

Rancang Bangun Purwarupa Sistem Otomatisasi Respons Darurat Api dan Gas Berbasis Sensor

D D Kuncoro¹, R G Damar¹, I G Meidianta¹, B W Harini¹, S Mardikus², R C E Putri^{*1}

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta

E-mail: danieldeokuncoro1@gmail.com¹, sunugading@gmail.com²,
igustimademeidianta@gmail.com³, wuribernard@usd.ac.id⁴, stefan@usd.ac.id⁵,
regina.chelinia@usd.ac.id^{6*}

Abstrak. Kebakaran adalah suatu peristiwa yang terjadi ketika api tidak dapat dikendalikan oleh manusia, sehingga dapat menyebar dan menyebabkan berbagai kerugian. Api dapat muncul dari tiga elemen yaitu oksigen, bahan yang mudah terbakar, dan sumber panas. Deteksi dini kebocoran gas dapat membantu mengurangi risiko kebakaran. Dalam penelitian ini diimplementasikan alat untuk mendeteksi kebakaran yang berbasis Arduino. Sistem menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas, sensor api, dan sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembapan. Sistem dilengkapi dengan beberapa aktuator seperti pompa air sebagai respons terhadap api dan kipas *exhaust* sebagai respons terhadap kebocoran gas. Sistem ini mengutamakan pembacaan sensor gas dalam urutan deteksi, diikuti oleh sensor api dan pengukuran suhu untuk validasi lebih lanjut. Apabila kadar gas melampaui batas yang ditetapkan, alat ini secara otomatis menyalakan kipas untuk mengeluarkan gas dan memperingatkan dengan alarm. Uji coba pada area prototipe menunjukkan bahwa sistem beroperasi secara otomatis dan dengan akurat dalam mendeteksi kebocoran gas serta api. Hasil dari pengujian alat deteksi api dan gas menunjukkan bahwa alat ini dapat berfungsi secara otomatis.

Kata kunci: MQ-135, Sensor Api, Sensor DHT11, Arduino, Otomatisasi

Abstract. Fire is an event that occurs when humans cannot control a flame, so it can spread and cause various losses. Fire can arise from three elements: oxygen, combustible materials, and heat sources. Early detection of gas leaks can help reduce the risk of fire. In this study, an Arduino-based fire detection tool was implemented. The system uses an MQ-135 gas sensor, a flame sensor, and a DHT11 sensor to measure temperature and humidity. The system is equipped with several actuators, such as a water pump in response to fire and an exhaust fan in response to gas leaks. This system prioritizes gas sensor readings in the detection sequence, followed by the flame sensor and temperature measurement for further validation. If the gas level exceeds the set limit, the device automatically turns on the fan to remove the gas and provides an alarm. Tests in the prototype area showed that the system operates automatically and accurately in detecting gas leaks and fire. The results of the fire and gas detection device testing indicate that this device can function automatically.

Keywords: MQ-135, Flame Sensor, DHT11 Sensor, Arduino, Automation

1. Pendahuluan

Kebakaran merupakan suatu keadaan di mana manusia tidak dapat mengendalikan kobaran api yang disebabkan secara sengaja maupun tidak sengaja. Kebakaran dapat terjadi dikarenakan adanya suatu reaksi oksidasi yang terdiri dari 3 unsur yaitu oksigen, bahan mudah terbakar dan sumber panas atau yang biasa disebut segitiga api. Bahan yang mudah terbakar atau bahan bakar dapat berbentuk benda padat, *liquid*/cairan maupun gas. Kebakaran ini dapat terjadi di berbagai tempat mulai dari kawasan industri maupun kawasan pemukiman baik di pedesaan maupun perkotaan. Meningkatnya daerah pemukiman terutama di daerah perkotaan menyebabkan tingkat aktivitas di area hunian meningkat, sehingga kemungkinan terjadinya kebakaran semakin besar. Faktor terjadinya kebakaran dapat terjadi mulai dari aktivitas harian warga seperti memasak, kebiasaan merokok ataupun karena adanya kecerobohan manusia seperti adanya kebocoran gas [1]. Kebocoran gas dan kebakaran dapat mengakibatkan kerusakan dan kerugian material bahkan korban jiwa. Area pemukiman yang padat merupakan tempat di kota yang paling mudah terkena risiko kebakaran. Hal ini ditambah dengan kurangnya persiapan untuk menghadapi situasi kebakaran yang mungkin terjadi [2].

Sistem deteksi kebakaran yang ada di pasaran saat ini biasanya memiliki waktu respons yang cukup lambat, yang dapat meningkatkan risiko kerugian dan nyawa. Keterlambatan dalam mendeteksi tanda-tanda awal kebakaran bisa membuat api menyebar dengan cepat sebelum tindakan dilakukan. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan kebakaran sejak awal sangat penting untuk mengurangi dampak yang mungkin timbul. Penggunaan sistem deteksi yang lebih cepat dan tepat dapat memberikan peringatan dini kepada masyarakat agar dapat segera melakukan evakuasi atau pemadaman awal. Dengan sistem pencegahan kebakaran yang terpercaya, keselamatan lingkungan tempat tinggal masyarakat dapat lebih terjamin.

Sistem keamanan yang diharapkan adalah sistem yang memiliki sistem keamanan yang otomatis. Untuk mendukung sistem keamanan ini sudah ada studi tentang cara mendeteksi kebakaran dalam ruangan lebih awal. Dalam penelitian sebelumnya telah disusun sistem keamanan deteksi asap dengan menggunakan sensor MQ-2 [3, 4]. Kelebihan dari sistem pendeteksi kebakaran ini adalah sistem akan mengirimkan pesan jarak jauh kepada *user*, namun pada sistem ini masih belum ada aktuatur untuk memadamkan sumber api [5-8].

Sistem yang akan dirancang pada penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno. Implementasi dan mengembangkan ini bertujuan untuk sistem deteksi kebakaran dan gas otomatis yang menggunakan sensor api dan sensor gas MQ-135 [9] serta mengimplementasikan aktuatur seperti pompa air (melalui relay), kipas, dan *buzzer* sebagai sistem respons otomatis untuk mencegah bahaya. Hal ini dilakukan agar sistem dapat memilih tindakan yang tepat berupa pemadaman air untuk api atau ventilasi udara untuk gas, maupun ketika kedua bahaya terdeteksi bersamaan. Penerapan program diharapkan memiliki tingkat kepekaan terhadap situasi, memastikan aktuatur pompa berfungsi dengan baik sesuai dengan situasi bahaya yang teridentifikasi dan informasi sistem disampaikan dengan menggunakan antarmuka layar OLED. Sistem ini mampu mendeteksi ancaman seperti api dan gas pada saat yang bersamaan serta melakukan langkah-langkah pencegahan segera, seperti pemadaman dan ventilasi, tanpa perlu menunggu keputusan dari manusia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan stabil, responsif, dan sesuai dengan rencana, sehingga dapat meningkatkan keamanan ruangan dari kebakaran, kebocoran gas, dan suhu.

2. Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian ini, rancang bangun alat purwarupa dari sistem otomatisasi respons darurat api & gas berbasis sensor dirancang dengan pemroses utama berupa mikrokontroler Arduino Uno berbasis ATmega328P, beberapa sensor seperti MQ-135, *Flame* sensor, dan sensor DHT11, relay untuk mengaktifkan *exhaust fan*, *buzzer* dan pompa air, serta penampil menggunakan Layar OLED SSD1306. Sistem juga dilengkapi dengan LED sebagai indikator.

2.1. Arduino

Arduino Uno merupakan sebuah papan kendali mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega328P. Perangkat ini memiliki kemampuan dalam menangkap sinyal analog dari sensor serta mengontrol perangkat digital, otak dari sistem ini menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Salah satu kelebihan

dari Arduino Uno adalah kemudahan dalam melakukan pemrograman dengan Arduino IDE [10]. Dalam penelitian ini, Arduino Uno berperan sebagai pusat pengendali yang menerima sinyal dari beberapa sensor yang digunakan, kemudian menganalisis data tersebut untuk menentukan bagaimana sistem bekerja. Berdasarkan data yang diterima dari sensor, Arduino mengirimkan sinyal kepada aktuator seperti kipas *exhaust*, pompa air, dan *buzzer* untuk beroperasi sesuai dengan keadaan yang ditentukan. Perangkat Arduino ditunjukkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Arduino Uno

2.2. Sensor Gas MQ-135

Sensor Gas MQ-135 yang ditunjukkan pada Gambar 1 merupakan sebuah perangkat elektronis yang berfungsi untuk mendeteksi adanya gas seperti amonia, alkohol, benzena dan asap. Perangkat ini terbuat dari bahan logam semikonduktor. Perangkat ini dibuat khusus untuk mengenali berbagai jenis gas pencemar udara yang berbahaya. Oleh karena itu, alat ini cocok untuk memantau kualitas udara. Peningkatan konsentrasi gas berbahaya akan menyebabkan penurunan resistansi internal sensor, yang menghasilkan kenaikan nilai keluaran analog pada mikrokontroler Arduino. Dalam program ini, MQ-135 digunakan sebagai detektor bahaya yang membutuhkan ventilasi. Pada penelitian ini akan menggunakan ambang batas (400) yang dapat memicu aktifnya kipas. [11, 12]



Gambar 2. Sensor MQ-135

2.3. Sensor Api

Sensor api yang ditunjukkan pada Gambar 2 digunakan untuk mendeteksi gelombang cahaya inframerah yang dipancarkan dari nyala api [13]. Pada penelitian ini api dianggap terdeteksi ketika nilai analog yang dibaca lebih rendah dari nilai ambang batas 600, menunjukkan intensitas IR yang tinggi.

Gambar 3. Sensor api

2.4. Relay (Pengendali Pompa) dan pompa air

Relay merupakan sebuah saklar elektronik yang diatur melalui sinyal digital dari Arduino. Relay adalah saklar yang dioperasikan menggunakan listrik. Seperti saklar pada umumnya yang dapat dinyalakan atau dimatikan, relay ini memungkinkan listrik dapat mengalir atau tidak yang dipicu oleh sinyal dari mikrokontroler. Ini memungkinkan pengendalian dengan tegangan tinggi seperti 12V, 24V, atau 220V. Komponen ini berfungsi untuk menyalakan pompa air yang digunakan sebagai alat untuk memadamkan api, dengan kebutuhan daya yang lebih tinggi pada pompa. Relay bertindak sebagai pengaman antara sirkuit Arduino yang berdaya rendah dan sirkuit pompa yang berdaya tinggi.

Pompa merupakan perangkat elektromekanis yang digunakan untuk meningkatkan aliran air sehingga bisa diangkut dari satu tempat ke tempat lain. Pompa air berperan sebagai alat utama dalam sistem pengendalian kebakaran. Pompa air ini bertugas mengalirkan air dari sumber seperti tangki atau wadah ke lokasi yang terdeteksi ada api. Pompa air membutuhkan daya listrik dan tegangan yang jauh lebih tinggi daripada yang dapat diberikan oleh pin Arduino, sehingga perlu ditambahkan komponen relay sebagai jembatan atau saklar penghubung [14]. Komponen relay dan pompa air ditunjukkan seperti pada Gambar 4 dan 5.

Gambar 4. Relay

Gambar 5. Pompa Air

Aksi dalam sistem akan mengaktifkan pompa air (ON) hanya ketika sistem mendeteksi API yakni ketika nilai analog terbaca lebih dari 600. Kondisi ini menunjukkan prioritas tinggi untuk dilakukan pemadaman.

2.5. Kipas Exhaust

Kipas *exhaust* seperti ditunjukkan pada Gambar 6, merupakan aktuator berupa motor DC yang berfungsi untuk mengeluarkan/menarik udara keluar dari dalam ruangan. Kipas *exhaust* ini juga digunakan sebagai aktuator dari sistem sirkulasi ventilasi [14].



Gambar 6. Kipas Exhaust

Kipas *exhaust* akan diaktifkan ketika konsentrasi dari gas/asap melampaui batas. Hal ini bertujuan untuk mengeluarkan udara berbahaya dari ruangan serta mempercepat pembuangan asap dari ruangan untuk mencegah peningkatan konsentrasi gas berbahaya. Kemudian kipas akan bekerja bersamaan dengan *buzzer* sebagai indikator dan respons sistem terhadap bahaya.

2.6. Buzzer

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronika yang menghasilkan suara ketika diberi sinyal listrik. *Buzzer* yang digunakan dalam proyek ini adalah tipe *active buzzer* yang menghasilkan suara ketika diberi tegangan langsung dari Arduino. *Buzzer* berfungsi sebagai indikator bahaya, ketika sensor MQ-135 mendeteksi asap. Ketika batas ambang yang ditentukan telah terlampaui, *buzzer* akan mengeluarkan suara alarm untuk memperingatkan pengguna. *Buzzer* membantu memberikan notifikasi audio dan meningkatkan aspek keselamatan sistem secara keseluruhan. Perangkat *buzzer* ditunjukkan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. *Buzzer*

2.7. Layar OLED SSD1306

Perangkat penampil yang digunakan adalah OLED SSD1306. Layar OLED (128x64) dikendalikan melalui protokol I2C dan berfungsi sebagai antarmuka visual utama. Layar ini menampilkan status sistem berupa “AMAN”, “API!”, “GAS!” serta nilai *real-time* dari kedua sensor, membantu pengguna memonitor kondisi lingkungan. Perangkat OLED SSD1306 ditunjukkan seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. OLED SSD1306

2.8. LED

Prototipe ini dilengkapi dua indikator LED yang berbeda untuk memberikan umpan balik visual yang intuitif mengenai status operasional sistem dan ancaman yang terdeteksi. Pada sistem menggunakan 2 buah LED. Perangkat LED ditunjukkan seperti pada Gambar 9. LED Merah berfungsi sebagai indikator bahaya (menyala penuh untuk api, berkedip cepat untuk gas) sedangkan LED Hijau berfungsi sebagai indikator aman (menyala penuh saat sistem dalam kondisi normal).



Gambar 9 LED

2.9. Sensor DHT11

Sensor DHT11 ditunjukkan pada Gambar 10. Sensor DHT11 adalah perangkat digital yang digunakan untuk mengukur suhu lingkungan dengan rentang 0-50°C dengan akurasi $\pm 2^\circ\text{C}$ serta kelembaban mulai dari 20-90% RH dengan akurasi $\pm 5\%$ RH [8]. Sensor ini menggunakan termistor NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk suhu dan sensor kapasitif untuk mendeteksi kelembaban. Proses transfer data pada sensor ini menggunakan data 40-bit yang akan dikirimkan melalui satu pin data ke mikrokontroler setelah konversi digital oleh chip internal, dengan tegangan operasi 3V-5.5V [14,15].



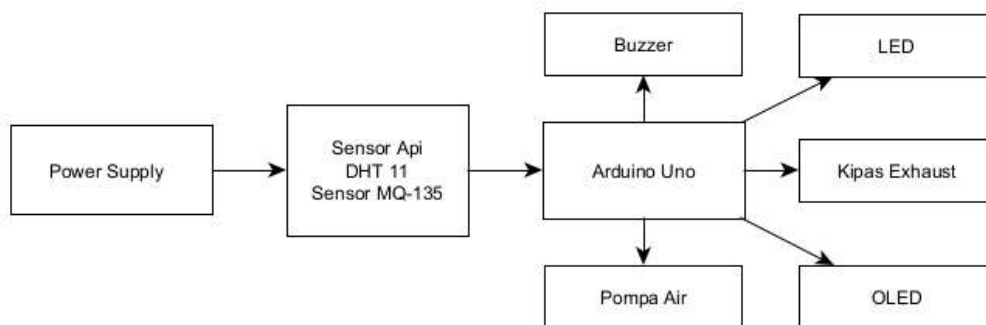
Gambar 10. DHT11 sensor

3. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan *hardware* menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama. Sistem peringatan dini akan bekerja secara terus-menerus membaca sensor api dan sensor asap/gas untuk menentukan status bahaya (api terdeteksi, asap/gas terdeteksi, atau aman). Sistem ini juga akan merespons secara otomatis dengan mengaktifkan aktuator seperti pompa, kipas, LED, dan *buzzer* sesuai dengan ambang batas yang ditentukan. Untuk memperluas fungsionalitas sistem ini dengan tambahan pengukuran suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11, variabel suhu dan kelembaban digunakan sebagai kriteria evaluasi dalam logika kondisi bahaya (misalnya, menetapkan ambang batas suhu kritis untuk memicu alarm kebakaran yang lebih spesifik) dan menampilkan data tersebut.

3.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok berikut menjelaskan alur kerja utama pada sistem otomatisasi. Diagram blok dari sistem ini dapat dilihat pada Gambar 11. Sistem terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno sebagai pemroses utama kerja sistem. Mikrokontroler ini akan menerima data-data pengukuran dari sensor-sensor, mengolah data tersebut, dan mengendalikan beberapa aktuator sehingga Sistem Otomatisasi Respons Darurat Api & Gas dapat bekerja dengan baik. Sistem ini mendeteksi beberapa variabel meliputi api menggunakan sensor api (*flame*), suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT11, serta gas menggunakan sensor MQ-135. Jika variabel-variabel terukur melebihi batas ambang yang telah ditetapkan, maka mikrokontroler akan mengaktifkan beberapa aktuator, seperti *buzzer*, kipas *exhaust*, dan pompa air. Sistem juga dilengkapi dengan penampil OLED serta indikator berupa LED.

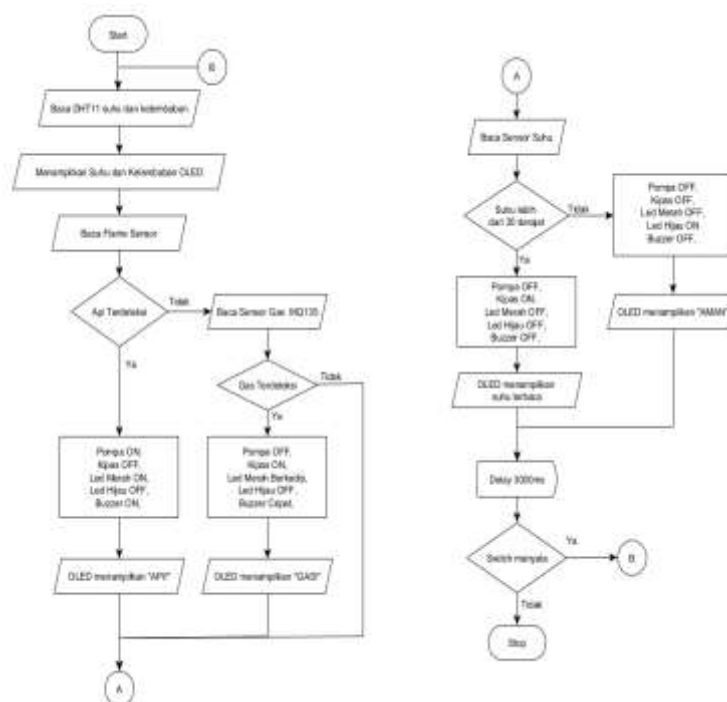


Gambar 11. Blok diagram sistem deteksi api dan gas

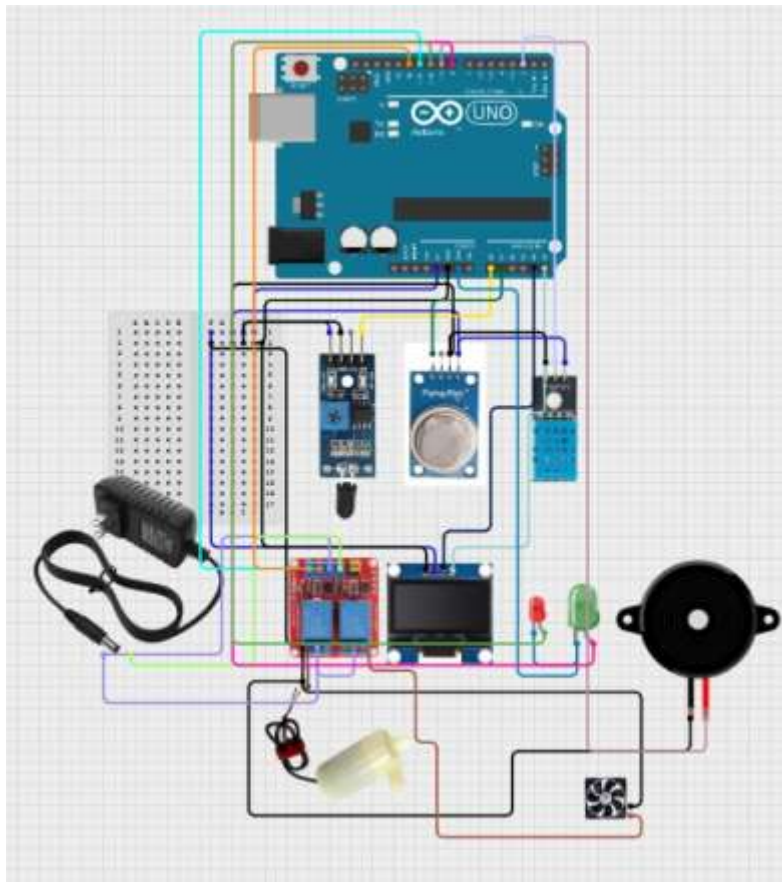
3.2. Diagram Alir Sistem

Cara kerja dari sistem pengawasan kebakaran, kebocoran gas, dan suhu yang didasarkan pada mikrokontroler, sistem ini beroperasi tanpa henti. Proses ini dimulai dengan membaca sensor DHT11 untuk mendapatkan data suhu dan kelembaban, yang kemudian segera ditampilkan di layar OLED sebagai informasi awal untuk pengguna. Selanjutnya, mikrokontroler membaca sensor api, sensor gas MQ-135, dan memeriksa kembali suhu untuk mengevaluasi keadaan lingkungan serta respons yang perlu dilakukan. Apabila terdeteksi api yang ditunjukkan dengan nilai analog di bawah 600, maka mikrokontroler akan mengaktifkan pompa air, LED merah, dan *buzzer*. Jika keluaran sensor MQ-135 menunjukkan nilai analog di atas 350 maka sistem mendeteksi adanya bahaya gas. Pada kondisi ini, mikrokontroler akan mengaktifkan kipas *exhaust*, LED merah berkedip, dan *buzzer* berbunyi secara cepat. Jika sensor DHT11 mengukur suhu ruangan di atas suhu 35°C maka LED hijau akan *ON*.

Diagram Alir sistem ditunjukkan seperti pada Gambar 12. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak Fritzing untuk memahami skema perangkat keras setiap sensor yang terhubung dengan Arduino. Skema koneksi pengkabelan sistem ditunjukkan seperti pada gambar 13.

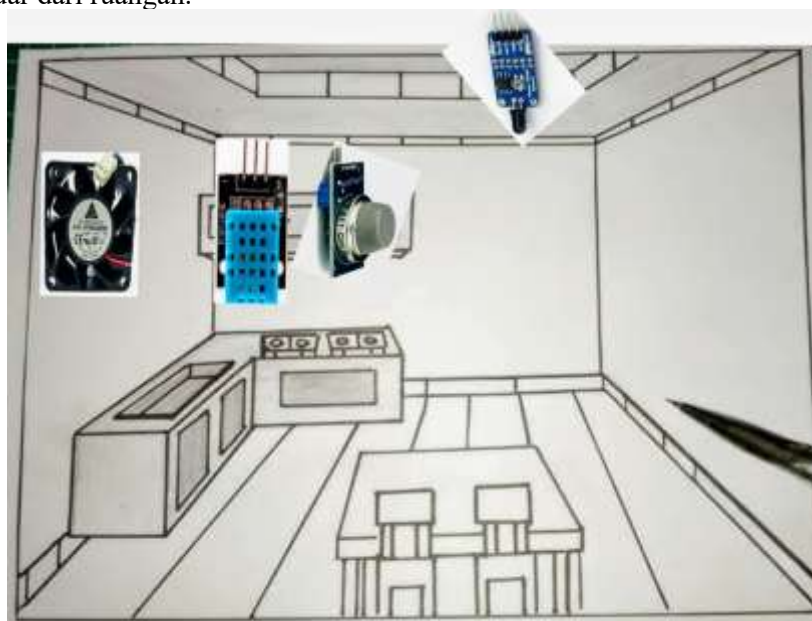


Gambar 12 Flowchart keseluruhan sistem deteksi api dan gas



Gambar 13 Skematik perancangan sistem deteksi kebakaran

Peletakan sensor dan aktuator ditunjukkan seperti pada Gambar 14. Sensor api diletakkan di bagian atap ruangan agar bisa menjangkau keseluruhan area. Sensor gas MQ-135 dan sensor DHT 11 diletakkan di sisi samping dekat dengan posisi yang paling memungkinkan adanya sumber panas dan gas pada ruangan. Kipas *exhaust* diletakkan di sisi atas bagian lain, tujuannya adalah untuk menarik udara panas keluar dari ruangan.



Gambar 14 Rencana peletakan sensor

3.3. Konfigurasi Pin

Perangkat lunak di Arduino IDE dibangun menggunakan C/C++ sebagai bahasa pemrograman. Pada rancangan ini, masing-masing perangkat memiliki port yang akan digunakan untuk mengaktifkan sistem. Konfigurasi dari penggunaan pin ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Pin Arduino

Komponen	Pin Arduino	Pin Positif	Pin Negatif
Sensor Api	A0	5V	GND
Sensor MQ-135	A1	5V	GND
DHT11	D2	5V	GND
Kipas <i>exhaust</i>	D4	-	GND
LED Hijau	D5 (anoda)	-	GND (katoda)
LED Merah	D6 (anoda)	-	GND (katoda)
Relay pompa air	D7	12V	GND
<i>Buzzer</i>	D8	5V	GND
Layar OLED SSD1306 I2C	A4 (SDA) A5 (SCL)	5V	GND

Sistem ini menggunakan pengambilan data yang berkelanjutan dari tiga sensor utama: sensor api untuk mendeteksi api, sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas, serta sensor DHT11 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban lingkungan. Logika prioritas diterapkan dalam urutan prioritas, prioritas utama digunakan untuk mendeteksi API, kemudian prioritas kedua adalah GAS jika API tidak muncul, dan suhu yang sama atau lebih dari 35°C akan mengaktifkan aktuatur kipas *exhaust* untuk pendinginan tambahan.

Aktuator diatur secara adaptif: pompa air, kipas, LED merah (menunjukkan bahaya), LED hijau (menunjukkan aman), dan *buzzer* diaktifkan berdasarkan ambang batas sensor. Informasi secara *real-time* ditampilkan di layar OLED SSD1306 I2C, yang mencakup nilai sensor serta suhu dari DHT11. Siklus operasi dilakukan secara terus-menerus untuk menjamin respons yang cepat terhadap perubahan di lingkungan, dengan efisiensi energi yang didapat melalui pengendalian prioritas.

4. Implementasi dan Analisis

Pada bagian ini akan dijelaskan implementasi dari sistem. Sistem pendeteksi kebakaran terdiri dari beberapa komponen penting. Di dalamnya terdapat Mikrokontroler Arduino, sensor asap MQ-135 untuk mendeteksi asap, sensor api yang berfungsi mendeteksi api, *buzzer* sebagai alarm untuk area dalam ruangan, *project board* yang berperan sebagai penghubung untuk kabel *jumper*.

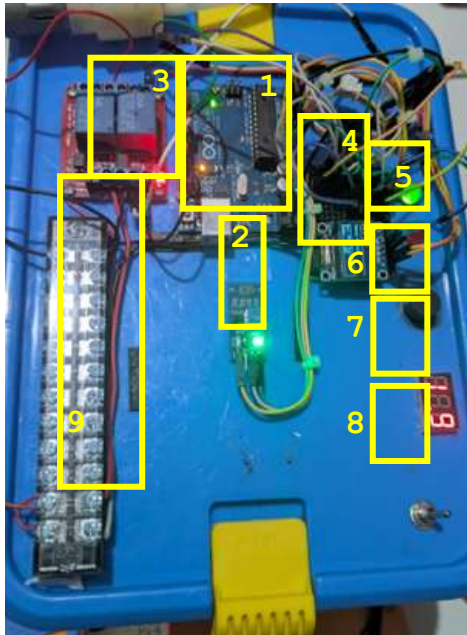
4.1. Implementasi Alat

Pengimplementasikan alat bertujuan menunjukkan hasil desain perangkat keras yang telah diimplementasikan. Tampilan dari purwarupa dapat dilihat pada Gambar 15 dan 16.

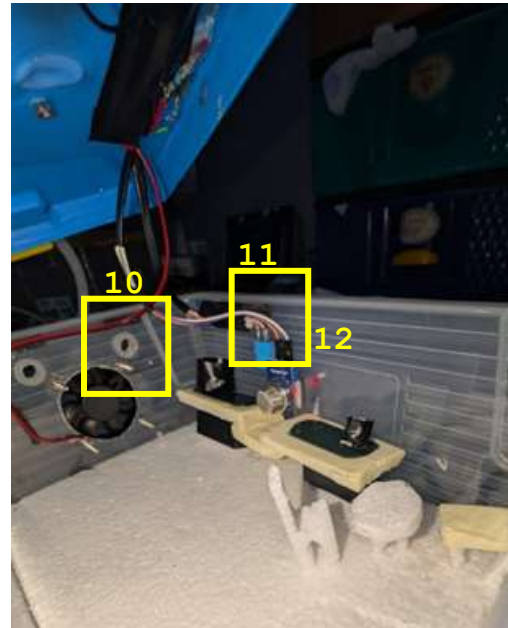
Pada Gambar 15 ditunjukkan komponen penting dalam sistem otomatis untuk mendeteksi kebakaran. Sistem ini terdiri dari mikrokontroler sebagai pemroses utama, beberapa sensor yang digunakan, yaitu sensor gas MQ135, sensor api, dan sensor DHT 11 sebagai sensor suhu dan kelembapan, serta beberapa aktuatur seperti kipas, pompa air, dan alarm yang terhubung satu sama lain untuk membuat sistem yang dapat mendeteksi dan merespons kebakaran secara keseluruhan. Peletakan sistem elektronis diletakan pada bagian atas prototipe seperti pada gambar.

Sementara itu, Gambar 16 menunjukkan penataan sensor dan aktuatur pada prototipe sistem deteksi kebakaran otomatis. Penempatan sensor dan aktuatur diatur dengan hati-hati agar dapat secara efektif mendeteksi gas yang bocor serta api, dan memberikan respons yang cepat terhadap situasi

berbahaya. Posisi peletakan dari sensor api dan sensor asap di lokasi yang bersebelahan sesuai dengan pengaturan ruangan.



Gambar 15. Rangkaian elektronik sistem deteksi kebakaran otomatis



Gambar 16. Peletakan aktuator dan sensor deteksi kebakaran otomatis

Bagian-bagian pada implementasi pada gambar 15 dan 16 akan dijelaskan dengan lebih mendetail dalam Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan posisi peletakan mencakup komponen utama

Tabel 2. Bagian-bagian Implementasi

No Bagian	Komponen
1	Arduino Uno
2	Sensor Api
3	Relay 12V 2 <i>channel</i>
4	OLED dan <i>Breadboard</i>
5	Led Merah dan Led Hijau
6	<i>Buzzer</i>
7	Voltmeter
8	<i>Switch</i> 3 kaki
9	Terminal Blok
10	Kipas <i>Exhaust</i>
11	Sensor DHT 11
12	Sensor MQ-135

4.2. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan dengan langsung memberikan *trigger* pada sensor berupa api dan sumber gas. Dari hasil percobaan langsung tersebut pembacaan keadaan pada sensor api dan sensor asap sesuai dengan yang diharapkan. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 3. Status dan kondisi sensor menunjukkan output yang sesuai dengan perancangan.

Tabel 3 Status Kondisi Sensor

Kondisi	Output Sensor	Aktuator	Hasil / Keterangan
Api terdeteksi (Sensor Api < 600)	HIGH / Aktif	Pompa ON, Kipas OFF, LED Merah ON, Buzzer Lambat	Sistem mendeteksi API dengan benar, OLED menampilkan "API!" dan suhu dari DHT11
Gas terdeteksi (MQ-135 > 350)	HIGH / Aktif	Pompa OFF Kipas ON, LED Merah Berkedip, Buzzer Cepat	Sistem mendeteksi GAS dengan benar, OLED menampilkan "GAS!" dan suhu dari DHT11
Suhu tinggi (DHT11 \geq 35°C)	Suhu ditampilkan	Pompa OFF, Kipas ON, LED OFF, Buzzer OFF	Kipas menyala untuk ventilasi, OLED selalu menampilkan suhu
Semua normal	Suhu ditampilkan	Semua OFF LED Hijau ON	Sistem aman, OLED menampilkan "AMAN" dan suhu DHT11

4.3. Analisis

Sistem purwarupa memiliki keunggulan utama dalam hal kemampuan untuk merespons secara otomatis berdasarkan tingkat prioritas. Ini memungkinkan sistem untuk membaca informasi dari sensor yang mendeteksi api, gas, dan suhu secara langsung, dan kemudian mengoperasikan aktuator sesuai dengan tingkat bahaya yang terdeteksi. Semua data lingkungan dapat dilihat langsung melalui layar OLED, yang mempermudah proses pengawasan. Selain itu, sistem ini berfungsi dengan banyak cara karena dapat mendeteksi berbagai situasi berbahaya pada saat yang sama dan dilengkapi dengan indikator visual serta suara, seperti LED dan *buzzer*, yang meningkatkan efektivitas peringatan dini bagi pengguna.

Namun, sistem ini juga memiliki beberapa batasan. Kinerja sistem sangat tergantung pada batas yang telah ditentukan oleh sensor, sehingga dalam kondisi ekstrem yang berada di luar batas ini, kemungkinan akan ada keterlambatan dalam respons. Jangkauan sensor untuk mendeteksi api dan gas juga terbatas, sehingga area yang dapat dipantau sangat dipengaruhi oleh tempat pemasangan sensor. Di samping itu, sistem memerlukan sumber daya listrik yang stabil; jika ada gangguan pada pasokan listrik, seluruh fungsi sistem akan terhenti. Kapasitas kerja dari aktuator, seperti pompa, kipas, dan *buzzer*, juga dibatasi oleh spesifikasi perangkat keras yang ada, sehingga sistem ini kurang ideal saat diterapkan pada area yang luas atau dalam kondisi berbahaya yang sangat intens.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari perancangan, pelaksanaan, dan pengujian, sistem otomatisasi untuk mendeteksi panas, gas, dan suhu telah berhasil berfungsi sesuai tujuan perancangan yang telah ditetapkan. Sistem ini mampu mengakses dan memproses data dari sensor secara langsung, mengoperasikan aktuator berdasarkan logika tingkat bahaya, dan menyajikan informasi tentang kondisi lingkungan secara *real-time* melalui layar OLED. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem ini beroperasi dengan stabil dan responsif, sehingga secara efektif dapat meningkatkan keamanan ruangan terhadap potensi terjadinya kebakaran, kebocoran gas, dan suhu yang ekstrem dalam satu sistem yang terintegrasi.

6. Referensi

- [1] A. Oktavian and M. Rahdriawan, "Kajian Risiko Bencana Kebakaran pada Kawasan Permukiman Padat di Kecamatan Samarinda Ulu, Kota Samarinda," *Teknik PWK (Perencanaan Wilayah Kota)*, vol. 12, no. 3, pp. 231-244, 2023.

- [2] S. Sagala, R. Wimbardana, and F. P. Pratama, "Perilaku dan kesiapsiagaan terkait kebakaran pada penghuni permukiman padat Kota Bandung," in *Forum Geografi*, 2014, vol. 28, no. 1, pp. 1-20.
- [3] I. A. Rombang, L. B. Setyawan, and G. Dewantoro, "Perancangan Prototipe Alat Deteksi Asap Rokok dengan Sistem Purifier Menggunakan Sensor MQ-135 dan MQ-2," *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 21, no. 1, pp. 131-144, 2022.
- [4] I. Daruwati, R. Hatika, and D. Mardiansyah, "MQ-2 gas sensor using micro controller arduino uno for LPG leakage with short message service as a media information," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 2049, no. 1: IOP Publishing, p. 012068.
- [5] V. N. Sari and F. Antony, "Rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran berbasis iot dan sms gateway menggunakan arduino," *Journal of Intelligent Networks and IoT Global*, vol. 1, no. 1, pp. 9-19, 2023.
- [6] U. Lestari, A. Hamzah, and W. Wafikulinuha, "Purwarupa Sistem Pendeteksi Kebakaran Dalam Ruangan Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Sms Gateway," *Jusikom: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, vol. 6, no. 2, pp. 155-166, 2021.
- [7] V. Tsoukas, A. Gkogkidis, E. Boumpa, S. Papafotikas, and A. Kakarountas, "A gas leakage detection device based on the technology of tinymml," *Technologies*, vol. 11, no. 2, p. 45, 2023.
- [8] M. C. Baba, J. Grado, D. J. L. Solis, I. M. Roma, and J. T. Dellosa, "A multisensory arduino-based fire detection and alarm system using gsm communications and rf module with an android application for fire monitoring," *International Journal of Innovative Science and Research Technology (IJISRT)*, www.ijisrt.com. ISSN-2456-2165, PP:-964-968. <https://doi.org/10.5281/zenodo>, vol. 6433836, 2022.
- [9] N. F. Abdullah and N. S. Abdullah, "Kitchen Gas Leakage Control System," *Research and Innovation in Technical and Vocational Education and Training*, vol. 1, no. 1, pp. 187-193, 2021.
- [10] S. F. Barrett, *Arduino microcontroller processing for everyone!* Springer Nature, 2022.
- [11] A. P. Aldo, "Rancang bangun alat monitoring kadar udara bersih dan gas berbahaya CO, CO₂, dan CH₄ di dalam ruangan berbasis mikrokontroler," *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 2016.
- [12] F. N. Abbas, I. M. Saadoon, Z. K. Abdalrdha, and E. N. Abud, "Capable of gas sensor MQ-135 to monitor the air quality with arduino uno," *Int. J. Eng. Res. Technol*, vol. 13, no. 10, pp. 2955-2959, 2020.
- [13] O. I. Khalaf, G. M. Abdulsahib, and N. A. K. Zghair, "IOT fire detection system using sensor with Arduino," *Aus*, vol. 26, pp. 74-78, 2019.
- [14] H. Al-Nayyef, "The Climate Smart System with Water Machine Control," *Journal La Multiapp*, vol. 4, no. 2, pp. 49-58, 2023.
- [15] D. Srivastava, A. Kesarwani, and S. Dubey, "Measurement of Temperature and Humidity by using Arduino Tool and DHT11," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 5, no. 12, pp. 876-878, 2018.

7. Ucapan Terima Kasih

Penulis yang ingin mengucapkan terima kasih atas bantuan atau dorongan dari segenap pihak yang telah bekerja sama dalam pendampingan dari tahap awal perancangan, pengimplementasi, dan uji coba alat serta segenap pihak yang terlibat dalam pembuatan artikel ini. Semoga apa yang kita kerjakan dapat berguna bagi sesama.