



RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN DAN PEMADAM API OTOMATIS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Agustina Anggarani^{a*}, Muqorobin^b, Tino Feri Efendi^c

^a Teknologi / Informatika, anggarani72@gmail.com, ITB AAS Indonesia

^b Teknologi / Informatika, robbyaulla@gmail.com, ITB AAS Indonesia

^c Teknologi / Informatika, tinoferi8@gmail.com, ITB AAS Indonesia

* coresspondence

ABSTRACT

Fire is an event caused by an uncontrolled ignition source, which generally occurs due to human negligence when using electronic devices without being careful which can cause electrical short circuits and fires. Firefighters often have difficulty extinguishing fires, due to late early detection information regarding fires, so that handling is delayed. Because of this phenomenon, a system is needed that can help prevent fires. This research aims to produce an IoT-based automatic fire detection and fire extinguishing system, as well as to measure and evaluate the system's level of accuracy in detecting fires and responding by extinguishing them. This research will explain the design process for an IoT-based automatic fire detection and extinguishing system, using the System Development Life Cycle Waterfall model research method. The final result of this research is that the author succeeded in creating an Internet of Things (IoT)-based Automatic Fire Detection and Fire Extinguishing System, which is systematically able to detect the presence of fire and gas and perform automatic fire extinguishing functions, and users can also receive notifications via WhatsApp. The author also succeeded in measuring the level of accuracy of the IoT-based automatic fire detection and extinguishing system.

Keywords: Fire, Internet of Things, IR Flame Sensor, MQ-2 Sensor, NodeMCU ESP8266, WhatsApp Bot.

ABSTRAK

Kebakaran merupakan suatu peristiwa yang disebabkan oleh sumber penyalan api yang tidak terkendali, yang umumnya terjadi karena kelalaian manusia saat menggunakan perangkat elektronik dengan tidak berhati-hati yang dapat menyebabkan korsleting listrik dan kebakaran. Pemadam kebakaran sering mengalami kesulitan untuk memadamkan api, dikarenakan terlambatnya informasi deteksi dini terkait kebakaran, sehingga penanganannya terlambat. Oleh karena fenomena tersebut, maka diperlukan sebuah sistem yang dapat membantu dalam mencegah terjadinya kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu sistem pendeteksi kebakaran dan pemadam api secara otomatis berbasis IoT, serta untuk mengukur dan mengevaluasi tingkat akurasi sistem dalam mendeteksi kebakaran dan merespons dengan memadamkannya. Pada penelitian ini akan dijelaskan mengenai proses rancang bangun sistem pendeteksi dan pemadam api otomatis berbasis IoT, dengan menggunakan metode penelitian System Development Life Cycle model Waterfall. Hasil akhir dari penelitian ini, penulis berhasil membuat Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT), yang secara sistematis mampu mendeteksi adanya api dan gas serta melakukan fungsi pemadaman api otomatis, dan juga pengguna dapat menerima notifikasi melalui whatsapp. Penulis juga berhasil mengukur tingkat akurasi dari sistem pendeteksi dan pemadam api otomatis berbasis IoT.

Kata Kunci: Internet of Things, Kebakaran, NodeMCU ESP8266, Sensor IR Flame, Sensor MQ-2, WhatsApp Bot

1. PENDAHULUAN

Kebakaran merupakan suatu peristiwa yang disebabkan oleh sumber penyalan api yang tidak terkendali [1]. Kebakaran umumnya terjadi karena kelalaian manusia saat menggunakan perangkat elektronik dengan

tidak berhati-hati yang dapat menyebabkan korsleting listrik dan kebakaran [2]. Kebakaran menimbulkan ancaman serius terhadap kehidupan, harta benda, dan lingkungan sekitar. Pemadam Kebakaran sering mengalami kesulitan untuk memadamkan api, dikarenakan terlambatnya informasi deteksi dini terkait kebakaran [3]. Oleh karena itu, diperlukan sistem deteksi kebakaran dan pemadam api otomatis yang cepat dan efektif untuk mendeteksi dan memadamkan kebakaran untuk meminimalkan potensi kerugian.

Pada sistem lama yang telah berjalan ketika terjadi kebakaran banyak ditemukan teriakan masyarakat untuk meminta bantuan dari kejadian kebakaran, akan tetapi hal tersebut memberikan dampak yang kurang efektif karena teriakan masyarakat tersebut hanya terbatas pada skala lingkungan kecil, sehingga dalam penanganannya menjadi tidak maksimal. Oleh karena itu, untuk membantu masyarakat dalam mempercepat penanganan kebakaran maka diperlukan adanya alat atau sistem yang mampu mendeteksi kebakaran secara efektif [4].

Solusi untuk mengatasi permasalahan di atas adalah Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT), alat ini dapat diintegrasikan secara online dengan adanya koneksi internet suatu informasi dapat tersampaikan dengan cepat [5]. IoT telah merevolusi cara berinteraksi dengan lingkungan. Konsep IoT bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas internet yang terus terhubung [6]. Kebakaran dapat menimbulkan kerugian yang cukup besar sehingga pendeteksi dan pemadam terhadap kebakaran sangatlah penting, oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pendeteksi dan pemadam api berbasis IoT [7]. Sensor cerdas yang terhubung melalui jaringan memungkinkan kemampuan deteksi yang lebih baik dan respons yang lebih cepat. Dengan memanfaatkan teknologi IoT yang canggih, dapat dikembangkan sistem pendeteksi kebakaran yang lebih canggih yang dapat terhubung langsung dengan sistem pemadam api otomatis.

Sistem yang diusulkan tidak hanya dapat mendeteksi kebakaran dengan lebih cepat, tetapi juga dapat mendeteksi gas dengan cepat dan memberikan informasi real-time kepada pengguna. Selain itu, fungsi sistem pemadaman api otomatis dapat terhubung secara otomatis sehingga dapat mengatasi kebakaran dan mengurangi risiko kerusakan yang lebih lanjut.

Dalam mengembangkan sistem ini, juga perlu memperhatikan aspek keberlanjutan dan efisiensi energi. Penggunaan sensor cerdas yang hemat energi dan sistem manajemen energi yang lebih baik akan fokus untuk memastikan bahwa sistem ini berfungsi secara optimal tanpa membebani sumber daya lebih lanjut.

Penerapan sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap keselamatan dan kesejahteraan lingkungan. Respons cepat terhadap kebakaran diharapkan dapat mengurangi jumlah kematian, kerusakan harta benda, dan dampak lingkungan akibat kebakaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terdahulu diperlukan sebagai media pendukung dalam melakukan kegiatan penelitian. Penelitian masa lampau berguna sebagai bahan pertimbangan dan sebagai acuan dalam memperkaya teori.

Penelitian pertama yang dilakukan oleh Bosar Panjaitan, Mansur Azis, dan Rifki Ryan Mulyadi tahun 2020 berjudul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Kebakaran Pada Rumah Berbasis IoT”, penelitian ini menjelaskan tentang potensi terjadinya kebakaran rumah yang dapat terjadi tanpa disadari karena beberapa faktor seperti korsleting listrik, kebocoran gas, dan percikan api dari rokok atau korek api. Penelitian ini mengambil sampel kebakaran di kawasan Tridharma Utama 1 Cilandak Barat, Jakarta Selatan, yang disebabkan oleh kelalaian dan kecelakaan listrik, hal ini menunjukkan bahwa kurangnya respons dari masyarakat menjadi salah satu faktor penyebabnya. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT untuk membantu masyarakat memantau kondisi rumahnya dan mencegah terjadinya kebakaran. Alat yang telah dibuat dapat dipantau melalui aplikasi Blynk dan memberikan notifikasi melalui email ketika muncul peringatan atau terjadinya kebakaran [8].

Penelitian kedua yang dilakukan oleh Aldo Napu, Olivia Kembuan, dan Kristofel Santa tahun 2022 berjudul “Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis Internet Of Things (IoT)”, penelitian ini menjelaskan tentang permasalahan kebakaran di Indonesia, khususnya di wilayah padat penduduk yang dapat menyulitkan petugas pemadam kebakaran untuk memadamkan api. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT dengan menggunakan sensor api IR Flame, sensor gas MQ-2, dan sensor suhu Dht11 yang dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Dari hasil percobaan diketahui bahwa sensor kebakaran dapat mendeteksi kebakaran api kecil

hingga jarak 30 cm dan kebakaran api besar hingga jarak 230 cm, dan ketika terdeteksi adanya kebakaran maka pompa air akan diaktifkan. Sensor MQ-2 mengaktifkan kipas ketika mendeteksi kebocoran gas diatas 300 PPM, dan sensor Dht11 mengeluarkan peringatan ketika suhu ruangan mencapai setidaknya 32oC. Sistem dapat mengirimkan informasi ke smartphone pengguna melalui aplikasi Blynk dan menangani tanda-tanda kebakaran berdasarkan output yang dirancang [9].

Penelitian ketiga yang dilakukan oleh Muhammad Akbar dan Andy Lukman Affandy tahun 2023 berjudul “Impelementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Teknologi Internet of Things”, penelitian ini menjelaskan tentang penggunaan GPS Ublox Neo-7m dalam penelitian untuk menemukan lokasi kebakaran. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu petugas pemadam kebakaran mengidentifikasi lokasi kebakaran dengan akurasi tinggi. Sistem pendeteksi kebakaran berbasis IoT dikembangkan menggunakan NodeMCU ESP8266, Raspberry Pi 3 B+, GPS Ublox Neo-7m, dan sensor KY Flame-026. Sensor KY Flame-026 mengirimkan data ke NodeMCU ESP8266, yang kemudian dikirimkan ke Raspberry Pi untuk menampilkan lokasi kebakaran secara real-time melalui internet atau peta. Hasil pengujian menunjukkan sensor KY Flame-026 dan GPS Ublox Neo-7m dapat memberikan titik lokasi kebakaran yang akurat. Sistem ini memudahkan petugas pemadam kebakaran untuk menangani kejadian kebakaran dengan cepat dan efisien berdasarkan informasi yang ditampilkan dalam bentuk peta dan peta pada web [10].

Penelitian keempat yang dilakukan oleh Pilipus Tarigan tahun 2021 berjudul “Rancang Bangun Pendeteksi Kebakaran Menggunakan NodeMCU ESP8266”, penelitian ini menjelaskan tentang kebakaran sebagai kejadian yang dapat terjadi tanpa mengenal tempat dan waktu. Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini mencoba mengembangkan sistem deteksi kebakaran dan upaya pencegahannya. Parameter yang digunakan meliputi sensor suhu DHT11, sensor asap MQ-2, dan sensor flame. Sistem ini menghasilkan output berupa tindakan, yaitu mengaktifkan pompa air untuk memadamkan api. Sistem ini menggunakan metode Fuzzy Mamdani untuk mengontrol pompa air sesuai kebutuhan [11].

Penelitian kelima yang dilakukan oleh Khairul Ananta dan Aris Budiman, S.T., M.T. tahun 2023 berjudul “Alat Pemadam Kebakaran Otomatis Berbasis IOT”, penelitian ini menjelaskan tentang kebakaran adalah masalah global yang mempunyai banyak penyebab dan dampak buruk. Hal ini dapat terjadi karena banyak faktor, seperti kebocoran gas, kerusakan kabel, kelalaian dalam menggunakan bahan yang mudah terbakar. Penelitian ini mengembangkan Alat Pemadam Kebakaran Otomatis Berbasis Internet of Things dengan menggunakan smoke detector untuk mendeteksi adanya asap kebakaran, ESP8266 untuk memproses input dan output, buzzer sebagai alarm peringatan, pompa air, dan Short Message Service (SMS) untuk mengirimkan notifikasi jika terjadi kebakaran. Pengujian deteksi asap menunjukkan bahwa 90% perangkat bekerja dengan baik dalam mendeteksi asap, sedangkan hanya 10% pengujian yang gagal mungkin dikarenakan oleh asap yang dihasilkan sangat halus sehingga tidak dapat mencapai ambang batas deteksi sensor yang digunakan [12].

Penelitian keenam yang dilakukan oleh Yonatan Surya Kristama dan Indrastanti Ratna Widiarsari tahun 2022 berjudul “Alat Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan NodeMCU Dan Telegram”, penelitian ini menjelaskan tentang kebakaran sering terjadi di daerah yang padat penduduk dan disebabkan oleh berbagai sebab, misalnya korsleting listrik. Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi untuk mencegah bencana kebakaran yaitu dengan merancang sebuah alat pendeteksi kebakaran dini berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU dan Telegram. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dengan menggunakan dua sensor api yaitu sensor api tipe LM393 dan sensor api tipe KY-026, serta buzzer sebagai peringatan berupa suara dan lampu LED sebagai indikasi bahwa mikrokontroler sudah terhubung ke Telegram. Penelitian ini menciptakan suatu alat yang mampu mengirimkan notifikasi berupa pesan peringatan ke telegram pengguna apabila kedua sensor api mendeteksi adanya api yang dimana api ini dapat terdeteksi hingga jarak 50cm. Alat ini dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi ruangan secara real-time dengan lebih mudah dengan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram [13].

Penelitian ketujuh yang dilakukan oleh Uyock Anggoro Saputro dan Agus Tuslam tahun 2023 berjudul “Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 Dan Platform ThingSpeak”, penelitian ini menjelaskan tentang kebakaran sering terjadi disebabkan korsleting listrik atau kebocoran gas, dan penanganan yang lambat akan menimbulkan banyak kerusakan dan kerugian. Oleh karena itu, kebakaran yang terjadi harus dapat dideteksi dengan cepat untuk mencegah ancaman lebih lanjut. Internet of Things (IoT) memungkinkan mendeteksi kebakaran

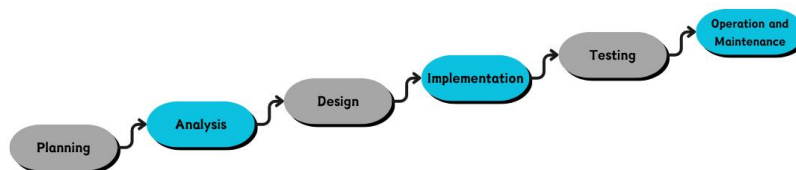
dengan cepat dan mengirimkan titik lokasi ke pemadam kebakaran dengan menggunakan sensor api, sensor suhu, dan sensor gas yang terintegrasi dalam sistem. Sistem ini mengirimkan notifikasi ke handphone melalui aplikasi Blynk dan mengirimkan titik lokasi ke pemadam kebakaran melalui Email. Pengujian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan platform ThingSpeak, sistem ini menjadi efisien dan berdaya rendah. Pengujian ini memperoleh hasil parameter pengujian dari beberapa sensor yang digunakan, diantaranya parameter pengujian sensor api, parameter pengujian sensor asap, parameter pengujian sensor suhu, dan parameter pengujian akurasi titik lokasi [14].

Penelitian kedelapan yang dilakukan oleh Muhammad Imamuddin dan Zulwisli tahun 2019 berjudul “Sistem Alarm Dan Monitoring Kebakaran Rumah Berbasis NodeMCU Dengan Komunikasi Android”, penelitian ini menjelaskan tentang penelitian yang bertujuan untuk membuat sistem pemantauan kebakaran jarak jauh berbasis android dengan sistem Internet of Things (IoT). Dengan sistem ini, perangkat dapat berkomunikasi menerima dan mengirim data. Proses penelitian ini dirancang dengan sistem pengamanan rumah yang terdiri dari NodeMCU dan sensor suhu yang terhubung dengan internet. Jenis penelitian yang digunakan adalah Experimental Research. Hasil dari penelitian ini adalah implementasi perancangan sistem monitoring kebakaran dimana data yang dikirim kedua client berupa pesan dari data sensor dan sistem sensor suhu akan aktif jika suhu diatas 37oC maka android mengirimkan peringatan terjadi kebakaran. Pada suhu diatas 42oC, modul relay akan aktif dan menghidupkan pompa untuk memadamkan api [15].

Berdasarkan analisis delapan penelitian terdahulu, dapat diidentifikasi perbedaan signifikan pada pendekatan yang diajukan dalam penelitian ini. Penelitian ini sangat penting untuk pengembangan sistem inovatif yang tidak hanya dapat mendeteksi kebakaran secara efektif, namun juga memberikan solusi otomatis untuk meminimalkan potensi kerugian. Berbeda dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang hanya berfokus pada deteksi, penelitian ini menghadirkan pendekatan komprehensif yang mencakup tindakan pencegahan langsung terhadap bahaya kebakaran. Sistem pemadam kebakaran otomatis merupakan elemen kunci dari penelitian ini, yang mencakup teknologi canggih dan metode baru untuk menemukan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam menangani masalah kebakaran. Oleh karena itu, pada penelitian ini tidak hanya mencakup deteksi kebakaran, tetapi juga terdapat tindakan pencegahan langsung terhadap bahaya kebakaran melalui sistem pemadam kebakaran otomatis.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, penulis menggunakan metode penelitian System Development Life Cycle (SDLC), yang dalam bahasa indonesia disebut Siklus Hidup Pengembangan Sistem, merupakan pendekatan terstruktur untuk merancang, mengembangkan, mengimplementasikan, dan memelihara sistem informasi. Metode SDLC memiliki berbagai jenis metode salah satunya adalah model waterfall. Model waterfall menggunakan pendekatan secara sistematis dan berurutan. Metode SDLC model waterfall terdiri dari serangkaian tahap yang harus dilakukan untuk memastikan bahwa proyek pengembangan sistem dijalankan dengan baik dan efisien (Abdul Wahid, 2020). Dalam metode SDLC model waterfall memiliki beberapa tahap utama yaitu:



Gambar 1. Metode SDLC Model Waterfall

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, menyajikan hasil dan pengujian Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT), serta analisis terkait keakuratan sistem dan kontribusi terhadap peningkatan keselamatan dan kesejahteraan lingkungan.

4.1 Perencanaan (*Planning*)

Rancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah diimplementasikan terdiri dari 11 komponen, yaitu:

- a. NodeMCU ESP8266 : merupakan modul mikrokontroler berbasis *WiFi* yang memungkinkan perangkat terhubung ke internet, NodeMCU ESP8266 ini sebagai otak utama dari sistem ini.



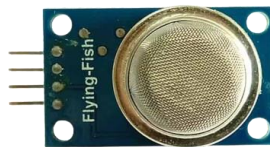
Gambar 2. NodeMCU ESP866

- b. Sensor IR Flame : digunakan untuk mendeteksi keberadaan nyala api, sensor ini mendeteksi radiasi inframerah yang dihasilkan oleh api dan digunakan sebagai sistem alarm kebakaran.



Gambar 3. Sensor IR Flame

- c. Sensor MQ-2 : merupakan sensor gas yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan gas sebagai bagian dari sistem alarm kebakaran.



Gambar 4. Sensor MQ-2

- d. Buzzer 5V : merupakan alat penghasil suara yang digunakan untuk memberikan peringatan ketika adanya deteksi kebakaran dari sensor IR Flame dan sensor MQ-2.



Gambar 5. Buzzer 5V

- e. Relay 5V : merupakan saklar elektromagnetik yang digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mini pompa air submersible.



Gambar 6. Relay 5V

- f. Mini pompa air submersible dan selang pompa air submersible : mini pompa air submersible akan diaktifkan melalui relay kemudian air akan mengalir melalui selang pompa air submersible untuk memadamkan api.

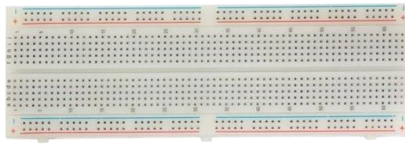


Gambar 7. Mini Pompa Air Submersible



Gambar 8. Selang Pompa Air Submersible

- g. Breadboard : digunakan untuk merakit seluruh rangkaian tanpa perlu *soldering* yang dihubungkan dengan menggunakan kabel jumper.



Gambar 9. Breadboard

- h. Adaptor 5V : merupakan sumber daya eksternal yang digunakan untuk memberikan tegangan kepada NodeMCU, buzzer, dan relay.



Gambar 10. Adaptor 5V

- i. Kabel jumper : kabel jumper memiliki konektor di kedua ujungnya yang digunakan untuk menghubungkan seluruh rangkaian pada breadboard.



Gambar 11. Kabel Jumper

- j. LED 5mm : lampu indikator yang digunakan untuk menunjukkan bahwa sistem siap digunakan.



Gambar 12. LED 5mm

- k. WhatsApp : sebagai alat menerima notifikasi yang cepat dan efektif antara sistem dan pengguna saat sistem mendeteksi adanya api dan gas.

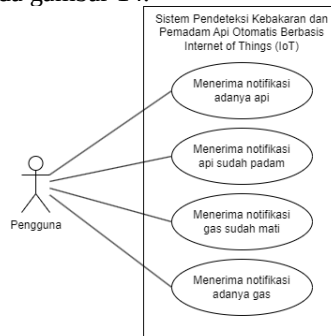


Gambar 13. Logo WhatsApp

4.2 Analisis (Analysis)

4.2.1 Use Case Diagram

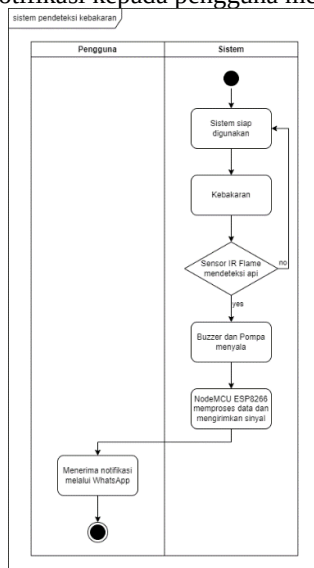
Adapun use case diagram dari Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT), yang dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Use Case Diagram

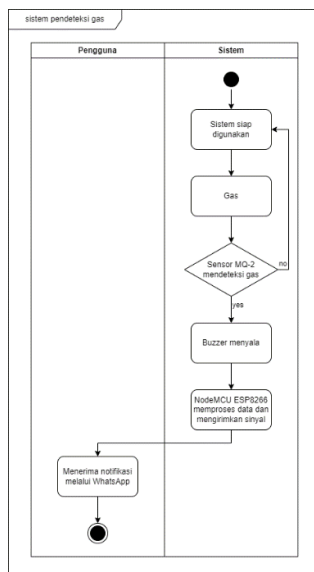
4.2.2 Activity Diagram

Pada gambar 15 merupakan diagram aktivitas yang menunjukkan proses kerja dari sistem pendeteksi kebakaran. Pada tahap awal, sistem berada dalam kondisi siap untuk mendeteksi kebakaran. Sistem menggunakan sensor IR Flame untuk mendeteksi api, jika sensor tidak mendeteksi api maka sistem akan kembali ke kondisi siap digunakan, namun jika sensor mendeteksi adanya api maka buzzer dan pompa akan menyala untuk memberikan peringatan dan memadamkan api. Selanjutnya, NodeMCU ESP8266 akan memproses data dari sensor dan mengirimkan sinyal ke whatsapp. Pengguna akan menerima notifikasi tentang adanya kebakaran melalui aplikasi whatsapp. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan alur dari deteksi api hingga mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui whatsapp.



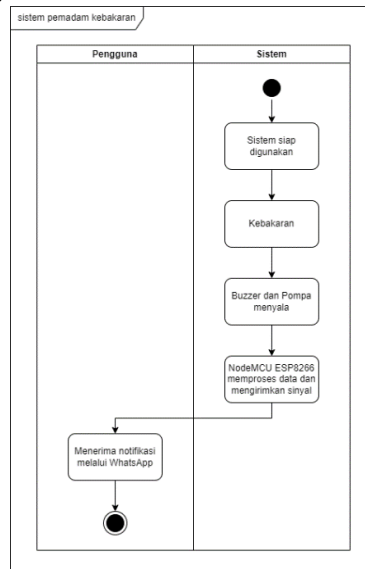
Gambar 15. Activity Diagram Pendeteksi Kebakaran

Pada gambar 16 merupakan diagram aktivitas yang menunjukkan proses kerja dari sistem pendeteksi gas. Pada tahap awal, sistem berada dalam kondisi siap untuk mendeteksi gas. Sistem menggunakan sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas, jika sensor tidak mendeteksi gas maka sistem akan kembali ke kondisi siap digunakan, namun jika sensor mendeteksi adanya gas maka buzzer akan menyala untuk memberikan peringatan. Selanjutnya, NodeMCU ESP8266 akan memproses data dari sensor dan mengirimkan sinyal ke whatsapp. Pengguna akan menerima notifikasi tentang adanya gas melalui aplikasi whatsapp. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan alur dari deteksi gas hingga mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui whatsapp.



Gambar 16. Activity Diagram Pendeteksi Gas

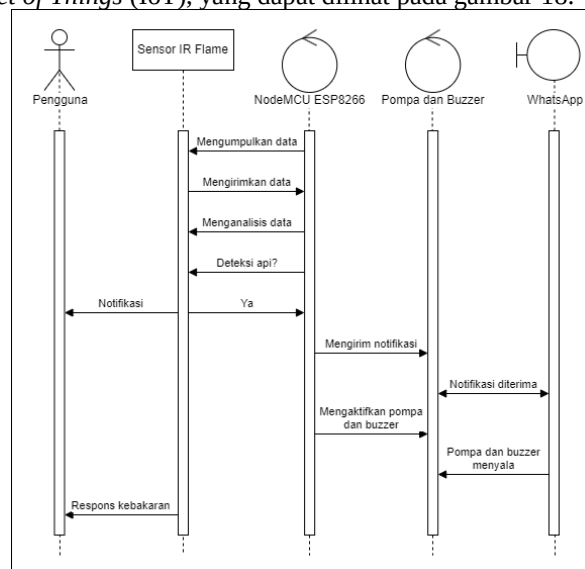
Pada gambar 17 merupakan diagram aktivitas yang menunjukkan proses kerja dari sistem pemadam kebakaran. Pada tahap awal, sistem berada dalam kondisi siap untuk digunakan. Sistem menggunakan sensor IR Flame untuk mendeteksi api, jika sensor mendeteksi adanya api maka buzzer dan pompa akan menyala untuk memberikan peringatan dan memadamkan api. Selanjutnya, NodeMCU ESP8266 akan memproses data dari sensor dan mengirimkan sinyal ke whatsapp. Pengguna akan menerima notifikasi tentang api yang sudah padam melalui aplikasi whatsapp. Secara keseluruhan, diagram ini menunjukkan alur dari deteksi api, yang kemudian memadamkan api secara otomatis hingga mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui whatsapp.



Gambar 17. Activity Diagram Pemadam Kebakaran

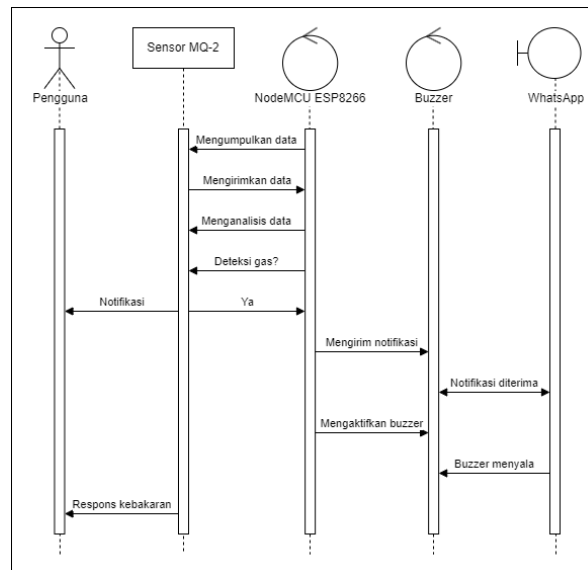
4.2.3 Sequence Diagram

Adapun sequence diagram pendeteksi kebakaran dari Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT), yang dapat dilihat pada gambar 18.



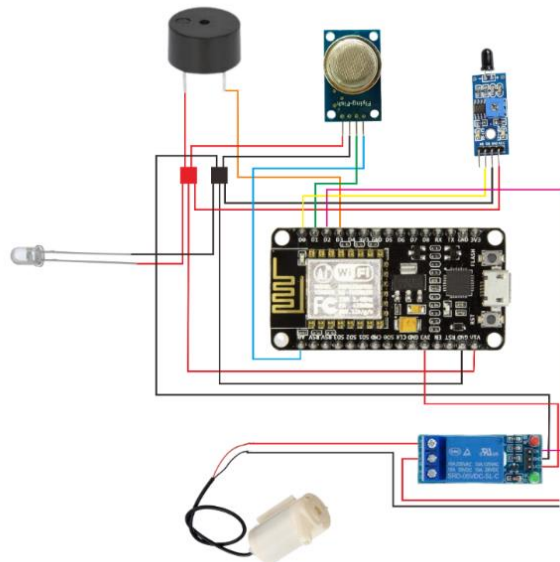
Gambar 18. Sequence Diagram Pendeteksi Kebakaran

Adapun sequence diagram pendeteksi gas dari Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT), yang dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 19. Sequence Diagram Pendeteksi Gas

4.2.4 Desain (Design)



Gambar 20. Rangkaian Keseluruhan Sistem

Berdasarkan pada gambar 20, terdapat 13 pin yang digunakan yaitu, Digital Output (DO), D0, Input (IN), D2, Normally Open (NO), Common (COM), Analog Output (AO), A0, D1, Ground (GND), ground (-), Voltage at the Common Collector (VCC), dan Vin (+), berikut penjelasannya :

- Pin VCC pada sensor IR Flame dihubungkan dengan pin Vin (+) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada sensor IR Flame.
- Pin GND pada sensor IR Flame dihubungkan dengan pin ground (-) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada sensor IR Flame.
- Pin DO pada sensor IR Flame dihubungkan dengan pin D0 pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk mengirimkan sinyal ke NodeMCU ESP8266 berdasarkan kondisi adanya deteksi api atau tidak oleh sensor IR Flame.
- Pin IN pada relay dihubungkan dengan pin D2 pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk menerima sinyal dari NodeMCU ESP8266 yang mengontrol perintah apakah relay aktif atau nonaktif.
- Pin VCC pada relay dihubungkan dengan pin Vin (+) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada relay.

- f. Pin GND pada relay dihubungkan dengan pin ground (–) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada relay.
- g. Kabel daya positif pada mini pompa air submersible dihubungkan dengan NO pada relay, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan daya pada mini pompa air submersible saat relay aktif.
- h. Kabel daya negatif pada mini pompa air submersible dihubungkan dengan daya negatif, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan daya pada mini pompa air submersible.
- i. Pin COM pada relay dihubungkan dengan daya positif, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan daya yang akan dialirkan ke pin NO saat relay aktif.
- j. Pin AO pada sensor MQ-2 dihubungkan dengan pin A0 pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk mengirimkan analog output sesuai dengan tingkat konsentrasi gas yang dideteksi.
- k. Pin DO pada sensor MQ-2 dihubungkan dengan pin D1 pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk mengirimkan sinyal berdasarkan kondisi adanya deteksi gas atau tidak oleh sensor MQ-2.
- l. Pin GND pada sensor MQ-2 dihubungkan dengan pin ground (–) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada sensor MQ-2.
- m. Pin VCC pada sensor MQ-2 dihubungkan dengan pin Vin (+) pada breadboard, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada sensor MQ-2.
- n. Pin positif (+) pada buzzer dihubungkan dengan pin D3 pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk mengontrol buzzer ketika terdeteksi api atau gas buzzer akan menghasilkan suara.
- o. Pin negatif (–) pada buzzer dihubungkan dengan pin ground (–) pada NodeMCU ESP8266, konektivitas ini berfungsi untuk memberikan tegangan pada buzzer.
- p. LED dihubungkan dengan pin Vin (+) dan pin ground (–) pada NodeMCU ESP8266, kedua konektivitas ini berfungsi untuk menyalakan LED.

4.3 Implementasi (*Implementation*)

Pada tahapan ini penulis akan menjabarkan mengenai implementasi perangkat keras, perangkat lunak, dan flowchart cara kerja sistem.

4.3.1 Implementasi Perangkat Keras

Pada bagian ini penulis akan menjelaskan urutan perakitan Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT):

- a. Langkah pertama dalam perakitan sistem adalah menyiapkan seluruh komponen yang diperlukan. Komponen utama yang diperlukan meliputi NodeMCU ESP8266, sensor IR Flame, sensor MQ-2, relay, pompa, buzzer, breadboard, dan kabel jumper.
- b. Langkah ke-2, siapkan breadboard yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik tanpa penyolderan, hal ini memudahkan dalam pembuatan *prototype*.
- c. Langkah ke-3, setelah mempersiapkan breadboard, pasang NodeMCU ESP8266 ke breadboard.
- d. Langkah ke-4, setelah memasang NodeMCU ESP8266, pasang kabel jumper dari VCC ke arus daya positif.
- e. Langkah ke-5, pasang juga kabel jumper dari GND ke arus daya negatif.
- f. Langkah ke-6, kemudian tambahkan sensor IR Flame dan hubungkan pin VCC, GND, dan DO dari sensor IR Flame ke arus daya positif, negatif, dan D0 dari NodeMCU ESP8266. Pastikan koneksi tersebut stabil dan tidak longgar.
- g. Langkah ke-7, kemudian tambahkan sensor MQ-2 dan hubungkan pin VCC, GND, AO, dan DO dari sensor MQ-2 ke arus daya positif, negatif, A0, dan D1 dari NodeMCU ESP8266. Pastikan koneksi tersebut stabil dan tidak longgar.
- h. Langkah ke-8, setelah sensor IR Flame dan sensor MQ-2 terhubung dengan baik, kemudian menghubungkan relay ke NodeMCU ESP8266 untuk mengontrol pompa. Hubungkan pin VCC, GND, dan IN dari relay ke arus daya positif, negatif, dan D2 dari NodeMCU ESP8266.
- i. Langkah ke-9, selanjutnya tambahkan buzzer pada rangkaian dengan menghubungkan daya positif dan daya negatif dari buzzer ke pin D3 dan daya negatif dari NodeMCU ESP8266.
- j. Langkah ke-10, setelah seluruh komponen terhubung, kemudian hubungkan kabel positif dari pompa ke terminal NO dari relay.

4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak

Pada bagian ini penulis akan menjelaskan urutan pemrograman Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT):

- a. Langkah pertama dalam pemrograman sistem adalah menyiapkan aplikasi yang akan digunakan untuk memprogram sistem ini yaitu Arduino IDE.

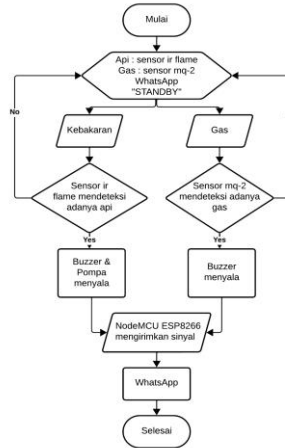
- b. Langkah ke-2, import *Library* yang dibutuhkan. *Library* ESP8266WiFi.h berfungsi untuk menghubungkan ESP8266 ke jaringan *WiFi*. *Library* ESP8266HTTPClient.h berfungsi untuk mengelola permintaan HTTP. *Library* time.h berfungsi untuk mengatur dan mendapatkan waktu dari *Network Time Protocol* (NTP).
- c. Langkah ke-3, konfigurasi nama SSID dan *password WiFi*. SSID dan *password WiFi* didapatkan dari nama dan *password WiFi* yang akan digunakan untuk menghubungkan NodeMCU ESP8266, dan pastikan jaringannya kuat.
- d. Langkah ke-4, menentukan pin komponen yang digunakan. Hal ini berfungsi untuk menghubungkan komponen dengan NodeMCU ESP8266.
- e. Langkah ke-5, menentukan server NTP dan pengaturan zona waktu. ntpServer adalah alamat server NTP yang berfungsi untuk mendapatkan waktu. gmtoffset_sec adalah waktu dalam detik untuk zona waktu GMT+7. daylightOffset_sec adalah waktu untuk *daylight saving* namun tidak digunakan dalam sistem ini.
- f. Langkah ke-6, membuat variabel untuk menyimpan status sebelum terdeteksi api dan gas. flameDetectedPrevious berfungsi untuk menyimpan status deteksi api sebelum terdeteksinya api. gasDetectedPrevious berfungsi untuk menyimpan status deteksi gas sebelum terdeteksinya gas.
- g. Langkah ke-7, membuat void setup() yang berisikan kode untuk menghubungkan ke jaringan *WiFi*, mengatur pin relay dan buzzer sebagai output, dan menginisialisasi waktu menggunakan server NTP. Void setup berfungsi untuk menjalankan program sekali setelah NodeMCU ESP8266 hidup. Serial.begin(9600) berfungsi untuk menginisialisasi komunikasi serial dengan baud rate 9600. *WiFi.begin()* berfungsi untuk menghubungkan ke jaringan *WiFi* menggunakan SSID dan password yang sudah dituliskan di awal kode. pinMode() berfungsi untuk mengatur pin relay dan buzzer sebagai output. configTime() berfungsi untuk mengatur waktu menggunakan NTP dengan offset zona waktu GMT+7.
- h. Langkah ke-8, membuat void loop() yang berisikan kode untuk membaca nilai dari sensor MQ-2 dan sensor IR Flame, mengecek apakah ada deteksi api atau gas, mengaktifkan relay dan buzzer ketika ada deteksi, dan mengirimkan notifikasi ke whatsapp jika ada perubahan status deteksi. Void loop yang berfungsi untuk menjalankan program berulang terus menerus selama NodeMCU ESP8266 menyala. analogRead(pinSensorAO) berfungsi untuk membaca nilai analog dari sensor MQ-2. digitalRead(pinSensorDO) dan digitalRead(pinFlame) berfungsi untuk membaca nilai digital dari sensor MQ-2 dan sensor IR Flame. Logika dari deteksi api yaitu, jika sensor IR Flame mendeteksi adanya api maka relay dan buzzer akan menyala dan notifikasi akan terkirim ke whatsapp. Logika dari deteksi gas yaitu, jika sensor MQ-2 mendeteksi gas maka buzzer akan menyala dan notifikasi akan terkirim ke whatsapp. Logika dari api dan gas yang sudah padam yaitu, jika api atau gas sudah padam maka notifikasi bahwa api atau gas sudah padam akan terkirim ke whatsapp.
- i. Langkah ke-9, membuat void kirim_wa() yang berisikan kode untuk mengambil tanggal dan waktu saat ini, membuat pesan lengkap dengan tanggal dan waktu, dan mengirim pesan menggunakan fungsi postData(). kirim_wa() berfungsi untuk membuat pesan yang berisikan informasi, tanggal, dan jam, kemudian meng-encode pesan tersebut dan membuat URL untuk mengirimkan pesan whatsapp menggunakan API CallMeBot.
- j. Langkah ke-10, membuat void postData() yang berisikan kode untuk membuat permintaan HTTP GET ke URL yang diberikan, mencetak kode respons HTTP ke serial monitor, dan menginformasikan berhasil atau tidaknya pengiriman notifikasi. postData() berfungsi untuk mengirimkan permintaan HTTP GET ke URL yang sudah dituliskan.
- k. Langkah ke-11, membuat string urlencode() yang berfungsi untuk meng-encode string agar sesuai dengan format URL. Seperti mengubah karakter spesial menjadi format yang dapat digunakan dalam URL (misalnya, spasi menjadi +).
- l. Langkah ke-12, membuat string getFormattedDate() yang berisikan kode untuk mengambil tanggal saat ini dengan format YYYY-MM-DD.
- m. Langkah ke-13, membuat string getFormattedTime() yang berisikan kode untuk mengambil waktu saat ini dengan format HH:MM:SS.

4.3.3 Flowchart Cara Kerja Sistem

Pada gambar 21 adalah flowchart dari sistem pendeteksi kebakaran dan pemadam api otomatis berbasis IoT. Berikut adalah cara kerja dari sistem pendeteksi kebakaran dan pemadam api otomatis berbasis IoT:

- a. Untuk menghidupkan NodeMCU ESP8266, NodeMCU ESP8266 harus dikoneksikan ke *WiFi* yang sudah terdaftar pada NodeMCU ESP8266.
- b. Pastikan nomor whatsapp yang digunakan sudah sesuai dengan nomor yang tertulis pada script.

- c. Apabila sensor IR Flame mendeteksi adanya api, maka buzzer dan pompa akan menyala dan notifikasi adanya api akan dikirimkan melalui whatsapp.
- d. Apabila sensor IR Flame tidak mendeteksi adanya api, maka buzzer dan pompa tidak akan menyala dan notifikasi tidak akan dikirimkan melalui whatsapp.
- e. Apabila sensor MQ-2 mendeteksi adanya gas, maka buzzer akan menyala dan notifikasi adanya gas akan dikirimkan melalui whatsapp.
- f. Apabila sensor MQ-2 tidak mendeteksi adanya gas, maka buzzer tidak akan menyala dan notifikasi tidak akan dikirimkan melalui whatsapp.



Gambar 21. Flowchart

4.4 Uji Coba (Testing)

Pada tahapan ini penulis akan melakukan pengujian dari sistem yang penulis bangun, untuk mengumpulkan data mengenai waktu respons sistem, akurasi deteksi, dan efektivitas pemadam kebakaran. Hasil dari uji coba ini akan menjadi dasar untuk mengevaluasi kinerja sistem.

4.4.1 Pengujian Deteksi Api

Pengujian pendeteksi api dilakukan dengan menyalakan titik api pada jarak yang sudah ditentukan dan selanjutnya dengan melihat respon sistem. Berikut adalah hasil dari pengujian sistem deteksi api:

Tabel 1. Pengujian Deteksi Api

No	Jarak	Respon	Waktu	Hasil Notifikasi
1	< 10 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
2	< 20 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
3	< 30 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
4	< 40 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
5	< 50 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
6	< 60 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
7	< 70 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
8	< 80 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
9	< 90 cm	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
10	< 1 m	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
11	< 1,3 m	Terdeteksi	1 detik	Terdeteksi Adanya Api
12	> 1,3 m	Tidak Terdeteksi	-	-

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penggunaan sensor IR Flame dalam mendeteksi api telah memenuhi standar yang relevan. Sensor IR Flame dapat mendeteksi api hingga jarak dibawah 1,3 m.

4.4.2 Pengujian deteksi gas

Pengujian pendeteksi gas dilakukan dengan menyemprotkan gas pada modul sensor sistem dengan jarak yang sudah ditentukan dan selanjutnya dengan melihat respon sistem. Pada pengujian deteksi gas ini

didapatkan bahwa waktu respon sensor tidak hanya ditentukan oleh jarak tetapi juga oleh arah angin. Berikut adalah hasil dari pengujian sistem deteksi gas:

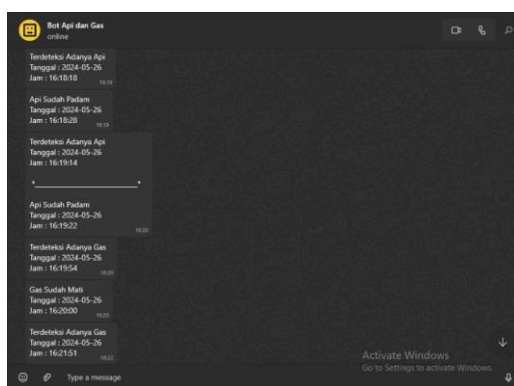
Tabel 2. Pengujian Deteksi Gas

No	Jarak	Respon	Waktu	Hasil Notifikasi
1	< 5 cm	Terdeteksi	2 detik	Terdeteksi Adanya Gas
2	< 10 cm	Terdeteksi	5 detik	Terdeteksi Adanya Gas
3	< 15 cm	Terdeteksi	9 detik	Terdeteksi Adanya Gas
4	< 20 cm	Terdeteksi	15 detik	Terdeteksi Adanya Gas
5	> 20 cm	Tidak Terdeteksi	-	-

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penggunaan sensor MQ-2 dalam mendeteksi gas telah memenuhi standar yang relevan. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi api hingga jarak dibawah 20 cm, namun respon sensor tidak hanya ditentukan oleh jarak tetapi juga oleh arah angin.

4.4.3 Hasil Notifikasi

Sistem yang telah mendeteksi api dan gas selanjutnya akan diterima oleh NodeMCU ESP8266 dan diproses sehingga dapat mengirimkan notifikasi ke whatsapp. Hasil notifikasi yang diterima dapat dilihat pada gambar 22.



Gambar 22. Hasil Notifikasi Pada WhatsApp

Berdasarkan hasil pengujian, penulis mengevaluasi sistem yang penulis bangun dengan merujuk pada beberapa jurnal terkait:

a. Keandalan Sistem

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh [23] sistem yang penulis rancang telah memperhitungkan aspek keandalan dalam deteksi kebakaran. Penggunaan sensor-sensor yang andal dan pengaturan alarm yang responsif sesuai dengan standar keamanan yang telah ditetapkan.

b. Efektivitas Pemadaman Api

Referensi jurnal yang penulis teliti juga menunjukkan bahwa efektivitas pemadaman api merupakan aspek penting dalam desain sistem. Dalam penelitian yang dilakukan oleh [24] hasilnya menunjukkan bahwa sistem pemadam api otomatis berbasis IoT mampu mengatasi kebakaran dengan cepat dan efisien. Sistem yang penulis rancang telah diuji untuk memastikan pemadaman api yang efektif dengan respons yang cepat.

c. Interoperabilitas dengan WhatsApp Bot

Desain sistem penulis mempertimbangkan kemampuan untuk berintegrasi dengan infrastruktur IoT yang ada seperti WhatsApp Bot. Referensi dari [25] menunjukkan pentingnya membangun sistem yang dapat terhubung dengan perangkat IoT lainnya. Sistem yang penulis rancang untuk berkomunikasi secara efisien dengan perangkat lain dalam jaringan IoT.

4.5 Operasi dan Pemeliharaan (*Operation and Maintenance*)

Operasi dan pemeliharaan dari Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT) melibatkan langkah-langkah yang harus diikuti agar sistem dapat berfungsi dengan baik. Berikut adalah beberapa langkah-langkah yang harus diikuti :

- Pengaktifan Sistem :** Sistem harus diaktifkan dengan memastikan mikrokontroler, sensor, dan seluruh komponen berfungsi dengan baik. Sistem harus terhubung dengan internet untuk pengiriman notifikasi melalui whatsapp. Perangkat juga harus terhubung ke sumber daya listrik yang terjamin.

- b. Pengujian Sistem : Sistem harus diuji secara berkala untuk memastikan seluruh komponen berfungsi dengan baik dan notifikasi dapat berjalan sesuai yang diharapkan.
- c. Pemeriksaan Daya dan Konektivitas : Memastikan semua perangkat terhubung dengan internet dan sumber daya listrik.
- d. Pelatihan bagi Pengguna : Pengguna harus diberikan pelatihan tentang cara pengoperasian dari Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis *Internet of Things* (IoT).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan Sistem Pendeteksi Kebakaran dan Pemadam Api Otomatis Berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti NodeMCU ESP8266 untuk memproses data, sensor IR Flame untuk mendeteksi adanya api, sensor MQ-2 untuk mendeteksi adanya gas, relay untuk mengaktifkan pompa, mini pompa air submersible untuk memadamkan api, dan whatsapp untuk mengirimkan notifikasi kepada pengguna.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan yang sebagai berikut:

- a. Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi api dan gas serta sistem untuk memadamkan api secara otomatis yang efektif.
- b. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa sistem ini memiliki respons waktu yang cepat.
- c. Sistem sudah bekerja sesuai dengan perencanaan yang mendeteksi kebakaran dengan akurat dan mengirimkan notifikasi melalui whatsapp secara *real-time* untuk memastikan bahwa pengguna dapat mengetahui adanya kebakaran.
- d. Penggunaan relay yang terhubung ke sistem memungkinkan kebakaran dapat dipadamkan secara otomatis setelah terdeteksi adanya kebakaran. Hal ini dapat membantu mengurangi risiko kerusakan yang lebih besar.
- e. Integrasi teknologi *Internet of Things* dalam sistem ini memungkinkan monitoring dan pengelolaan kebakaran dapat dilakukan dengan lebih efisien dan efektif.
- f. Pengguna dapat menerima informasi kebakaran secara *real-time* selama terhubung dengan jaringan internet.
- g. Penggunaan whatsapp sebagai platform untuk menerima notifikasi menjadikan sistem ini mudah digunakan oleh pengguna.
- h. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat diandalkan dalam keadaan darurat karena dapat mendeteksi api dan gas secara cepat dan tepat.
- i. Sistem ini harus terhubung dengan jaringan yang kuat dan terhubung dengan listrik.
- j. Sensor IR Flame pada sistem ini dapat mendeteksi api dalam jarak dibawah 1,3 m.
- k. Sensor MQ-2 pada sistem ini dapat mendeteksi gas dalam jarak dibawah 20 cm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat saran yang dapat diberikan untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut yaitu:

- a. Penelitian selanjutnya sebaiknya dapat menambahkan sistem untuk mendeteksi asap dan suhu.
- b. Penelitian selanjutnya sebaiknya dapat mengembangkan sistem untuk melacak lokasi kebakaran.
- c. Jenis dan kualitas sensor sebaiknya ditingkatkan untuk meningkatkan akurasi dan jangkauan deteksi.
- d. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem agar dapat menerima notifikasi tanpa adanya jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Nugraha, Zaenudin, and A. Fath Riza Kholdani, "PERANCANGAN SISTEM PEMADAM API DAN PENGHISAP ASAP OTOMATIS BERBASIS ARDUINO MEGA DENGAN KENDALI ANDROID," 2021.
- [2] S. Suhartini, M. Peslinof, and M. Ficky Afrianto, "RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KEBAKARAN PADA RUANGAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)," 2023.
- [3] D. Indra, E. I. Alwi, and M. Al Mubaraq, "Prototipe Sistem Kontrol Pemadam Kebakaran Pada Rumah Berbasis Arduino Uno dan ESP8266," *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, Sep. 2021, doi: 10.34010/komputika.v11i1.4801.
- [4] T. Hafzara Siregar, S. Permana Sutisna, G. Eka Pramono, and M. Malik Ibrahim, "RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ARDUINO," 2020. [Online]. Available: <http://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ame/index>

- [5] B. Ade Chandra, R. Pradana, D. Virgian Shaka Yudha Sakti, and S. Waluyo, “SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP8266 PADA RUMAH MAKAN GUDEG SIJIE,” 2023.
- [6] B. Laksmiana and N. Ikbar, “Rancang Bangun Alat Penanganan Dan Pengendalian Kebakaran Berbasis Arduino Nano Dengan Si stem IoT,” *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRekRiTel)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Apr. 2021, doi: 10.51510/trekritel.v1i1.395.
- [7] G. G. Salindeho and T. Wellem, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM PENDETEKSI DAN PERINGATAN KEBAKARAN BERBASIS IOT MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266 DAN SENSOR API,” 2023.
- [8] B. Panjaitan, M. Azis, and R. Ryan Mulyadi, “RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KEBAKARAN PADA RUMAH BERBASIS IoT,” 2020.
- [9] A. Napu, O. Kembuan, and K. Santa, “Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis Internet Of Things (IoT),” 2022.
- [10] M. Akbar and A. Lukman Affandy, “Implementasi Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Teknologi Internet of Things,” 2023.
- [11] P. Tarigan, “RANCANG BANGUN PENDETEKSI KEBAKARAN MENGGUNAKAN NODEMCU ESP8266,” *CTIS*, vol. 5, no. 2, 2021.
- [12] K. Ananta and A. Budiman, “Alat Pemadam Kebakaran Otomatis Berbasis IoT,” 2023.
- [13] Y. S. Kristama and I. R. Widiyari, “Alat Pendeteksi Kebakaran Dini Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan NodeMCU Dan Telegram,” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 3, p. 1599, Jul. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i3.4445.
- [14] U. Anggoro Saputro and A. Tuslam, “Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet Of Things Dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 Dan Platform ThingSpeak,” vol. 7, no. 1, 2022.
- [15] M. Imamuddin and Zulwisli, “SISTEM ALARM DAN MONITORING KEBAKARAN RUMAH BERBASIS NODEMCU DENGAN KOMUNIKASI ANDROID,” 2019.
- [16] A. Hartono, Siswanto, and A. Widjaja, “PROTOTYPE PENDETEKSI KEBAKARAN MENGGUNAKAN SENSOR FLAME, SENSOR DHT11 DAN MIKROKONTROLER NODEMCU ESP8266 BERBASIS WEBSITE,” 2022.
- [17] A. Sudarta, F. Ferdiansyah, R. Richson Siahaan, and M. Maruloh, “Rancang Bangun Pendeteksi Kebakaran Dan Monitoring Berbasis IoT Dengan Microcontroller NodeMCU,” *BINA INSANI ICT JOURNAL*, vol. 9, no. 1, pp. 22–32, 2022.
- [18] I. G. A. Ari Kukuh Sentanu, I. A. Gst Komang Diafari Djuni, and N. Pramaita, “RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN BERBASIS NODE MCU ESP8266,” 2021.
- [19] M. Hafiz and O. Candra, “Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroller dan Aplikasi Map dengan Menggunakan IoT,” *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 1, p. 53, Mar. 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i1.111420.
- [20] L. Nurlaela, R. Gazali, and A. Awaludin, “SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG MENGGUNAKAN NOTIFIKASI WHATSAPP,” 2023.
- [21] Kamal, Firdayanti, U. Mahanin Tyas, A. Apri Buckhari, and Pattasang, “IMPLEMENTASI APLIKASI ARDUINO IDE PADA MATA KULIAH SISTEM DIGITAL,” 2023.
- [22] A. Abdul Wahid, “Analisis Metode Waterfall Untuk Pengembangan Sistem Informasi,” 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/346397070>
- [23] A. Sofyan and M. M. Sulaiman, “Implementasi Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Sensor Api & Asap Berbasis IoT (SMAN2 Kabupaten Tangerang),” 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.publikasitecno.id/index.php/jim>
- [24] D. E. Myori, W. Pratama, H. Effendi, and H. Hastuti, “Alat Pendeteksi Kebakaran Berbasis Sensor Flame Dilengkapi Sprinkler Menggunakan IoT dan Maps,” vol. 4, no. 1, pp. 9–18, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i1.328.
- [25] A. Septiyanto, J. Warta, and R. Sari, “Aplikasi Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Wemos ESP8266 Menggunakan Peringatan Notifikasi Pada Whatsapp,” 2021. [Online]. Available: <http://ejurnal.ubharajaya.ac.id/index.php/JSRCS>