

## **Prototype Sistem Deteksi Dini Kebakaran Rumah Menggunakan *Flame Sensor* Dengan Notifikasi Telegram Melalui *Thinger.IO***

Dody Wahjudi<sup>1</sup>, Eko Sudaryanto<sup>2</sup>, Niken Dwi Ayu Margiyanti<sup>3</sup>, Isra' Nuur Darmawan<sup>4,\*</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Wijayakusuma Purwokerto

---

**Article Info****Article history:**

Received: 16 Oktober 2024

Received in revised form: 23 Oktober 2024

Accepted: 25 November 2024

Available online: 30 November 2024

---

**Keywords:***Fire Detection**IoT**Flame Sensor**MQ-2 Sensor**Dust Sensor***Kata Kunci:**

Deteksi Kebakaran

IoT

*Flame Sensor*

Sensor MQ-2

*Dust Sensor*

---

**ABSTRACT**

**PROTOTYPE OF HOUSE FIRE EARLY DETECTION SYSTEM USING FLAME SENSOR WITH TELEGRAM NOTIFICATION VIA THINGER.IO.** *This research is based on the problem of gas leakage which is one of the factors causing fires to occur. Too slow a response of the homeowner to the occurrence of a fire disaster is a factor in fires that can cause loss of life and property that is not small. As an effort to prevent things that are not expected, a system that can detect fires effectively is needed. Designing a fire detection system that supports IoT (Internet Of Things) so that it can be monitored remotely is a suitable preventive alternative. Therefore, the design of a fire detection system using the NodeMCU ESP8266 microcontroller and input Flame sensor that can detect the presence of fire with a minimum detection distance of 10cm with an average voltage output of 5.076V while, the maximum detection distance is 100cm with an average voltage output of 5.066V. MQ-2 sensor to detect gas particles with an average output voltage of 4.99V. Dust sensors can detect paper smoke particles with an average voltage output of 5.066V at a smoke density of 848.90 while cigarette smoke with an average voltage output of 5.038 at a smoke density of 849.87. If one of the sensors detects a potential fire, it will automatically send a message to Telegram accompanied by a buzzer and LED that lights up as a warning sign. Thinger.io software to monitor data changes in the system.*

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh permasalahan kebocoran gas yang menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kebakaran. Lambatnya respon pemilik rumah terhadap bencana kebakaran menjadi salah satu faktor terjadinya kebakaran yang dapat menimbulkan kerugian jiwa maupun harta benda. Sebagai upaya pencegahan terhadap hal-hal yang tidak diharapkan, maka diperlukan suatu sistem yang dapat mendeteksi kebakaran secara efektif. Perancangan sistem deteksi kebakaran yang mendukung IoT (*Internet Of Things*) sehingga dapat dipantau dari jarak jauh merupakan salah satu alternatif pencegahan yang tepat. Oleh karena itu, perancangan sistem deteksi kebakaran ini menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 dan input sensor Flame yang dapat mendeteksi kebakaran dengan jarak deteksi minimum 10cm dengan tegangan output rata-rata 5.076V, sedangkan jarak deteksi maksimum 100cm dengan tegangan output rata-rata 5.066V. Sensor MQ-2 untuk mendeteksi partikel gas dengan tegangan output rata-rata 4.99V. Sensor debu dapat mendeteksi partikel asap kertas dengan tegangan keluaran rata-rata 5.066V pada kerapatan asap 848,90 sedangkan asap rokok dengan tegangan keluaran rata-rata 5.038 pada kerapatan asap 849,87. Jika salah satu sensor mendeteksi adanya potensi kebakaran, maka secara otomatis akan mengirimkan pesan ke Telegram disertai dengan buzzer dan LED yang menyala sebagai tanda peringatan. Perangkat lunak Thinger.io untuk memantau perubahan data dalam sistem..

---

**Corresponding author:**

Isra' Nuur Darmawan

Program Studi Teknik Elektro Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Jalan Beji Karangsalam, Purwokerto, Banyumas, JawaTengah, 53152, Indonesia

E-Mail Address : [isra.nuur.darmawan@unwiku.ac.id](mailto:isra.nuur.darmawan@unwiku.ac.id)

---

**1. Pendahuluan/Introduction**

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang sangat berbahaya dan dapat menimbulkan kerugian materi bahkan nyawa [1]. Kebakaran di dapur dapat disebabkan oleh kebocoran gas. dikarenakan panca indera manusia tidak memiliki kemampuan untuk merespon potensi kebakaran, maka reaksi terhadap kebakaran menjadi sulit. Sistem yang dapat mendeteksi kebakaran sangat penting untuk mencegah terjadinya kebakaran.

Penelitian pertama yaitu penelitian yang dilakukan oleh Hartono Dwi Cahyadi dkk, menunjukkan notifikasi terdeteksi adanya api atau percikan api yang dikirim melalui *SMS Gateway*. *Flame sensor* dapat mendeteksi adanya api dengan rentang jarak 0 sampai 100 cm, pada jarak 110 cm sensor sudah tidak dapat mendeteksi adanya api dan rentang sudut 0° sampai 60° dengan jarak ukur sudut 10 cm [2]. Penelitian yang dilakukan oleh Fanny Ade Setiawan, menjelaskan mengenai pendeteksian kebakaran yang dapat mengirimkan SMS ke nomor tujuan yang sudah diprogram. Jika sensor api mendeteksi adanya api pada rentang jarak 3cm hingga 15cm, sensor LM35 mendeteksi suhu kabel minimal 35°C dan sensor MQ-7 mendeteksi konsentrasi gas minimal 97,23 ppm maka *buzzer* akan berbunyi lalu mengirimkan notifikasi SMS ke *handphone* pengguna, kemudian data dapat dilihat pada *Web Server Thinkspeak* [3].

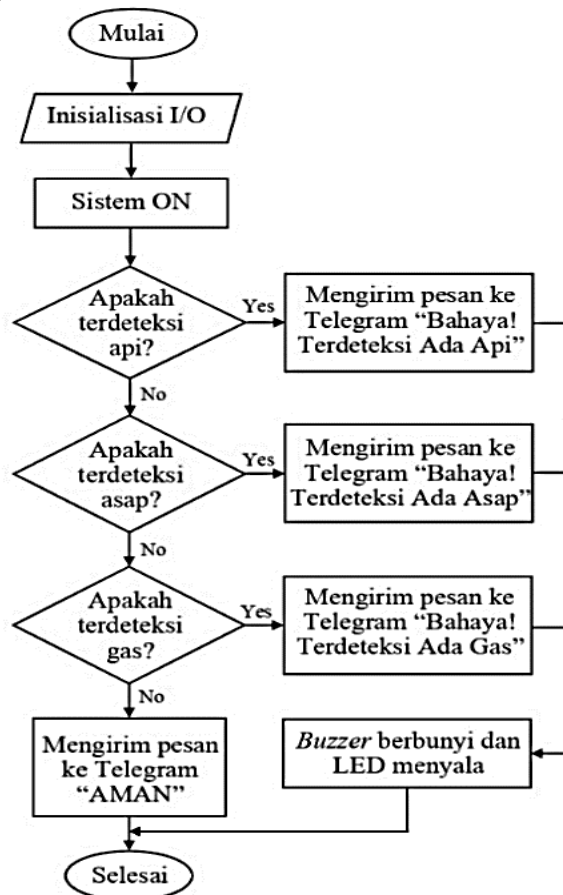
Riset terdahulu diatas menjadikan kerangka acuan dalam mengembangkan teknologi berbasis IoT dengan menggunakan mikrokontroler dan sensor. Karena kemampuan mereka untuk mengurangi ukuran dan biaya produk atau model dibandingkan dengan model yang dirangkai menggunakan mikroprosesor dengan memori dan perangkat input dan output yang terpisah, mikrokontroler menjadi semakin populer [4], [5]. Sensor nirkabel memiliki unit mikrokontroler (MCU) yang mengontrol modul elektronik dan memproses data sensor [6]. Mikrokontroler, juga

dikenal sebagai pengendali mikro, berfungsi sebagai pengontrol yang mengatur proses kerja rangkaian elektronik [7]. Salah satu karakteristik utama mikrokontroler adalah bentuknya yang kecil dan terintegrasi dalam rangkaian integrasi (IC) [8], [9]. Melalui sensor memiliki besaran listrik seperti tagangan, hambatan, dan arus listrik. Ini berasal dari sinyal mekanik, magnetik, cahaya, panas, dan kimia. Selain digunakan sebagai pendeteksi dalam pengukuran dan proses kontrol untuk deteksi, perangkat elektronik yang semakin canggih membuat lebih banyak jenis sensor yang digunakan untuk memfasilitasi deteksi [10], [11], [12].

Maka dari itu teknologi seperti sensor gas sangat diperlukan untuk membantu keterbatasan panca indera manusia. Membangun sebuah sistem pencegah kebakaran skala rumahan akan lebih lengkap dengan menambahkan sensor api. Pengiriman informasi jarak jauh melalui koneksi internet saat ini diperlukan untuk melengkapi sistem pencegah kebakaran. Notifikasi dari sistem pencegah kebakaran juga diperlukan agar pemilik rumah dapat mengetahui potensi kebakaran saat berada dimanapun seperti diluar rumah melalui smartphone.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dilihat sesuai dengan diagram alir pada sistem deteksi dini pencegah kebakaran seperti pada Gambar 2.1 dapat dilihat sebagai berikut:



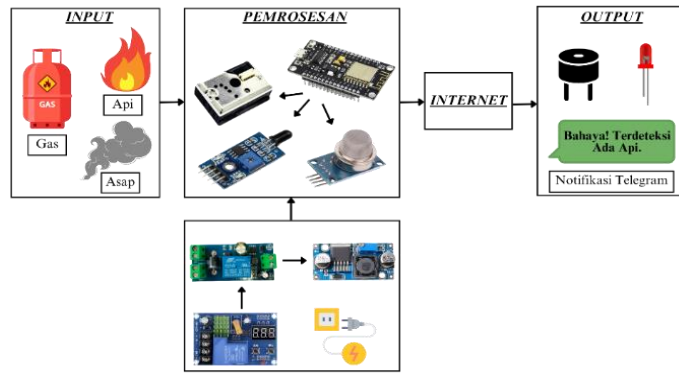
Gambar 2.1 Diagram Alir Sistem

Pertama dimulai dari penginisialisasian *input* dan *output*, dimana Sensor MQ-2 dan *Flame Sensor* sebagai *input* sedangkan *Buzzer* dan pesan Telegram sebagai *output* dan NodeMCU ESP8266 berperan sebagai prosesnya. Selanjutnya untuk membuat sistem menyala perlu menghubungkan alat dengan internet dan Telegram Bot melalui platform *Thingier.io*. Kemudian melakukan pemeriksaan pada *flame sensor*, apakah *flame sensor* dapat mendeteksi adanya api. Jika Ya maka akan mengirimkan pesan ke Telegram dengan notifikasi "Bahaya! Tekdeteksi Ada Api" kemudian LED menyala dan tanda alarm *buzzer* akan berbunyi.

Periksa *Dust Sensor*, apakah sensor dapat mendeteksi adanya asap. Jika Ya maka akan mengirimkan pesan ke Telegram dengan notifikasi "Bahaya! Tekdeteksi Ada Asap" kemudian LED menyala dan tanda alarm *buzzer* akan berbunyi. Kemudian apakah sensor MQ-2 dapat mendeteksi adanya gas. Jika Ya maka akan mengirimkan pesan ke Telegram dengan notifikasi "Bahaya! Terdeteksi Ada Gas" kemudian LED menyala dan tanda alarm *buzzer* akan berbunyi. Sedangkan jika *Flame Sensor* dan sensor MQ-2 tidak mendeteksi adanya api, asap atau gas maka Telegram akan mengirimkan notifikasi "AMAN". Apabila semua sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan maka alur sistem ini selesai.

### 2.1. Diagram Blok Sistem

Sebagai pendukung dan mempermudah untuk memahami skema rangkaian dari sistem deteksi dini pencegah kebakaran maka dibuat diagram blok seperti pada Gambar 2.2.

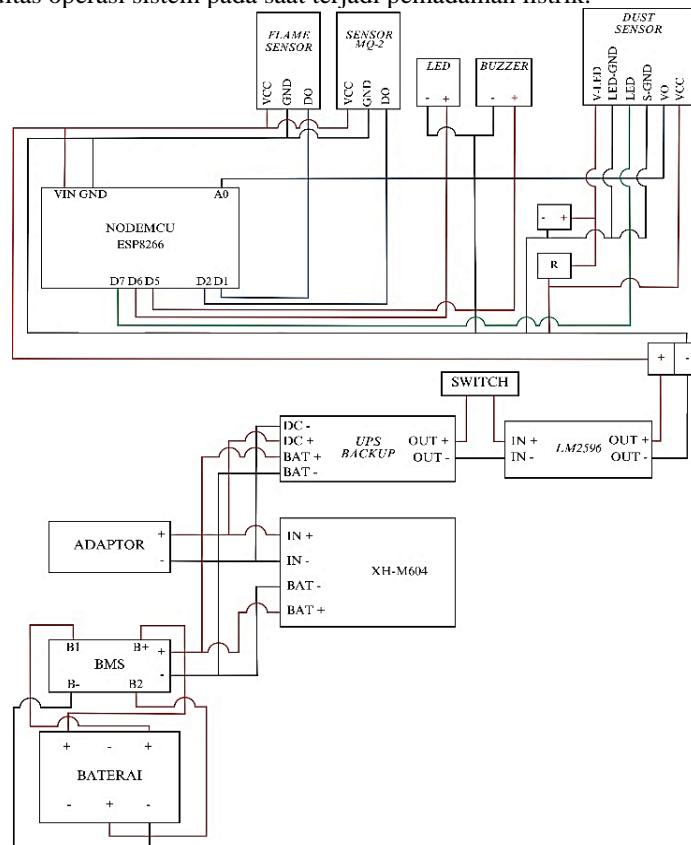


Gambar 2.2 Diagram Blok Rangkaian

Pada Gambar 3.2 dijelaskan diagram blok pada sistem deteksi dini pencegah kebakaran. Pada sistem ini memiliki input dari sensor berupa pendeteksian api, asap dan gas kemudian diproses menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontrolernya. Selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler yang terhubung dengan jaringan internet yang telah diprogram. Data pendeteksian api, gas dan asap akan dikirimkan melalui pesan Telegram. Sistem deteksi kebakaran menggunakan *backup battery* sebagai sumber cadangan energi saat *supply* energi utama terjadi gangguan.

### 2.2. Skema rangkaian

Skema rangkaian untuk perancangan *hardware* dari penelitian seperti pada Gambar 3.3. Sistem ini bekerja apabila terdeteksi adanya api, gas dan asap maka sistem akan mengirimkan pesan melalui *Telegram Bot* kemudian *buzzer* dan LED akan menyala sebagai tanda bahaya [13]. Sistem dilengkapi dengan backup daya yang dapat mempertahankan kontinuitas operasi sistem pada saat terjadi pemadaman listrik.




Gambar 2.3 Skema Rangkaian Perancangan Sistem Keseluruhan

### 2.3. Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan sistem disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.1.

Nama	Gambar	Keterangan
NodeMCU ESP8266		Modul ESP8266 yang menggabungkan GPIO, PWM (Pulse Width Modulation), IIC, 1-Wire dan ADC (Analog to Digital Converter) semua dalam satu papan [7], [14]. NodeMCU telah meringkas ESP8266 kedalam sebuah board yang lengkap dengan berbagai fitur seperti mikrokontroler yang berkualifikasi akses terhadap Wi-Fi & chip komunikasi serial USB [8], [15].

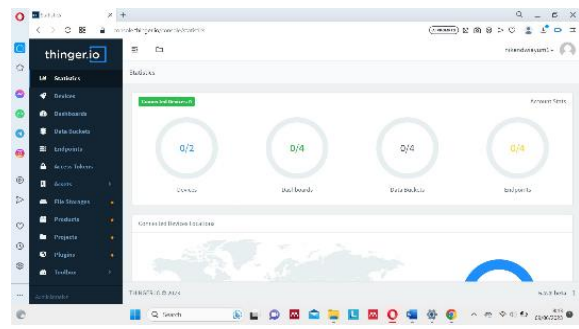
<p>Sensor MQ-2</p> 	<p>Material utama sensor MQ-2 adalah semikonduktor SnO<sub>2</sub>, yang tidak memiliki konduktivitas tinggi di udara murni, dan dapat mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar dari 300 hingga 10.000 ppm, dan dapat beroperasi pada suhu dari -20 hingga 50°C [16], [17]. Sensor ini memiliki enam <i>input</i>, yang terdiri dari <i>tiga power supply</i> (VCC) sebesar 5 Volt, Vss (<i>Ground</i>), dan <i>pin output</i> sensor untuk mengaktifkan pemanas dan sensor [18], [19].</p>
<p>Dust Sensor</p> 	<p>Sensor debu menggunakan infrared LED dan fotodiode yang tersusun secara diagonal untuk mengumpulkan cahaya dari debu di udara [20]. Sensor ini membutuhkan sangat sedikit daya, hanya 11mA hingga 20mA, dan dapat bekerja pada tegangan 4,5V hingga 5,5V [21].</p>
<p>Modul Backup Baterai</p> 	<p>Flame sensor memiliki titik deteksi 600, panjang gelombang nyala 760nm–1100nm, dan dapat bekerja dengan baik pada suhu 250–850°C [22]. Metode optic digunakan oleh sensor ini untuk mengenali atau mendeteksi nyala api [23]. Ini menggunakan infra merah sebagai transduser untuk mendeteksi kondisi nyala api dan menyaring cahaya dengan panjang gelombang tertentu.</p>
<p>Modul XH-M604</p> 	<p>UPS (<i>Uninterruptible Power Supply</i>) adalah modul yang berfungsi sebagai sumber listrik tambahan untuk melindungi perangkat elektronik dari kerusakan ketika terjadi gangguan listrik. Beberapa perangkat elektronik memiliki baterai <i>backup</i> untuk melindungi mereka dari gangguan layanan atau pemadaman listrik [24]. UPS hanya dapat membackup <i>voltase</i> sekitar 5 hingga 48 Volt.</p> <p>Untuk menjadikan pengisian baterai lebih stabil, modul XH-M604 dapat disesuaikan untuk mensimulasikan mode pengisian atau saat mengisi daya baterai agar tidak terisi terlalu banyak. Selain itu, modul ini dapat mensimulasikan mode operasional atau kondisi di mana baterai digunakan ke beban dan penggunaan baterai mulai habis [25].</p>

## 2.4. Perancangan Sistem

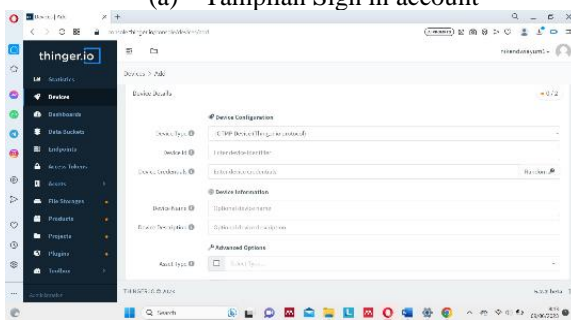
Perancangan program penelitian ini menggunakan *platform Thingier.io*, yang membantu menjalankan sistem deteksi kebakaran [26], [27]. Ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk mengkonfigurasi *platform* untuk terhubung dengan sistem, yaitu:



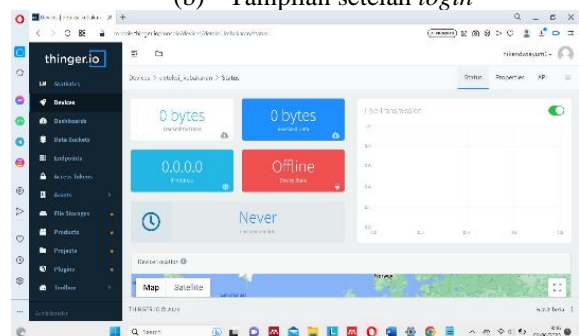
(a) Tampilan Sign in account



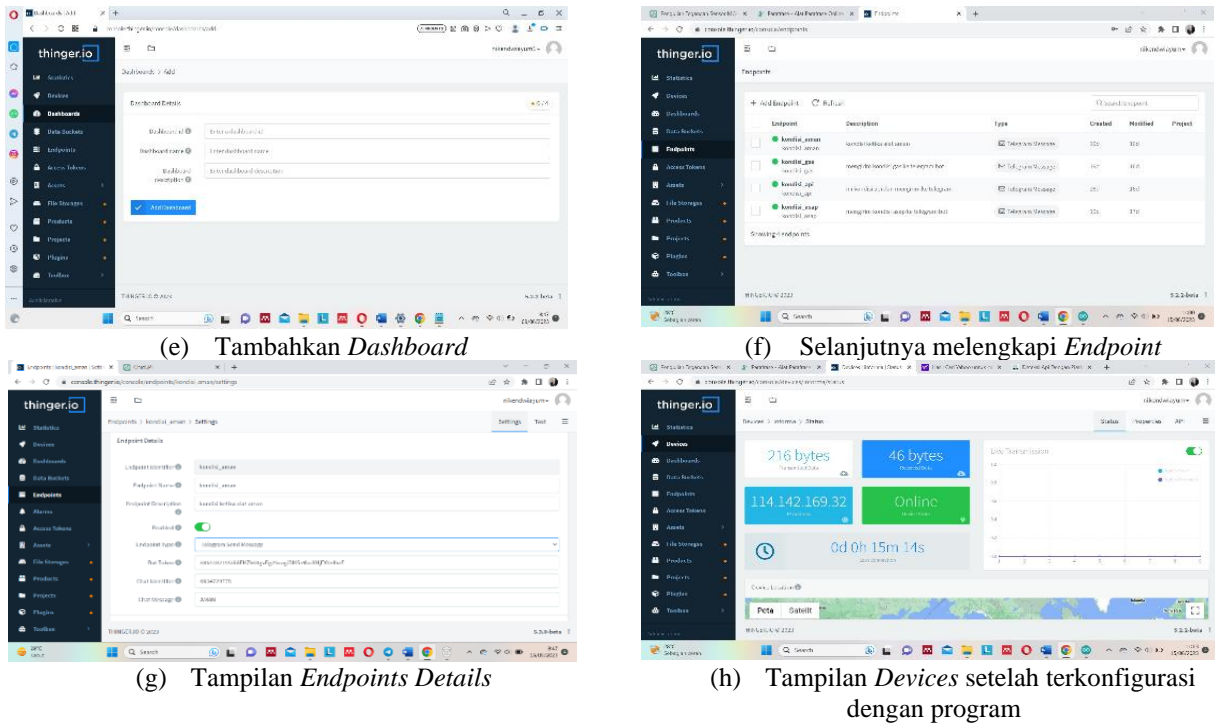
(b) Tampilan setelah login



(c) Tampilan *Devices*



(d) Tampilan *Devices* saat belum terkoneksi dengan sistem

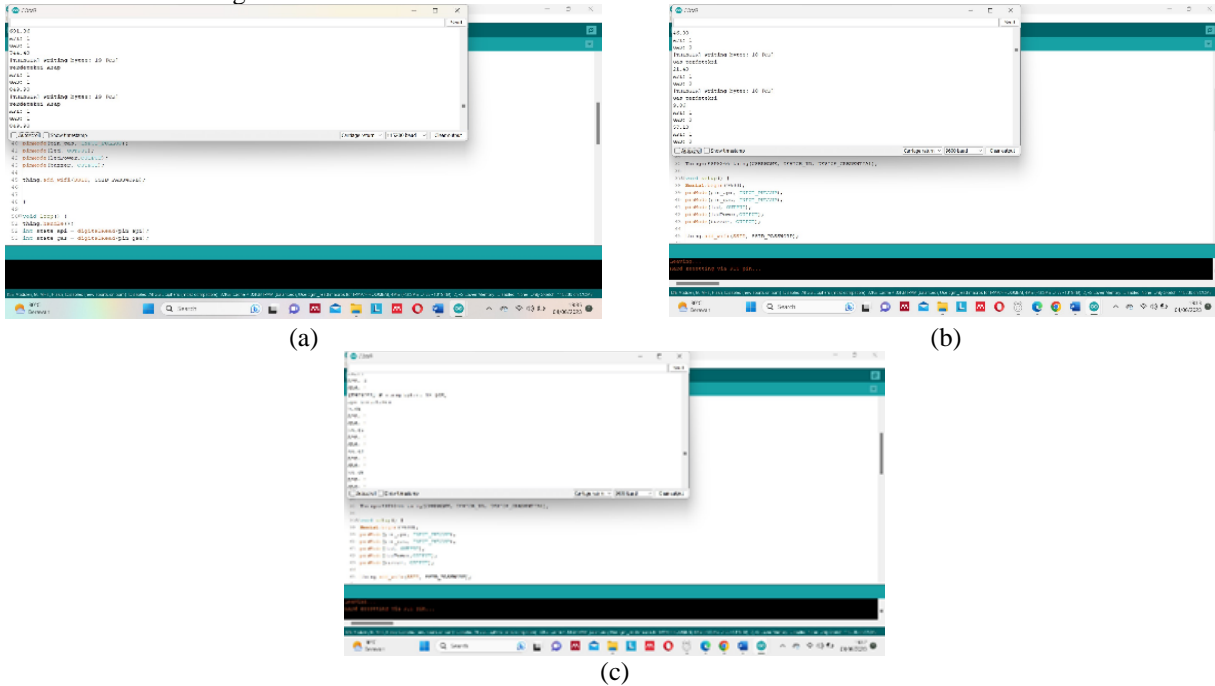


Gambar 2.4. Tampilan perancangan sistem

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengujian Program

Guna mengetahui data atau program dapat berfungsi sesuai rancangan maka dilakukan pengujian yang kemudian ditampilkan pada *Serial Monitor* Arduino IDE seperti pada Gambar 4.1. merupakan hasil dari pengujian asap dengan tampilan teks “Terdeteksi Asap”. Jika sensor mendeteksi adanya gas seperti pada Gambar 4.2 maka akan menampilkan teks “Terdeteksi Gas”. Sedangkan jika sensor mendeteksi api seperti pada Gambar 4.3 maka akan menampilkan teks “Terdeteksi Api” bersamaan dengan *buzzer* dan LED akan menyala kemudian akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram.



Gambar 3.1 (a) Hasil Pengujian Asap, (b) Hasil Pengujian Gas, & (c) Hasil Pengujian Api

Pengujian pada platform *Thinger.io* dilakukan untuk mengetahui apakah sistem sudah terkoneksi dengan internet. Agar sistem dapat terkoneksi dengan *Thinger.io*, sistem terlebih dahulu dikonfigurasi agar dapat terhubung dengan internet.

#### 3.2 Pengujian *Dust Sensor*

Pengujian ini dilakukan guna mengetahui tegangan pada *Dust sensor* berpengaruh secara signifikan terhadap performa pendeteksian partikel asap. Pengoptimalan tegangan yang diaplikasikan pada *Dust sensor* sesuai dengan kebutuhan mempengaruhi responsivitas sensor saat mendeteksi partikel asap di udara. Pengujian menggunakan asap kertas dan pengujian asap rokok ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengujian *Dust Sensor* Asap Kertas dan Asap Rokok

Uji Coba	Asap Kertas					Asap Rokok				
	Vin	Vout	Error I/O	Kerapatan Asap	Ket	Vin	Vout	Error I/O	Kerapatan Asap	Ket
1.	5,08V	5,08V	0V	769,30	Terdeteksi	5V	4,95V	0,05V	743,65	Terdeteksi
2.	5,07V	5,08V	0,01V	848,90	Terdeteksi	5,03V	5,07V	0,04V	818,79	Terdeteksi
3.	5,02V	5,04V	0,02V	703,81	Terdeteksi	5,01V	5,02V	0,01V	724,36	Terdeteksi
4.	5,08V	5,08V	0V	818,36	Terdeteksi	5,03V	5,05V	0,02V	849,87	Terdeteksi
5.	5,07V	5,05V	0,02V	768,55	Terdeteksi	5,07V	5,10V	0,03V	803,21	Terdeteksi

Pada table 3.1 diatas merupakan hasil pengujian sensor debu dengan hasil dari pembakaran asap kertas dan asap rokok, kelima pengujian menunjukan hasil sensor debu dapat mendeteksi hasil pembakaran dari asap kertas dan rokok.

### 3.3 Pengujian Flame Sensor

Tabel 3.2 Pengujian *Flame Sensor*

Pengujian	Jarak	Keterangan
1.	10cm	Terdeteksi
2.	20cm	Terdeteksi
3.	30cm	Terdeteksi
4.	40cm	Terdeteksi
5.	50cm	Terdeteksi
6.	60cm	Terdeteksi
7.	70cm	Terdeteksi
8.	80cm	Terdeteksi
9.	90cm	Terdeteksi
10.	100cm	Terdeteksi
11.	110cm	Tidak Terdeteksi

Pada tabel 3. hasil pengujian pada *flame sensor* dilakukan beberapa kali pengujian dengan rentang jarak yang berbeda untuk mengetahui keefektifan dari sensor. *Flame sensor* diuji menggunakan api dari lilin dengan jarak 10cm hingga 110cm. Pada jarak 10cm hingga 80cm sensor dapat mendeteksi api dengan akurasi yang cukup baik akan tetapi pada jarak 90cm hingga 100cm sensitifitas sensor dalam mendeteksi api menurun. Pada jarak 110cm sensor tidak dapat mendeteksi keberadaan api.

### 3.4 Pengujian Sensor MQ-2

Pada Tabel 3.4 pengujian pada sensor MQ-2 dilakukan sebanyak 5 kali menggunakan gas dari korek api. Hasil dari pengujian Sensor MQ-2 cukup stabil dalam mendeteksi adanya gas dengan rata-rata *output* tegangan 4,99V. Nilai digital pada saat sensor mendeteksi gas ditampilkan pada *Serial Monitor*.

Tabel 3.4 Pengujian Sensor MQ-2

Percobaan	Vin	Vout	Error I/O	Keterangan
1.	5,05V	4,99V	0,06V	Terdeteksi
2.	5,01V	4,97V	0,04V	Terdeteksi
3.	4,99V	4,98V	0,01V	Terdeteksi
4.	5,05V	4,99V	0,06V	Terdeteksi
5.	5,04V	5,02V	0,02V	Terdeteksi

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian, perancangan sistem deteksi kebakaran mampu mendeteksi api, asap dan gas serta dapat mengirimkan pesan ke Telegram sesuai program yang sudah dirancang. Pengujian asap kertas dengan kerapatan asap 848,90 memberikan tegangan output rata-rata 5,066V dan asap rokok dengan kerapatan asap 849,87 memeberikan tegangan output rata-rata 5,038V. Pengujian tegangan dan jarak pada *flame sensor* terhadap nyala api dengan jarak minimum 10cm memberikan tegangan output rata-rata 5,076V, sedangkan jarak maksimum 100cm memberikan tegangan output rata-rata 5,066V. Hasil pengujian gas pada sensor MQ-2 ketika terdeteksi adanya gas dilakukan sebanyak 5 kali dengan rata-rata tegangan output 4,99V. *Backup* daya mampu bertahan dalam mengoperasikan sistem selama 5 jam pada kondisi baterai terisi penuh saat listrik utama terjadi gangguan.

Saran untuk penelitian selanjutnya perlu penambahan sensor yang dapat menunjang dalam mendeteksi suhu. Dapat direkomendasikan untuk menggunakan alternatif *website* sendiri selain menggunakan *Thingier.io* agar dapat mengimplementasikan dan mengontrol data penggunaan lebih baik.

## Daftar Pustaka

- [1]. D. Sistem, D. Asap, B. Sensor, and M. Iot, "Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan," vol. 6, no. 1, pp. 117–127, 2020.
- [2]. H. D. Cahyadi, Y. Mirza, E. Laila, D. T. Komputer, P. N. Sriwijaya, and J. S. Negara, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Flame Sensor dan Sensor Asap Berbasis Arduino," vol. 2, no. 1, pp. 60–69, 2022.
- [3]. F. A. Setiawan, "Sistem Pendeteksi Kebakaran Multi Sensor Berbasis Iot Pada Bengkel Listrik Di BLK Cilacap," 2021.
- [4]. Nizam, Muhammad Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari. "Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 6.2 (2022): 767-772.
- [5]. Rahmanto, Yuri, Anang Burlian, and Slamet Samsugi. "Sistem Kendali Otomatis Pada Akuaponik Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3." *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam* 2.1 (2021): 1-6.
- [6]. F. Reverter, M. Gasulla, and S. Member, "LED-based Wake-up Circuit for Microcontrollers," vol. 9456, no. c, pp. 10–12, 2020, doi: 10.1109/TIM.2020.3009340.
- [7]. Z. Wan, Y. Song, and Z. Cao, "Environment dynamic monitoring and remote control of greenhouse with ESP8266 NodeMCU," Proc. 2019 IEEE 3rd Inf. Technol. Networking, Electron. Autom. Control Conf. ITNEC 2019, no. Itnec, pp. 377–382, 2019, doi: 10.1109/ITNEC.2019.8729519.
- [8]. A. Škraba, A. Koložvari, D. Kofjac, R. Stojanovic, E. Semenkin, and V. Stanovov, "Prototype of Group Heart Rate Monitoring with ESP32," 2019 8th Mediterr. Conf. Embed. Comput. MECO 2019 - Proc., no. June, 2019, doi: 10.1109/MECO.2019.8760150.
- [9]. Wu, Zhenyu, Kai Qiu, and Jianguo Zhang. "A smart microcontroller architecture for the internet of things." *Sensors* 20.7 (2020): 1821.
- [10]. J. Zikulnig, S. Lengger, L. Rauter, L. Neumaier, S. Carrara, and J. Kosel, "Sustainable Printed Chitosan-Based Humidity Sensor on Flexible Biocompatible Polymer Substrate," *IEEE Sensors Lett.*, vol. 6, no. 12, pp. 4–7, 2022, doi: 10.1109/LESENS.2022.3224768.
- [11]. Butt, Muhammad Ali, Svetlana Nikolaevna Khonina, and Nikolay Lvovich Kazanskiy. "Simple and improved plasmonic sensor configuration established on MIM waveguide for enhanced sensing performance." *Plasmonics* 17.3 (2022): 1305-1314.
- [12]. Duan, Zaihua, Yadong Jiang, and Huiling Tai. "Recent advances in humidity sensors for human body related humidity detection." *Journal of Materials Chemistry C* 9.42 (2021): 14963-14980.
- [13]. Bestari, Dea Nurina, and Antoni Wibowo. "An IoT-Based Real-Time Weather Monitoring System Using Telegram Bot and Thingsboard Platform." *International Journal of Interactive Mobile Technologies* 17.6 (2023).
- [14]. Sutikno, Tole, et al. "Internet of things-based photovoltaics parameter monitoring system using NodeMCU ESP8266." *International Journal of Electrical and Computer Engineering* 11.6 (2021): 5578-5587.
- [15]. Macheso, Paul Stone Brown, and Angel G. Meela. "IoT Based Patient Health Monitoring using ESP8266 and Arduino." *International journal of computer communication and informatics* 3.2 (2021): 75-83.
- [16]. S. Hadi and A. Adil, "Rancang Bangun Pendeteksi Gas Berbasis Sensor Mq-2," Semin. Nas. Sist. Inf. Dan Tek. Inform., pp. 327–334, 2019.
- [17]. R. C. Pandey, M. Verma, and L. K. Sahu, "Internet of Things (IOT) Based Gas Leakage Monitoring and Alerting System with MQ-2 Sensor," *Int. J. Eng. Dev. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 2321–9939, 2017.
- [18]. Galceran, Sherwin Johanne D., et al. "Development and Comparison of Arduino Based MQ-2 and MQ-6 LPG Leak Sensors." *American Journal of Sensor Technology* 7.1 (2023): 1-9.
- [19]. Daruwati, I., R. G. Hatika, and D. Mardiansyah. "MQ-2 gas sensor using micro controller arduino uno for LPG leakage with short message service as a media information." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 2049. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- [20]. Olivares, G., and S. Edwards. "The Outdoor Dust Information Node (ODIN)—development and performance assessment of a low cost ambient dust sensor." *Atmospheric Measurement Techniques Discussions* 8.7 (2015): 7511-7533.
- [21]. Cheriyan, Daniel, and Jae-ho Choi. "Estimation of particulate matter exposure to construction workers using low-cost dust sensors." *Sustainable Cities and Society* 59 (2020): 102197.
- [22]. Simatupang, Joni Welman, and Bintang Ramadhan Prasetya. "Embedded Smart Glove using Ultrasonic and Flame Sensors for Helping Visually Impaired People." 2021 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET). IEEE, 2021.
- [23]. D. Darussalam and A. Azwardi, "Penggunaan IR Flame Sensor Sebagai Sistem Pendeteksi Api Berbasis Mikrokontroler pada Simulator Fire Suppression System," *Semin. Nas. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 603–611, 2019
- [24]. F. Wang, X. Fan, F. Wang, and J. Liu, "Backup Battery Analysis and Allocation against Power Outage for Cellular Base Stations," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, vol. 18, no. 3, pp. 520–533, 2019, doi: 10.1109/TMC.2018.2842733.
- [25]. F. Fathurahman, "Perancangan dan implementasi Wiper Otomatis pada Helm Berbasis Mikrokontroler," pp. 1–13, 2022.
- [26]. S. Sawidin, Y. R. Putung, A. P. Y. Waroh, T. Marsela, Y. H. Sorongan, and C. P. Asa, "Kontrol dan Monitoring Sistem Smart Home Menggunakan Web Thingier . io Berbasis IoT," pp. 4–5, 2021.
- [27]. L. O. Aghenta and M. T. Iqbal, "Low-cost, open source IoT-based SCADA system design using thingier.IO and ESP32 thing," *Electron.*, vol. 8, no. 8, pp. 1–24, 2019, doi: 10.3390/electronics8080822.