

Pengembangan Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG dengan Teknologi IoT dan Sensor MQ5

Muhammad Ardi Prasetyo¹, Nina Paramytha²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bina Darma Palembang, Indonesia
e-mail: Ap9012317@gmail.com

ABSTRAK

Pengujian sistem perancangan yang melibatkan sensor nyala api, sensor gas, buzzer, motor pump, relay, NodeMCU, dan aplikasi Blynk telah berhasil dilakukan. Pengujian dilakukan dengan menyalakan lilin pada tahap pertama. Hasil pengukuran sensor nyala api menunjukkan bahwa saat asap tidak terdeteksi, tegangan berkisar antara 0,1V hingga 0,3V, sedangkan saat asap terdeteksi, tegangan mencapai 2,4V hingga 3,2V. Pengujian ini mengonfirmasi bahwa sensor nyala api dapat mendeteksi nyala lilin dengan akurasi yang tinggi pada berbagai jarak, mulai dari 5 hingga 25 cm. Selain itu, sensor gas seperti Flame Sensor dan MQ-5 juga berhasil mendeteksi asap dengan tepat dan akurat. Buzzer berfungsi sesuai dengan ekspektasi, yaitu berbunyi ketika terdeteksi adanya api. Pengendalian motor pump dan relay oleh NodeMCU berjalan lancar, memungkinkan sistem untuk mengaktifkan Exhaust Fan dengan baik saat ada deteksi api. Semua komponen dalam sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan, dan hasil pengukuran tegangan serta kondisi relay memverifikasi kinerja sistem sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pengujian keseluruhan sistem memvalidasi bahwa sistem ini berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan awal perancangan. Aplikasi Blynk juga membuktikan kemampuannya dalam menampilkan status berdasarkan input dari sensor, menjadikan pemantauan sistem menjadi lebih mudah.

Kata kunci : LPG, sensor asap, sensor nyala api, IoT

ABSTRACT

Development of an IoT-based Gas Leakage Detection System for LPG Using MQ5 Sensor Technology

Testing of the design system involving flame sensors, gas sensors, buzzers, motor pumps, relays, NodeMCU, and the Blynk application has been successfully conducted. The testing was carried out in the first phase by igniting a candle. The results of the flame sensor measurements showed that when no smoke was detected, the voltage ranged from 0.1V to 0.3V, while when smoke was detected, the voltage reached 2.4V to 3.2V. This testing confirmed that the flame sensor can accurately detect the flame of a candle at various distances, ranging from 5 to 25 cm. Additionally, gas sensors such as the Flame Sensor and MQ-5 also successfully detected smoke with precision and accuracy. The buzzer functioned as expected, emitting a sound when a flame was detected. The control of the motor pump and relay by NodeMCU worked smoothly, allowing the system to activate the Exhaust Fan effectively when a flame was detected. All components in the system operated as expected, and voltage measurements, as well as relay conditions, verified that the system's performance met established standards. Overall system testing validated that the system operates effectively in accordance with the initial design objectives. The Blynk application also demonstrated its ability to display status based on input from the sensors, making system monitoring more convenient.

Keywords: LPG, Smoke sensor, Flame sensor, IoT

Correspondence author : Muhammad Ardi Prasetyo, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Bina Darma Palembang, Indonesia.
E-Mail: Ap9012317@gmail.com

PENDAHULUAN

Gas LPG (Liquefied Petroleum Gas) adalah sekelompok senyawa gas hidrokarbon yang mengalami perubahan menjadi bentuk cair akibat penurunan suhu dan peningkatan tekanan, meskipun biasanya berbentuk gas pada kondisi atmosfer. Oleh sebab itu, mereka dikenal sebagai LPG atau gas minyak cair [1]. Penggunaan LPG di rumah tangga dan industri sangat penting saat ini karena berbagai alasan yang meliputi kebersihan, efisiensi energi, keberlanjutan lingkungan, kesehatan, dan diversifikasi energi [1].

Namun, penting untuk diingat bahwa gas LPG memiliki sifat mudah terbakar dan berpotensi meledak jika terjadi kebocoran dan terpapar sumber api. Oleh karena itu, langkah-langkah pencegahan dan deteksi dini harus diterapkan untuk menghindari bahaya kebocoran gas LPG yang dapat mengancam keselamatan dan kesehatan manusia. Kebocoran LPG sering kali sulit dideteksi dengan cepat dan bahkan dapat diabaikan atau tidak disadari, meningkatkan risiko kebakaran dan ledakan yang sulit dikendalikan [2].

Untuk mencegah kebakaran, salah satu tindakan preventif awal adalah memasang alat pendeteksi kebocoran gas. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam hal ini, salah satunya oleh Brama Dian Danur [3] yang menggunakan sensor TGS2610 untuk mendeteksi gas LPG dan mikrokontroler ATmega 8535 sebagai pengendalinya. Penelitian lain yang dilakukan oleh Made Bagus [4], menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan sensor MQ-2 untuk mendeteksi konsentrasi LPG. Ketika konsentrasi LPG melampaui 300ppm, sistem akan mengirimkan notifikasi dan email ke smartphone serta mengaktifkan alarm berupa buzzer untuk memberi peringatan atau untuk membersihkan knalpot dan menutup klep gas.

Sensor MQ-5, yang merupakan jenis sensor semikonduktor, digunakan untuk mendeteksi berbagai jenis gas, termasuk hidrogen (H_2), karbon monoksida (CO), metana (CH_4), dan etanol. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi pada bahan semikonduktor saat terpapar gas tertentu, dengan menggunakan bahan semikonduktor timah dioksida (SnO_2) yang sensitif terhadap gas-gas tersebut. Ketika gas yang ditargetkan terdeteksi, resistansi sensor berubah, dan perubahan ini dapat diukur oleh mikrokontroler atau rangkaian elektronik lainnya untuk memberikan informasi tentang keberadaan gas tersebut [5]. Sensor MQ-5 sering digunakan dalam aplikasi keamanan dan keselamatan, seperti detektor kebocoran gas LPG. Integrasi sensor ini dengan mikrokontroler seperti Arduino memungkinkan pengiriman notifikasi atau pengambilan tindakan saat kebocoran gas terdeteksi. Penggunaan sensor MQ-5 dalam mendeteksi kebocoran gas LPG sangat membantu dalam mencegah kecelakaan atau kebakaran yang dapat disebabkan oleh kebocoran gas, memberikan peringatan dini kepada pengguna untuk mengambil tindakan yang diperlukan sebelum bahaya lebih besar terjadi [6].



Gambar 1: Sensor MQ-5

Sensor api atau flame sensor merupakan alat pendeteksi kebakaran melalui adanya nyala api yang muncul secara tiba-tiba. Terdapat beberapa jenis sensor api yang biasa digunakan, yaitu UV Flame detector, UV/IR Flame Detektor, Multi-Spectrum IR Flame Detektor (MSIR), dan Visual Flame Imaging Detektor. Berikut adalah penjelasan singkat mengenai masing-masing jenis sensor api dan cara kerjanya:

- a. UV Flame detector: Sensor ini bekerja dengan mendeteksi radiasi ultraviolet yang dihasilkan oleh nyala api. Sensor ini sangat sensitif terhadap nyala api yang berwarna biru atau putih, namun kurang sensitif terhadap nyala api yang berwarna kuning atau merah. Sensor ini biasanya digunakan pada ruangan di perkantoran, apartemen, atau perhotelan.
- UV/IR Flame Detektor: Sensor ini bekerja dengan mendeteksi radiasi ultraviolet dan infrared yang dihasilkan oleh nyala api. Sensor ini lebih sensitif terhadap nyala api yang berwarna kuning atau merah dibandingkan dengan UV Flame detector. Sensor ini biasanya digunakan pada ruangan di perkantoran, apartemen, atau perhotelan.
- b. Multi-Spectrum IR Flame Detektor (MSIR): Sensor ini bekerja dengan mendeteksi radiasi infrared yang dihasilkan oleh nyala api pada beberapa gelombang spektrum. Sensor ini sangat sensitif terhadap nyala api yang berwarna kuning atau merah. Sensor ini biasanya digunakan pada ruangan di perkantoran, apartemen, atau perhotelan.
- c. Visual Flame Imaging Detektor: Sensor ini bekerja dengan menggunakan kamera untuk mengambil gambar nyala api. Sensor ini sangat sensitif terhadap nyala api yang berwarna kuning atau merah. Sensor ini biasanya digunakan pada ruangan di perkantoran, apartemen, atau perhotelan.

IoT dapat digunakan dalam sistem deteksi dan pencegahan kebakaran dengan memanfaatkan sensor api dan sensor asap yang terhubung ke jaringan internet. Sensor ini dapat mengirimkan data secara real-time ke aplikasi yang terhubung ke sistem IoT, sehingga dapat memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya kebakaran[7]

Keuntungan menggunakan sensor api berbasis IoT adalah memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya kebakaran, monitoring real-time, kontrol jarak jauh, integrasi dengan sistem keamanan, dan hemat biaya. Sensor api berbasis IoT dapat diintegrasikan dengan sistem keamanan dan deteksi kebakaran untuk memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya kebakaran. Sensor suhu, sensor api, dan sensor asap yang terhubung ke sistem IoT dapat memberikan data secara real-time mengenai kondisi lingkungan sekitar, sehingga dapat memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan. Sistem deteksi dan pencegahan kebakaran berbasis IoT juga dapat dikontrol dari jarak jauh melalui aplikasi yang terhubung ke sistem IoT, sehingga pengguna dapat mengontrol sistem dari mana saja dan kapan saja. Selain itu, sistem deteksi dan pencegahan kebakaran berbasis IoT dapat menghemat biaya karena tidak memerlukan banyak perangkat dan kabel yang rumit [7][8]

Dalam mendeteksi kebakaran dengan IoT, terdapat beberapa komponen penting yang digunakan. Sensor suhu digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu yang terjadi di sekitar sensor dan dapat digunakan untuk mendeteksi adanya kebakaran. Sensor api digunakan untuk mendeteksi adanya nyala api yang muncul secara tiba-tiba dan dapat mengirimkan data secara real-time ke aplikasi yang terhubung ke sistem IoT, sehingga dapat memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya

kebakaran.[8] Sensor asap digunakan untuk mendeteksi adanya asap yang dihasilkan oleh kebakaran dan dapat mengirimkan data secara real-time ke aplikasi yang terhubung ke sistem IoT, sehingga dapat memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya kebakaran. Mikrokontroler digunakan untuk mengontrol dan mengolah data dari sensor suhu, sensor api, dan sensor asap, dan dapat dihubungkan ke jaringan internet melalui modul Wi-Fi atau Ethernet. Aplikasi IoT digunakan untuk mengontrol dan memantau sistem deteksi kebakaran dari jarak jauh, dan dapat diakses melalui smartphone atau komputer yang terhubung ke jaringan internet. Server cloud digunakan untuk menyimpan data dari sensor suhu, sensor api, dan sensor asap, dan dapat diakses dari mana saja dan kapan saja melalui jaringan internet. Gateway digunakan untuk menghubungkan sensor suhu, sensor api, dan sensor asap ke jaringan internet, dan dapat berupa modul Wi-Fi atau Ethernet[9][10]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk merancang alat pendeteksi kebocoran gas elpiji yang efektif, seperti perancangan alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor MQ-2 berbasis Arduino[11], rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LPG berbasis Internet of Things dengan katup regulator otomatis[12], dan perancangan alat pendeteksi kebocoran gas LPG dengan sensor MQ-6 untuk mengatasi bahaya kebakaran[13]. Pemanfaatan iot dalam pengembangan sistem peringatan dini kebakaran dalam ruangan [14], sistem pendeteksi kebocoran gas LPG pada tabung gas[15], sistem pendeteksi kebocoran tabung gas LPG otomatis berbasis Arduino Uno menggunakan metode prototype [16], alat deteksi kebocoran tabung gas elpiji berbasis mikrokontroler [17] , perancangan dan implementasi sistem pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan wireless sensor network, dan rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan mikrokontroler berbasis mobile[18].

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian untuk mendeteksi kebocoran gas elpiji, perlu diperhatikan faktor-faktor yang dapat menyebabkan kebocoran gas, seperti selang yang rusak atau getas, regulator yang rusak atau tidak terpasang benar, dan peralatan LPG yang buruk atau tidak memenuhi standar keamanan.

Dalam mendeteksi kebocoran gas elpiji, terdapat beberapa metode penelitian yang dapat dilakukan, antara lain:

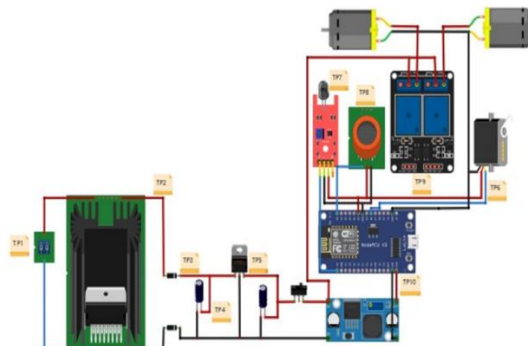
1. Observasi (pengamatan): Melakukan pengamatan secara langsung di lokasi penelitian untuk mengidentifikasi adanya kebocoran gas elpiji
2. Desain alat pendeteksi kebocoran gas: Merancang alat pendeteksi kebocoran gas elpiji secara otomatis dan menggunakan sensor gas untuk mendeteksi adanya kebocoran gas
3. Penggunaan sensor gas: Menggunakan sensor gas untuk mendeteksi adanya kebocoran gas elpiji
4. Metode deskriptif: Metode penelitian deskriptif dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik kebocoran gas elpiji dan faktor-faktor yang mempengaruhinya
5. Metode evaluatif: Metode evaluatif dapat digunakan untuk mengevaluasi efektivitas alat pendeteksi kebocoran gas elpiji yang telah dirancang
6. Metode eksperimental: Metode eksperimental dapat digunakan untuk menguji keakuratan dan keandalan alat pendeteksi kebocoran gas elpiji yang telah dirancang



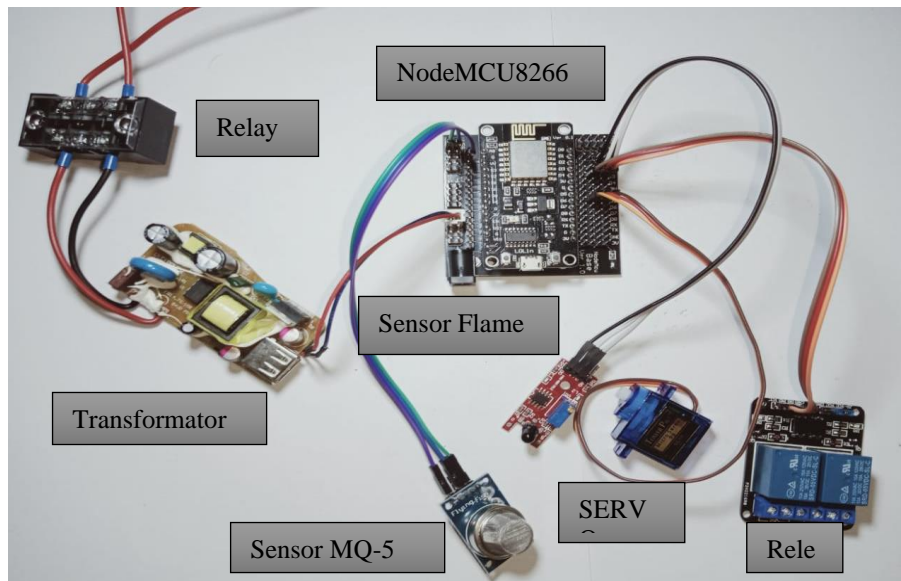
Gambar 2. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut pengujian sensor nyala api dengan korek api gas pada tahap pertama. Pengujian dilakukan dengan menyalakan lilin tepat di depan robot. Pada saat pengambilan data uji sensor, nyala lilin diletakkan di depan sensor, output dari sensor berupa tegangan analog yang terlebih dahulu akan diubah menjadi data biner dengan lebar data 10 bit. Setiap sensor diproses di pin ADC mikrokontroler dengan nilai konversi 10 bit. Mengonversi nilai dari 0 desimal menjadi 1023 desimal.



Gambar 3. Diagram Rangkaian Perancangan



Gambar 4. Diagram Rangkaian

Berikut pengujian sensor nyala api dengan korek api gas pada tahap pertama. Pengujian dilakukan dengan menyalakan lilin tepat di depan robot. Pada saat pengambilan data uji sensor, nyala lilin diletakkan di depan sensor, output dari sensor berupa tegangan analog yang terlebih dahulu akan diubah menjadi data biner dengan lebar data 10 bit. Setiap sensor diproses di pin ADC mikrokontroler dengan nilai konversi 10 bit. Mengonversi nilai dari 0 desimal menjadi 1023 desimal.

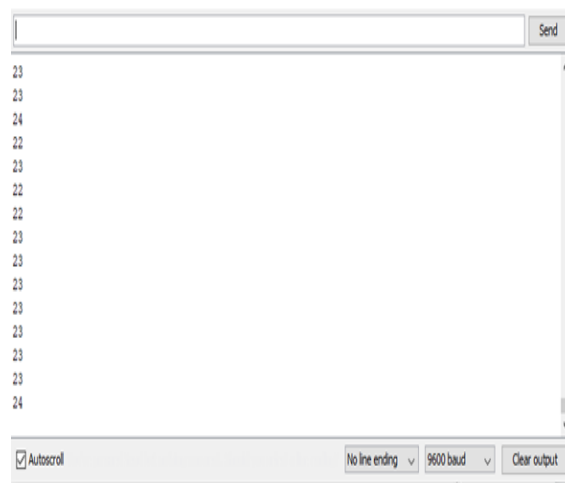
```
int pinPot = A3; // pin untuk menerima sinyal analog 0
int pinPot1 = A4; // pin untuk menerima sinyal analog 0
int sensorGas = 0; // variabel untuk menyimpan nilai
int sensorApi = 0; // variabel untuk menyimpan nilai

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // setup koneksi serial
}

void loop()
{
  sensorGas = analogRead(pinPot);
  sensorApi = analogRead(pinPot1);
  Serial.println("sensor_1= ");
  Serial.println(sensorGas);
  Serial.println("sensor_2= ");
  Serial.println(sensorApi);
  delay(1000);
}
```

Gambar 5. Rangkaian Program Pengujian Sensor Api

Pada gambar 10 sensor nyala api, dihubungkan ke pin A4. Hal ini dikarenakan output dari sensor api berupa tegangan analog. Data terlebih dahulu harus diubah menjadi sinyal digital. Hasil pengujian sensor api ditunjukkan pada Gambar 11 dibawah ini.

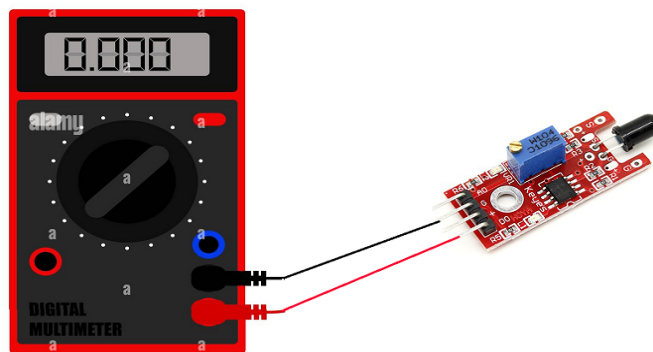


Gambar 6. Hasil pengujian *software*

Dalam gambar tersebut, jarak pengujian sensor api adalah 10cm sampai dengan 20cm. Namun secara garis besar sensor telah berfungsi dengan baik.

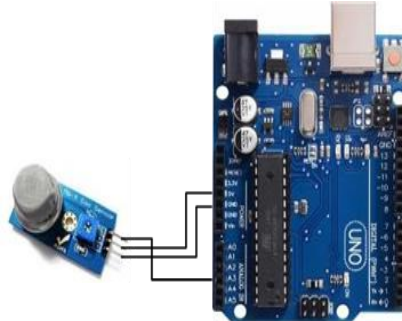
Tabel 1. Hasil pengukuran secara langsung

No	Jarak (cm)	keterangan	Out (volt)
1.	5	terbaca	5.1
2.	10	terbaca	4.9
3.	15	terbaca	4.3
4.	10	terbaca	4.2
5.	25	terbaca	4.0



Gambar 7. Titik Ukur Flame Sensor

Pengujian Sensor Gas dilakukan untuk mengetahui apakah sensor bekerja dengan baik, sebelum digunakan secara langsung ke lingkungan.

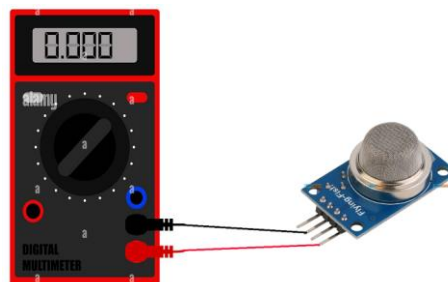


Gambar 8. Rangkaian Pengujian falme sensor

Dalam pengambilan data pengujian sensor, Zipo diletakkan didepan sensor, keluran dari sensor yang merupakan tegangan analog akan dikonversikan terlebih dahulu dalam data biner dengan lebar data 10 bit.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan *Flame* Sensor

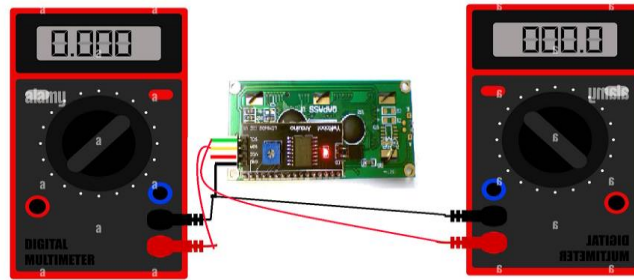
No	Tegangan Terukur	
	Ada asap	Tidak ada asap
1	2.4	0.1
2	2.2	0.2
3	2.3	0.3
4	3.2	0.2
5	2.5	0.3



Gambar 9. Titik ukur MQ-5

Tabel 3. Hasil Pengukuran di MQ5

No	Scl (volt)	Sda (volt)
1	5.4	5.1
2	5.2	5.2
3	5.3	5.3
4	5.2	5.2
5	4.5	5.3



Gambar 10. Titik Ukur SDA dan SDL

Pengujian Buzzer, Pengujian *buzzer* dilakukan dengan memasukkan program kedalam mikrokontroler sebagai berikut :

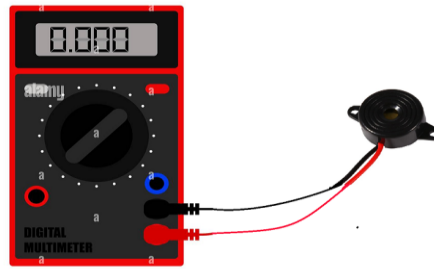
```
// Menyalakan buzzer Menggunakan Arduino UNO
// Menyalakan buzzer dengan Aktif HIGH
void setup()
{
  // menjadikan PIN 2 sebagai OUTPUT
  pinMode(2, OUTPUT);
}
void loop()
{
  // Menyalakan PIN 2 (HIGH = Memberi tegangan pada PIN 2)
  digitalWrite(2, HIGH);
}
```

Gambar 11. Program Buzzer

Berdasarkan data hasil pengujian buzzer. Hasil pengujian buzzer bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan pada coding berikut `if(sensorLDR==LOW) digitalWrite(pinBuzzer,LOW)`. Buzzer tidak berbunyi pada saat nilai masukan sinyal digital dari LDR bernilai 1 dengan demikian buzzer bekerja dengan baik dan normal sesuai dengan NodeMCU yang sudah diprogram.

Tabel 4. pengukuran tegangan di buzzer

No	Ada suara (volt)	Tidak ada suara (volt)
1	4.4	0.1
2	5.2	0.2
3	5.3	0.3
4	5.2	0.2
5	5.5	0.3



Gambar 12. Titik Ukur Buzzer

Pengujian Motor Pump dan Relay

Pengujian motor pump dan relay bertujuan untuk mengetahui kondisi kerja relay apakah sudah bekerja dengan normal atau tidaknya. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah ON untuk menyalakan relay sehingga dapat dilihat relay dapat bekerja dengan baik sesuai fungsinya atau tidak. Jika relay mendapat sinyal input 1 maka relay akan menyala dan otomatis motor pump ON.

Tabel 5. Hasil Pengukuran motor dan relay

No	Indikator	Sinyal Input	Kondisi Relay	Kondisi motor dc	Keterangan
1	Percobaan 1	1	HIGH	ON	BENAR
		0	LOW	OFF	BENAR
2	Percobaan 2	1	HIGH	ON	BENAR
		0	LOW	OFF	BENAR

Tabel 6. Pengujian Keseluruhan Sistem

NO	Komponen	Hasil yang di harapkan	Hasil	Pengamatan
1	Blynk	Dapat menampilkan kondisi sesuai dengan input dari sensor	Blynk menampilkan status sesuai dengan kondisi atau inputan dari sensor	Sesuai
2	NodeMCU	NodeMCU dapat berfungsi sebagai kontrol hardware	NodeMCU dapat bekerja dengan sesuai	Sesuai
3	Flame sensor	Dapat mendeteksi api	Flame sensor dapat bekerja dengan tepat dan akurat	Sesuai
4	Sensor MQ-5	Dapat membaca asap dengan baik	Sensor MQ-5 dapat bekerja dengan tepat dan akurat	Sesuai
5	Exhaust Fan	Exhaust Fan akan menyala jika ada api dan jika tidak ada tidak akan menyala	Exhaust Fan dapat berkerja dengan baik	Sesuai
6	Buzzer	Buzzer akan bunyi jika ada api dan jika tidak ada tidak berbunyi	Buzzer dapat bekerja dengan baik	Sesuai

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengujian yang telah dilakukan pada rangkaian perancangan yang terdiri dari berbagai komponen seperti sensor nyala api, sensor gas, buzzer, motor pump, relay, NodeMCU, dan aplikasi Blynk, dapat menyimpulkan bahwa sistem ini telah melewati serangkaian uji coba dan pengujian yang berhasil. Sensor Nyala Api: Sensor ini dapat mendeteksi keberadaan nyala lilin dengan tingkat akurasi yang baik, terutama pada jarak tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa sensor nyala api dapat diandalkan dalam mendeteksi potensi titik api. Sensor gas yang digunakan, baik Flame Sensor maupun MQ-5, mampu mendeteksi keberadaan asap secara tepat dan akurat. Kemampuan ini sangat penting dalam mengidentifikasi potensi kebakaran. Buzzer berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, yaitu berbunyi ketika terdeteksi adanya api. Hal ini memberikan tanda peringatan audio yang efektif saat ada potensi bahaya. Motor pump dan relay dapat dikendalikan dengan baik oleh NodeMCU. Relay dapat mengaktifkan Exhaust Fan dengan baik ketika ada deteksi api, yang merupakan langkah yang diperlukan untuk mengatasi kebakaran. Semua komponen dalam sistem ini berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, dan hasil pengukuran tegangan serta kondisi relay menunjukkan bahwa kinerja sistem berada dalam batas yang diinginkan. Pengujian keseluruhan sistem memvalidasi bahwa sistem ini dapat beroperasi dengan baik sesuai dengan tujuan awal perancangan. Aplikasi Blynk juga efektif dalam menampilkan status berdasarkan input dari sensor, sehingga memudahkan pemantauan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Nurhanisah, "Gas Elpiji Jadi Pilihan Masyarakat," *Indonesiabaik.id*, 2023. <https://indonesiabaik.id/infografis/gas-elpiji-jadi-pilihan-masyarakat>
- [2] I. Kurniaty and H. Hermansyah, "Potensi Pemanfaatan Lpg (Liquefied Petroleum Gas) Sebagai Bahan Bakar Bagi Pengguna Kendaraan Bermotor," *J. Semnastek*, no. November, pp. 1–5, 2016.
- [3] B. D. Danur, "Sistem Pendeteksian Kebocoran Gas LPG Menggunakan Mikrokontroler," *Jur. Sist. Komput. Univ. Andalas Padang*, 2011.
- [4] I. Made Bagus Astika Yasa, "PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS IoT (Internet of Things) PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO POLITEKNIK NEGERI BALI 2022," 2022.
- [5] N. Hidayat, S. Hidayat, N. A. Pramono, and U. Nadirah, "Sistem Deteksi Kebocoran Gas Sederhana Berbasis Arduino Uno," *Rekayasa*, vol. 13, no. 2, pp. 181–186, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i2.6737.
- [6] I. Tanjung, "Alat pendeteksi kebocoran gas lpg menggunakan sensor mq-5 berbasis arduino dan sms," 2018.
- [7] F. T. Achmad Fariid Amali and U. I. Indonesia, "Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Perangkat Arduino," pp. 5–7, 2020.
- [8] F. Mulyadi, "SISTEM PERINGATAN DINI KEBAKARAN BERBASIS IoT Di PERUMAHAN NDALEM PARIKESIT," vol. 10, p. 6, 2021.
- [9] B. Academy, "Internet Of Things." <https://www.binaracademy.com/blog/internet-of-things-dan-penjelasan-lengkapnya>



-
- [10] E. A. Prastyo, “Penjelasan tentang Sensor Api (Flame Sensor).” <https://www.arduinoindonesia.id/2023/03/penjelasan-tentang-sensor-api-flame-sensor.html>
- [11] R. Inggi and J. Pangala, “Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino,” *Simkom*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, 2021, doi: 10.51717/simkom.v6i1.51.
- [12] V. Valencia, L. Putra Purnama, C. Tjong, and J. Liman, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Berbasis Internet of Things Dengan Katup Regulator Otomatis,” *Techne J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 21, no. 2, pp. 225–242, 2022, doi: 10.31358/techne.v21i2.322.
- [13] A. T. Juliantoro, A. P. Nevita, and H. A. Munawi, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Lpg Dengan Sensor MQ – 6 Untuk Mengatasi Bahaya Kebakaran,” *Nusant. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 41–49, 2022, doi: 10.29407/noe.v5i1.17389.
- [14] F. Amir, Novianda, and R. Maulan, “Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquefied Petroleum Gas Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet of Things,” *J. Teknol.*, vol. 12, no. 2, pp. 151–158, 2020.
- [15] M. K. WIJANARKO, “SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS LPG PADA TABUNG GAS,” 2014.
- [16] Y. Anggara, “Sistem Pendeteksi Kebocoran Tabung Gas Lpg Otomatis Berbasis Arduino Uno Menggunakan Metode Prototype,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 10, no. 3, 2022, doi: 10.23960/jitet.v10i3.2671.
- [17] Widyanto and D. Erlansyah, “Alat Deteksi Kebocoran Tabung Gas,” *Alat Deteksi Kebocoran Tabung Gas Elpiji Berbas. Mikrokontroler*, vol. Vol 4, No, no. 12, pp. 1–7, 2014, [Online]. Available: <https://publikasi.dinus.ac.id/index.php/semantik/article/view/831>
- [18] A. A. Prayugo, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Mobile,” pp. 1–66, 2019.