ditentukan.

- Untuk MQ-2: misalnya nilai ppm asap melebihi ambang bahaya.
- Untuk Flame Sensor: mendeteksi adanya cahaya api.

Jika nilai normal, sistem tetap memantau tanpa alarm.

Jika sensor mendeteksi bahaya, Wemos menyalakan buzzer. Bunyi buzzer berfungsi sebagai peringatan langsung di dalam gerbong agar penumpang atau petugas segera waspada.

Bersamaan dengan buzzer, Wemos mengirim pesan otomatis ke aplikasi Telegram petugas melalui API. Setelah alarm dan pesan terkirim, sistem tidak berhenti bekerja. Wemos terus membaca data sensor secara real-time untuk mendeteksi kemungkinan kebakaran berikutnya. Sistem berjalan otomatis dan terus-menerus selama perangkat aktif.

D. Integrasi dengan BotTelegram

Pada sistem yang dirancang, Bot Telegram digunakan sebagai pihak ketiga untuk memfasilitasi komunikasi antara perangkat keras (hardware) dan pengguna. Integrasi ini dilakukan dengan memanfaatkan Telegram Bot API, yang memungkinkan sistem mengirim dan menerima pesan secara otomatis melalui jaringan internet. Dalam proses integrasi, Wemos D1 R1 akan mengirim data hasil deteksi sensor, seperti keberadaan asap atau api, ke Bot Telegram menggunakan perintah HTTP atau protokol tertentu yang mendukung komunikasi internet. Bot Telegram kemudian meneruskan data tersebut kepada pengguna dalam bentuk pesan notifikasi secara real-time. Dengan cara ini, pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh melalui aplikasi Telegram. Selain mengirimkan notifikasi, bot juga dapat menerima perintah dari pengguna, misalnya untuk memeriksa status sensor atau mematikan buzzer. Dengan demikian, bot Telegram berfungsi sebagai jembatan antara sistem perangkat keras dan pengguna, serta meningkatkan kepraktisan dalam pemantauan dan pengendalian sistem. Integrasi dengan Bot Telegram sebagai pihak ketiga menjadi salah satu keunggulan pada sistem ini karena memanfaatkan platform yang sudah familiar, mudah diakses, serta mendukung komunikasi cepat dan aman.

Membuat Bot Telegram

- Pertama, buka aplikasi Telegram di HP atau laptop.
- Cari akun bernama **@BotFather** di kolom pencarian.
- Ketik perintah **/start** agar BotFather merespons.
- Lalu ketik perintah **/newbot** untuk mulai membuat bot baru.
- BotFather akan meminta nama bot, misalnya di beri nama **Bot Kebakaran**
- Setelah itu, BotFather meminta username bot, yang wajib diakhiri dengan **_bot**, misalnya **KebakaranTA_bot**.
- BotFather kemudian memberikan API Token, yaitu kode panjang berisi huruf dan angka. Token inilah yang nanti digunakan supaya ESP8266 atau ESP32 bisa berkomunikasi dengan Telegram.
- Mendapatkan Chat ID Telegram

- Setelah punya bot, perlu tahu Chat ID supaya bot tahu ke mana harus mengirim pesan.
- Buka Telegram, lalu mencari bot bernama @userinfobot.
- Ketik /start, lalu bot membalas dengan informasi termasuk chat ID.
- Chat ID ini berupa angka, misalnya 987654321, yang nanti akan dipakai di program mikrokontroler..

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

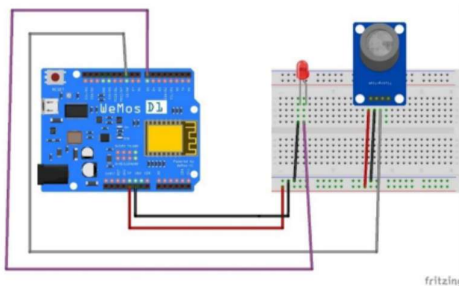
Prototype yang telah dibuat terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu Wemos D1 R1 sebagai pusat kendali, sensor asap (MQ-2), sensor api (flame sensor), buzzer sebagai alarm lokal, dan koneksi ke aplikasi Telegram sebagai media notifikasi. Semua komponen berhasil dirangkai dan diprogram sehingga dapat bekerja sesuai fungsinya. Sensor 1 (S1) akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram dengan identitas Gerbang 1, sedangkan Sensor 2 (S2) akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram dengan identitas Gerbang 2 yang prototypenya ditunjukkan pada gambar 7 di bawah.



Gambar 7. Prototype Pendeteksi Dini Kebakaran

A. Pengujian Sensor Asap

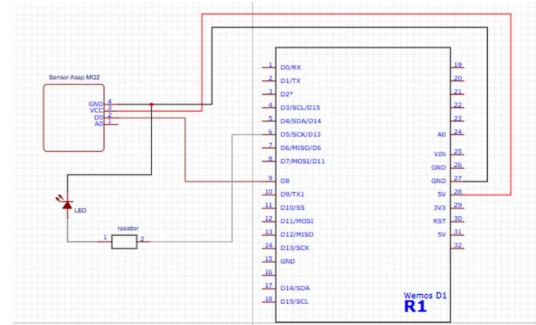
Pengujian sensor asap MQ-2 dilakukan untuk memastikan sensor mampu mendeteksi asap di lingkungan sekitar dan menghasilkan sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler Wemos D1 R1. Pengujian dilakukan dengan mendekatkan sumber asap ke sensor, seperti asap dari korek api atau kertas dibakar, dan mengamati respon sensor, kondisi lampu indikator, serta notifikasi yang dikirim ke aplikasi Telegram. Pengawatan rangkaian pengujian sensor MQ-2 ditunjukkan pada gambar 8. di bawah ini,



Gambar 8. Pengawatan Sensor Asap

Pada rangkaian ini, pin VCC sensor MQ-2 dihubungkan ke tegangan 5V pada Wemos D1 R1 melalui kabel warna merah,

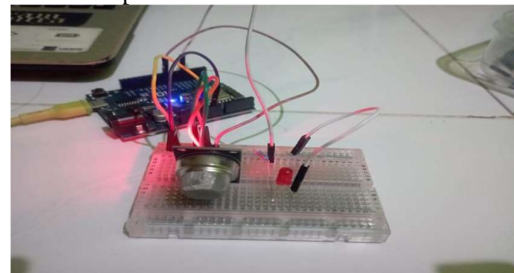
pin GND dihubungkan ke ground melalui kabel warna hitam, dan pin digital output (DO) sensor dihubungkan ke pin D8 Wemos D1 R1 melalui kabel warna abu-abu. Selain itu, lampu indikator dihubungkan ke Wemos D1 R1 sebagai penanda status deteksi asap. Sedangkan gambar skema rangkaian dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar 9 di bawah ini, di mana rangkaian tersebut menampilkan hubungan antar komponen utama seperti mikrokontroler, sensor, yang saling terhubung sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan.



Gambar 9. Skematic Sensor Asap

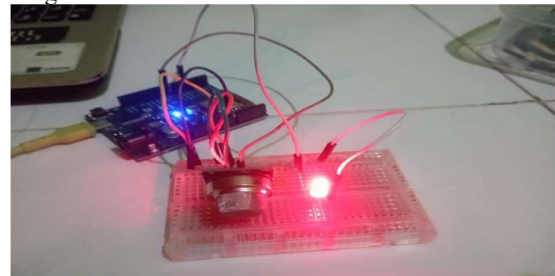
Selanjutnya, berdasarkan gambar pengawatan dan gambar skema rangkaian tersebut dilakukan proses pengujian untuk memastikan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik dan sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Saat sensor tidak mendeteksi asap, sistem membaca nilai HIGH pada pin digital sensor, sehingga LED dalam kondisi mati, dan tidak ada notifikasi dikirim. Gambar 10 di bawah ini menunjukkan tampilan pada LED dan Serial Monitor saat kondisi aman lampu LED mati



Gambar 10. LED Mati saat kondisi aman

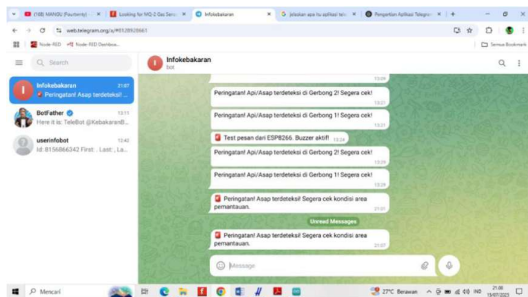
Sebaliknya, apabila terdapat asap di area pengujian, sensor MQ-2 akan mendeteksi keberadaan asap dan mengeluarkan sinyal digital LOW.



Gambar 11. LED Mati saat kondisi mendeteksi asap

Ketika kondisi ini terjadi, sistem segera mengaktifkan lampu LED sebagai tanda peringatan visual. Selain itu, sistem juga secara otomatis mengirimkan pesan peringatan ke aplikasi Telegram yang telah terhubung. pesan ini bertujuan agar pengguna dapat segera mengetahui adanya potensi bahaya kebakaran meskipun berada jauh dari lokasi alat. LED dan Serial Monitor ketika asap terdeteksi ditunjukkan pada gambar 11

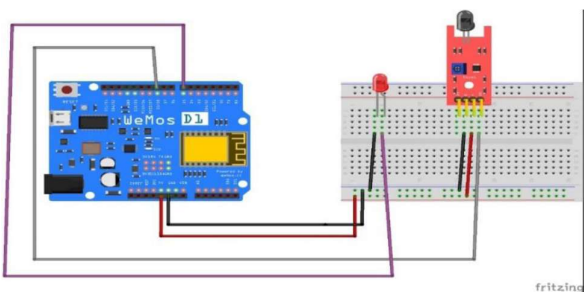
Seiring dengan menyalnya LED sebagai peringatan visual, bersama itu notifikasi secara otomatis terkirim ke Telegram sebagai peringatan jarak jauh dan LED akan tetap menyala hingga notifikasi pada telegram terkirim.



Gambar 12 Notifikasi Telegram saat terdeteksi asap

B. Pengujian Sensor Api

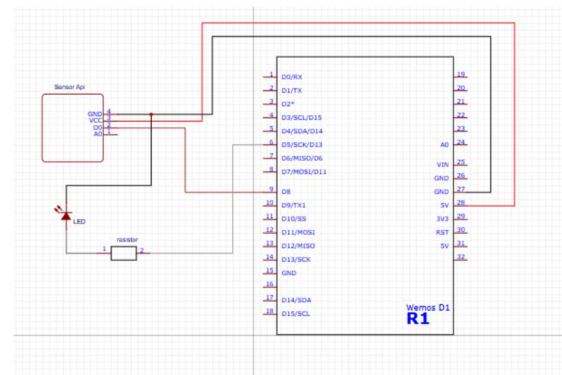
Pengujian sensor api dilakukan untuk memastikan bahwa sensor mampu mendeteksi adanya nyala api secara akurat dan memberikan sinyal yang sesuai kepada mikrokontroler. Pengujian ini sangat penting karena menjadi salah satu fungsi utama dalam sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT, khususnya pada aplikasi di gerbong kereta api kelas ekonomi New Generation. Sensor api yang digunakan pada sistem ini bekerja dengan prinsip mendeteksi gelombang cahaya infra merah yang dipancarkan oleh api. Saat tidak ada nyala api, sensor akan memberikan sinyal HIGH (logika 1) ke mikrokontroler. Namun, ketika sensor mendeteksi adanya sumber api, output sensor akan berubah menjadi LOW (logika 0). Perubahan logika inilah yang kemudian digunakan oleh sistem untuk memicu pengiriman notifikasi melalui bot Telegram. Pengawatan rangkaian sensor api ada pada gambar di bawah ini



Gambar 13 Pengawatan Sensor Api

Pada Gambar 13 sensor api dihubungkan ke pin digital mikrokontroler, misalnya pada pin D8 pada modul Wemos D1 R1 (ESP8266) dan Led pada pin digital D5 pada Wemos D1 R1. Sedangkan gambar skema rangkaian dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar di mana rangkaian

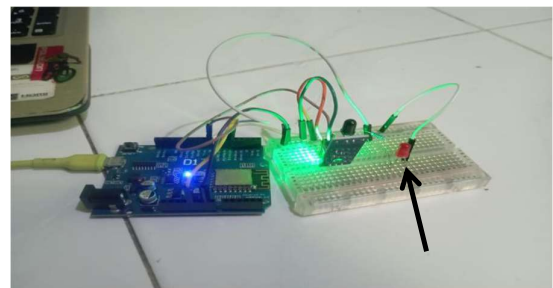
tersebut menampilkan hubungan antar komponen utama seperti mikrokontroler, sensor, yang saling terhubung sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan.



Gambar 14. Skematic Sensor Api

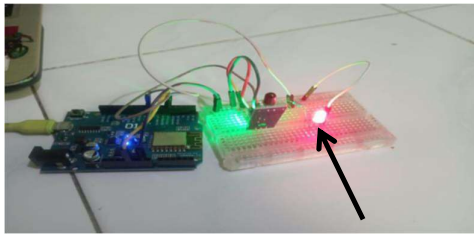
Pengujian dilakukan dengan menyalakan sumber api kecil, seperti korek api atau lilin, di depan sensor pada jarak tertentu. Jarak uji biasanya dimulai dari sekitar 5 cm hingga 50 cm untuk mengetahui seberapa jauh sensor mampu mendeteksi nyala api.

Pada kondisi sensor tidak mendeteksi titik api dan tidak ada sumber api yang diarahkan ke sensor. Sensor api mendeteksi kondisi normal tanpa adanya gelombang infra merah dari nyala api. Output sensor berada pada logika HIGH, sehingga LED indikator dalam keadaan mati. Selain itu, Serial Monitor juga terus membaca kondisi sensor dan menampilkan informasi bahwa tidak terdeteksi adanya api. Pada kondisi ini, sistem tidak mengirimkan notifikasi apa pun ke Telegram, karena dianggap kondisi aman. Gambar 15 Pembacaan pada Serial Monitor saat kondisi aman :



Gambar 15 Serial Monitor Saat tidak terdeteksi titik api

Pada kondisi kedua, dilakukan pengujian dengan menyalakan sumber api kecil, misalnya korek api atau lilin, dan diarahkan ke sensor api pada jarak sekitar 5 cm hingga 30 cm. Sensor mendeteksi gelombang infra merah dari api, sehingga output sensor berubah menjadi logika LOW. Saat output LOW terdeteksi, LED indikator otomatis menyala sebagai tanda bahwa ada titik api. Selain indikasi LED, sistem juga mengirimkan pesan peringatan ke Serial Monitor. Tidak hanya itu, secara otomatis sistem mengirimkan notifikasi ke bot Telegram yang telah dibuat sebelumnya. Di bawah ini tampak jika sensor api telah mendeteksi adanya titik api pada gambar 16.



Gambar 16 Serial Monitor mendeteksi titik api LED menyala

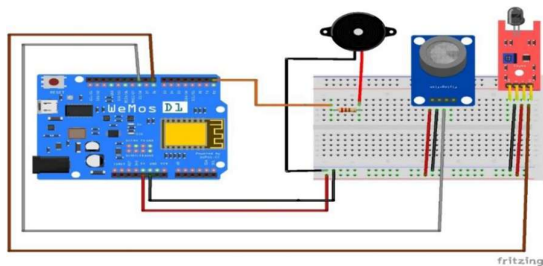
Seiring dengan menyala LED sebagai peringatan visual, bersama itu notifikasi secara otomatis terkirim ke Telegram sebagai peringatan jarak jauh dan LED akan tetap menyala hingga notifikasi pada telegram terkirim.



Gambar 17 Notifikasi Telegram saat terdeteksi Titik Api

C. Pengujian Prototype secara keseluruhan

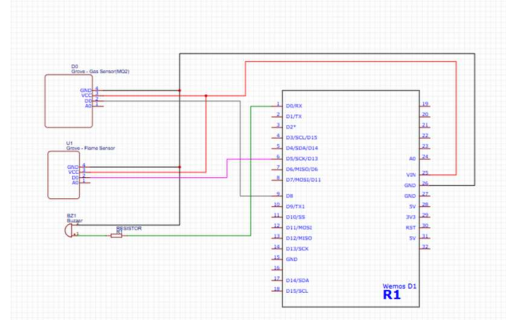
Pengujian prototype dilakukan untuk mengetahui apakah sistem deteksi dini kebakaran berbasis Wemos D1 R1 dapat bekerja sesuai dengan yang dirancang. Pengujian dilakukan dengan mengamati respons sensor terhadap kondisi nyata, baik saat tidak terdeteksi bahaya maupun saat asap atau api benar-benar terdeteksi. Selain itu, juga diamati bagaimana notifikasi dikirimkan secara otomatis ke aplikasi pesan Telegram serta kecepatan dan keandalan sistem secara keseluruhan. Pengawatan rangkaian menunjukkan sambungan pin-pin komponen ke mikrokontroler. Rangkaian ini penting sebagai panduan saat merakit prototype, di bawah ini merupakan pengawatan rangkain yang di buat menggunakan aplikasi Fritzing



Gambar 18 Pengawatan rangkaian sistem deteksi kebakaran

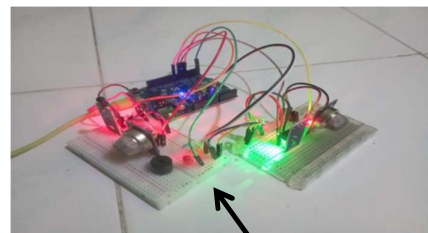
Pada gambar 18 menunjukkan skema rangkaian sistem yang terdiri dari buzzer, sensor gas asap MQ-2, dan sensor api yang terhubung ke Wemos D1 R1. Buzzer dihubungkan ke Wemos D1 R1 melalui dua kabel, yaitu kabel hitam ke ground (GND) dan kabel oranye ke pin D0. Sensor MQ-2 mendapat VCC dari kabel merah, ground dari kabel hitam, dan sinyal digital melalui kabel abu-abu yang terhubung ke

pin D8. Sedangkan sensor api memperoleh VCC dari kabel merah, ground dari kabel hitam, dan sinyal digital melalui kabel coklat yang terhubung ke pin D6. Sedangkan gambar skema rangkaian dari sistem yang dirancang dapat dilihat pada gambar 19 di bawah ini, di mana rangkaian tersebut menampilkan hubungan antar komponen utama seperti mikrokontroler, sensor yang saling terhubung sehingga sistem dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah direncanakan.



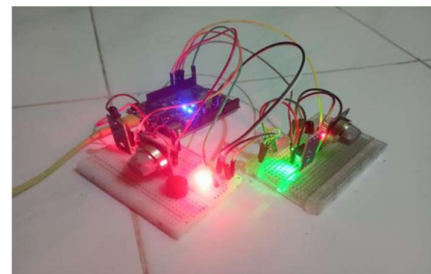
Gambar 19 Skematic rangkaian sistem deteksi kebakaran Rangkaian ini berfungsi mendeteksi asap dan api, serta mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi ke Telegram jika terjadi deteksi.

Pada kondisi normal tanpa adanya asap maupun api, sensor MQ-2 dan flame sensor tidak memberikan sinyal bahaya. Mikrokontroler Wemos D1 R1 tetap membaca data sensor namun tidak mengambil tindakan apa pun karena masih di bawah ambang batas. Di bawah ini tampilan dari serial monitor dan buzzer yang di gantikan oleh LED agar gambar dapat di kenali perbedaanya secara visual :



Gambar 20 LED Mati tidak mendeteksi adanya titik api

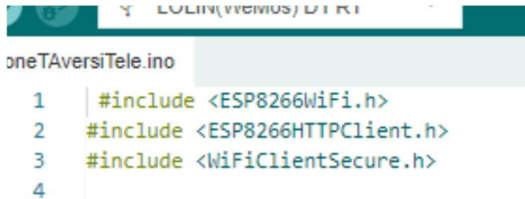
Saat Sensor api (flame sensor) maupun sensor asap (MQ-2) mendeteksi keberadaan titik api atau asap yang telah ditentukan dalam sistem. Ketika salah satu sensor aktif, mikrokontroler Wemos D1 R1 segera merespons dengan menyalakan LED indikator sebagai bentuk peringatan visual bahwa telah terjadi potensi bahaya kebakaran di dalam gerbong



Gambar 21 LED Hidup saat mendeteksi adanya titik api

D. Pembahasan Program

Dalam Pembahasan program ini dijelaskan mengenai program sistem yang dibuat dan dijalankan pada software Arduino IDE, yang menjadi inti dari pengendalian sistem deteksi dini kebakaran berbasis Wemos D1 R1. Program ini mengatur seluruh proses mulai dari pembacaan sensor, pengolahan data, hingga pengiriman notifikasi kebakaran melalui aplikasi Telegram.



Gambar 22 Library

Program diawali dengan pemanggilan beberapa library penting, seperti ESP8266WiFi, ESP8266HTTPClient, dan WiFiClientSecure, yang berfungsi mengatur koneksi WiFi serta mengirim data secara aman menggunakan protokol HTTPS.

```

1 // Konfigurasi WiFi
2 const char* ssid = "redmi";
3 const char* password = "12345678";
4
5 // Sensor untuk Gerbang 1
6 const int flameSensor1 = D5; // GPIO14
7 const int smokeSensor1 = D7; // GPIO13
8
9 // Sensor untuk Gerbang 2
10 const int flameSensor2 = D6; // GPIO12
11 const int smokeSensor2 = D8; // GPIO15
12
13 // Buzzer
14 const int buzzerPin = D0; // GPIO16
15
16 // Telegram Bot
17 const String botToken = "8128928661:AAE5jmYp7lqf1hHL6_OvfiYsFvYbVdZr0";
18 const String chatId = "8156866342";
19 const String apiUrl = "https://api.telegram.org/bot";
20
21

```

Gambar 23 Deklarasi Variabel

Gambar 23 menunjukkan setelah library, dilakukan deklarasi berbagai variabel yang menyimpan data penting seperti nama WiFi, password, serta token bot Telegram dan chat ID yang digunakan untuk mengirim pesan peringatan kebakaran. Selain itu, program juga mendefinisikan pin-pin yang digunakan untuk koneksi sensor flame, sensor asap MQ-2, buzzer, dan LED (jika ditambahkan).

```

22 void setup() {
23   Serial.begin(9600);
24   WiFi.begin(ssid, password);
25
26   // Inisialisasi pin
27   pinMode(flameSensor1, INPUT);
28   pinMode(smokeSensor1, INPUT);
29   pinMode(flameSensor2, INPUT);
30   pinMode(smokeSensor2, INPUT);
31   pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
32   digitalWrite(buzzerPin, LOW);
33
34   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
35     delay(1000);
36     Serial.println("Connecting to WiFi...");
37   }
38
39   Serial.println("Connected to WiFi!");
40 }
41

```

Gambar 24 Void Setup

Selanjutnya, pada Gambar 24 program masuk ke fungsi setup(), yang dieksekusi sekali saat Wemos pertama kali dinyalakan. Pada fungsi setup, komunikasi serial dengan komputer dibuka agar data hasil pembacaan sensor maupun status program dapat ditampilkan di Serial Monitor. Kemudian, Wemos akan mencoba terhubung ke jaringan WiFi dengan menggunakan SSID dan password yang telah didefinisikan sebelumnya. Selama proses koneksi berlangsung, program akan mencetak pesan ke Serial Monitor, misalnya "Connecting to WiFi..." dan jika berhasil, akan muncul "Connected to WiFi!".

```

51 void loop() {
52   int flame1 = digitalRead(flameSensor1);
53   int smoke1 = digitalRead(smokeSensor1);
54   int flame2 = digitalRead(flameSensor2);
55   int smoke2 = digitalRead(smokeSensor2);
56
57

```

Gambar 25 Void Loop

Gambar 25 adalah void loop yakni program utama dijalankan di dalam fungsi loop(), yang terus berjalan tanpa henti selama sistem aktif. Pada bagian ini, Wemos membaca kondisi sensor flame dan sensor asap MQ-2 di masing-masing gerbong secara berulang-ulang. Pembacaan dilakukan dengan menggunakan perintah digitalRead(). Sensor flame dan MQ-2 bekerja secara digital, sehingga hanya memberikan nilai HIGH atau LOW. LOW menunjukkan adanya deteksi api atau asap.

```

58 // Gerbang 1
59 if (flame1 == LOW || smoke1 == LOW) {
60   if (!alertSentGerbang1) {
61     tampilkanPeringatan("Gerbang 1", "Peringatan! Api/Asap terdeteksi di Gerbang 1! Segera cek!");
62     alertSentGerbang1 = true;
63   }
64   else {
65     alertSentGerbang1 = false;
66   }
67
68 // Gerbang 2
69 if (flame2 == LOW || smoke2 == LOW) {
70   if (!alertSentGerbang2) {
71     tampilkanPeringatan("Gerbang 2", "Peringatan! Api/Asap terdeteksi di Gerbang 2! Segera cek!");
72     alertSentGerbang2 = true;
73   }
74   else {
75     alertSentGerbang2 = false;
76   }
77

```

Gambar 26 Program Tampilan Peringatan

Selanjutnya, pada Gambar 26 program memeriksa apakah ada sensor yang mendeteksi bahaya. Jika sensor mendeteksi api atau asap (LOW), maka akan dipanggil fungsi tampilkanPeringatan().

```

78 if (flame1 != LOW && smoke1 != LOW && flame2 != LOW && smoke2 != LOW) {
79   Serial.println("Status: AMAN - Tidak Terdeteksi");
80   digitalWrite(buzzerPin, LOW);
81 }

```

Gambar 27 Tampilan kondisi aman

Gambar 27 di tampilkan pada saat semua sensor dalam kondisi normal, sistem akan mencetak pesan "Status: AMAN - Tidak Terdeteksi" ke Serial Monitor, dan buzzer tetap dalam kondisi mati.

Sedangkan pada gambar 28 adalah Fungsi untuk menampilkan Peringatan() pada diri-sendiri berisi instruksi untuk menyalakan buzzer, mengirim notifikasi Telegram, dan kemudian mematikan buzzer setelah beberapa detik.

```

86 void tampilkanPeringatan(String gerbong, String pesan) {
87   Serial.println("Bahaya! Deteksi di " + gerbong);
88
89   // Nyalakan buzzer
90   digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
91
92   // Kirim Telegram sambil buzzer bunyi
93   sendTelegramMessage(pesan);
94
95   // Buzzer tetap ON selama 3 detik
96   delay(3000);
97
98   // Matikan buzzer
99   digitalWrite(buzzerPin, LOW);
100 }

```

Gambar 28 Void Tampilkan Peringatan

```

109 // URL Telegram
110 String url = apiUrl + botToken + "/sendMessage?chat_id=" + chatId + "&text=" + urlencode(message);
111
112 // Disable SSL verification
113 client.setInsecure();
114 http.begin(client, url);
115 int httpCode = http.GET();
116
117 if (httpCode > 0) {
118   Serial.println("Pesan Telegram terkirim");
119   Serial.println("Response Code: " + String(httpCode));
120 } else {
121   Serial.println("Gagal kirim Telegram. Error code: ");
122   Serial.println(httpCode);
123 }
124 http.end();

```

Gambar 29. HTTP GET REQUEST

Untuk mengirim notifikasi ke Telegram, pada Gambar 29 di tampilkan program menggunakan HTTP GET request ke URL API Telegram. URL disusun dengan menyisipkan token bot, chat ID, dan pesan yang akan dikirim. Pesan perlu di-encode agar karakter tertentu seperti spasi, tanda seru, dan lainnya dapat diterima oleh server Telegram.

```

126 // Fungsi sederhana untuk URL-encode pesan
127 String urlencode(String str) {
128   String encoded = "";
129   char c;
130   char code0;
131   char code1;
132   for (int i = 0; i < str.length(); i++) {
133     c = str.charAt(i);
134     if (isalnum(c)) {
135       encoded += c;
136     } else {
137       code1 = (c & 0xf) + '0';
138       if (((c & 0xf) > 9) code1 = (c & 0xf) - 10 + 'A';
139       code0 = ((c >> 4) & 0xf) + '0';
140       if (((c >> 4) & 0xf) > 9) code0 = ((c >> 4) & 0xf) - 10 + 'A';
141       encoded += '%' + code0 + code1;
142     }
143   }
144   return encoded;
145 }

```

Gambar 30. Urlencode

Pada Gambar 30 bagian paling bawah program terdapat fungsi urlencode() yang digunakan untuk mengubah karakter-karakter khusus dalam pesan menjadi format kode heksadesimal agar sesuai dengan standar URL. Fungsi ini penting supaya pesan yang dikirim ke API Telegram dapat terbaca dengan benar, meskipun mengandung spasi atau simbol tertentu, sehingga notifikasi kebakaran dapat terkirim tanpa error.

V. Kesimpulan

1. Telah berhasil dirancang prototype sistem pendeteksi dini kebakaran berbasis Wemos D1 R1 dengan menggunakan sensor asap MQ-2 dan sensor api (flame sensor), serta diprogram menggunakan Arduino IDE untuk mendeteksi indikasi kebakaran di gerbong kereta api.

2. Sensor asap MQ-2 dan flame sensor mampu bekerja dengan baik dalam mendeteksi keberadaan asap maupun nyala api secara cepat dan akurat, sehingga sistem dapat merespon secara tepat terhadap potensi bahaya.
3. Sistem dapat memberikan peringatan melalui dua media, yaitu secara lokal dengan menyalakan buzzer atau LED, dan secara jarak jauh dengan mengirimkan notifikasi otomatis ke aplikasi Telegram

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kami sampaikan kepada Pihak Depo Kereta Api Solo Balapan dan Direktur Politeknik Pratama Mulia Surakarta sehingga naskah publikasi ini dapat terbit di POLITEKNOSAINS edisi September 2025.

REFERENSI

- [1] Adnan, M. (2021). Rancang Bangun Sistem Notifikasi Kebakaran Menggunakan Aplikasi Telegram.
- [2] Dody Suhendra Putra1, R. R. (2024). Rancang Bangun Sistem Keamanan Pendeteksi Kebakaran Berbasis IOT Dengan Wemos D1 R2. Volume 3, Nomor 2, September 2024, 946 - 955.
- [3] Hafizan Maulana1, A. L. (2023). Rancang Bangun Prototype Alat Simonar (Sistem Monitoring Asap Rokok) Berbasis Arduino Wemos D1 R1 ESP8266 dan Aplikasi Android. 600 - 611.
- [4] Fuad Hasyim1, I. S. (2024). Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP8266. Vol.17, No.1, Juli 2024, pp. 149-158, 149 - 148.
- [5] Jakaria Yahya, N. R. (2004). Analisa Performa Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran. Vol. 8 No. 1, Februari 2024, 437 - 444. Muhammad Dwi Nursansyah1, P. M. (2024). Prototype Internet of Things Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Wemos DIR1 ESP8266 Berbasis Android. Volume 12, Nomor 3, Mei 2024, 115 - 120.
- [6] Muhammad Rafli Fasya1, Z. M. (2024). Implementasi Sistem Peringatan Dini Kebakaran Rumah Berbasis Internet Of Things(IOT). Volume 1, No 4– September 2024, 369 - 378.
- [7] Muhammad Rifqi Zulkarnain1, D. I. (2024). Sistem Monitoring Dan Pendeteksi Kebersihan Udara Pada Kandang Perternakan Sapi Berbasis Internet of Things (IoT). Vol.17, No.2, Desember 2024, 567 - 579.
- [8] Sabila Putri Pratiwi1, T. N. (2023). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Wemos D1 R1 Dengan Notifikasi Peringatan Whatsapp dan Telegram Berbasis IoT. Jurnal Teknologi Informasi, Vol 9 No 2 Desember 2023, 97 - 105.
- [9] Sefta Diwa Ananda1*, T. F. (2023). Optimasi Pendeteksi Dini Kebakaran Pada Smartphone Dengan Internet Of Things Menggunakan Wemos D1 R2. olume 2, Nomor 2, September 2023,