

Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Secara Portable pada Distributor Gas Rumah Tangga

M.Arif Zamzak

Institut Bisnis Dan Teknologi Indonesia
Email: hajimodel1@email.com

I Wayan Sudiarsa

Institut Bisnis Dan Teknologi Indonesia
Email: sudiarsa@instiki.ac.id

I Dewa Putu Gede Wiyata Putra

Institut Bisnis Dan Teknologi Indonesia
Email: dewa.wiyata@instiki.ac.id

Korespondensi penulis: sudiarsa@instiki.ac.id

Abstract. *In this research we design and build a portable gas leak detection system for household gas distributors. The performance of the designed system is described and evaluated. The system aims to speed up the time in detecting gas leaks. System portability allows implementation and monitoring in the form of a website. System design and performance are assessed and proven effective in detecting gas leaks, providing a reliable and efficient solution for gas distributors. The method used is the conditional method where the gas leak detection system is made with Nodemcu esp8266, sensor mq6, buzzer, step-down lm2596, and led. The results obtained from testing the leak detection system explain the testing and evaluation of the gas cylinder inspection system. The system is designed to check 3kg gas cylinders, category level 1 with numbers 300-500, category level 2 with numbers 500-750, category level 3 with numbers 750-1000, and category level 4 with numbers higher than 1000. Detection of gas leaks in each valve takes about 13 seconds to detect leaking gas, send data to the website and provide output to the buzzer.*

Keywords: LPG Gas, Gas Detector, Nodemcu ESP 8266

Abstrak. Dalam penelitian ini kami merancang dan membangun sistem pendeteksi kebocoran gas portable untuk penyalur gas rumah tangga. Kinerja sistem yang dirancang dijelaskan dan dievaluasi. Sistem tersebut bertujuan untuk mempercepat waktu dalam mendeteksi kebocoran gas. Portabilitas sistem memungkinkan penerapan dan pemantauan dalam bentuk website. Desain dan kinerja sistem dinilai dan terbukti efektif dalam mendeteksi kebocoran gas, memberikan solusi yang andal dan efisien untuk distributor gas. Metode yang digunakan adalah metode kondisional yang dimana Sistem pendeteksi kebocoran gas ini dibuat dengan Nodemcu esp8266, sensor mq6, buzzer, stepdown lm2596, dan led. Hasil yang didapat dari pengujian sistem pendeteksi kebocoran ini menjelaskan tentang pengujian dan evaluasi sistem pemeriksaan tabung gas. Sistem dirancang untuk memeriksa tabung gas 3kg, kategori level 1 dengan angka 300-500, kategori level 2 dengan angka 500-750, kategori level 3 dengan angka 750-1000, dan kategori level 4 dengan angka lebih tinggi dari 1000. Pendeteksian kebocoran gas di setiap valve membutuhkan waktu sekitar 13 detik untuk mendeteksi gas yang bocor, mengirim data ke website dan memberikan output pada buzzer

Kata kunci: Gas LPG, Pendeteksi Gas, Nodemcu ESP 8266

LATAR BELAKANG

LPG merupakan istilah generik untuk campuran hidrokarbon. Gas LPG adalah gas minyak bumi yang dicairkan, komponennya di dominasi propane dan butane. Dampak buruk

gas LPG terdapat pada mudahnya terjadi kebocoran bila saat pengemasan dan instalasi dilakukan dengan tidak teliti. Pada saat ini gas LPG untuk kebutuhan rumahan diberikan tempat penyimpanan berupa tabung, penyimpan gas LPG berupa tabung harus memenuhi unsur kuat dan tidak mudah bocor. LPG merupakan bahan bakar alternatif berupa gas yang menghasilkan emisi polusi lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar minyak. Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 197126MEM2007 tanggal 22 Mei 2007, pemerintah mencanangkan konversi dari minyak bumi minyak tanah menjadi gas alam LPG. Program konversi beralih menjadi gas alam ini di maksudkan untuk mengganti minyak tanah sebagai bahan bakar memasak di Indonesia. Hampir seluruh masyarakat di indonesia beralih menggunakan LPG [6]. Tujuan dari konversi tersebut tidak semata-mata untuk mengurangi ketergantungan pada pemakaian BBM, tetapi juga mengurangi penyalahgunaan minyak tanah bersubsidi dan menyediakan bahan bakar yang praktis (Irgian & Rozi, 2022; Saleh & Sudiarsa, 2023) . Gas LPG telah menjadi sumber energi primer untuk menghasilkan panas pada rumah tangga dan sektor industri dan jasa seperti kalangan perusahaan perhotelan, restoran, ataupun berbagai bidang lainnya.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada Ibu Emi selaku pemilik warung di Dalung permai, Jl.tegal sari block WW no 63, Sebagai agen gas atau berjualan tabung gas permasalahan yang sering terjadi adalah adanya tabung gas yang bocor. Cara untuk mengetahui adanya tabung gas yang bocor adalah dari bau gas yang dikeluarkan dari tabung gas dan dari pelanggan yang membeli tabung gas yang meminta tukar karena tabung gasnya bocor. Cara untuk mengatasi tabung gas yang bocor adalah dengan merendam tabung gas ke bak yang sudah berisi air dan apabila terlihat gelembung yang keluar dari tabung gas maka dapat diketahui bahwa tabung gas tersebut bocor. Waktu yang dibutuhkan untuk mencari 50 tabung gas yang bocor adalah kira-kira 1 jam, tetapi apabila beruntung maka dapat ditemukan dengan cepat.

Hal ini diperkuat dengan Penelitian sebelumnya (Inggi & Pangala, 2021; Irgian & Rozi, 2022) Perancangan alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor mq-2 berbasis Arduino(Hutagalung, 2018; Ramadhan et al., 2017), Rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas LPG menggunakan sensor mq-6 berbasis arduino. Penelitian ini menghasilkan alat pendeteksi kebocoran gas dengan sensor akan mendeteksi adanya kebocoran pada tabung gas (Inggi & Pangala, 2021; Silalahi et al., 2022). Alat ini dapat mengetahui dan memudahkan pengguna mengetahui terjadinya kebocoran pada tabung gas LPG.

Berdasarkan uraian tersebut, penulis tertarik untuk membuat suatu rancang bangun sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga dan monitoring berbasis web yang dapat membantu agen gas supaya bisa melakukan pengecekan tabung gas dengan cepat, hemat waktu dan hemat tenaga.

KAJIAN TEORITIS

Nodemcu ESP8266

ESP 8266 adalah sebuah chip yang terdiri atas processor, memori dan juga akses ke GPIO. ESP8266 dapat menggantikan Arduino dan mampu mendukung koneksi wifi secara langsung. Tegangan kerja ESP8266 adalah sebesar 3,3V sehingga dapat dihubungkan ke board Arduino yang memiliki fasilitas tegangan sumber 3,3V. Chip ini memiliki wifi module yang dilengkapi dengan Mikrokontroler dan GPIO guna pengembangan firmware untuk membuat chip wifi module sehingga dapat bekerja secara *stand alone* (Lowongan et al., 2018; Priyono & Triadyaksa, 2020).

Sensor MQ6

Sensor MQ-6 merupakan sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas LPG melalui kandungan gas propana dan butana didalam gas LPG tersebut. Sensor ini memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap gas LPG, iso-butana, propana, dan LNG liquefied natural gas dengan rentang yang lebar, namun memiliki sensitivitas yang kecil terhadap alkohol, asap makanan, dan asap rokok (Inggi & Pangala, 2021).

Buzzer

Buzzer Elektronika adalah sebuah komponen elektronika yang dapat menghasilkan getaran suara berupa gelombang bunyi. Buzzer elektronika akan menghasilkan getaran suara ketika diberikan sejumlah tegangan listrik dengan taraf tertentu sesuai dengan spesifikasi bentuk dan ukuran buzzer elektronika itu sendiri. Dalam rangkaian elektronika, *piezoelectric* buzzer dapat digunakan pada tegangan listrik sebesar 3 volt hingga 12 volt dan dengan tipikal arus sebesar 25 mA. Buzzer yang termasuk dalam keluarga Transduser ini sering disebut juga dengan *Beeper* (Laksmana et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Dalam melakukan rancang bangun sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga membutuhkan beberapa komponen.

Tabel 1. Analisis sistem

No	Nama Komponen	Jumlah
1	NodeMcu Esp8266	3 Buah
2	MQ 6	3 Buah
3	Buzzer	3 Buah
4	LED	3 Buah
5	Kabel jumper	25 buah
6	Batrai 3,7V	6 Buah
7	Stepdown LM2596	3 Buah

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini ada dua macam yaitu metode pengumpulan data primer dan metode pengumpulan data sekunder.

a) Metode Wawancara

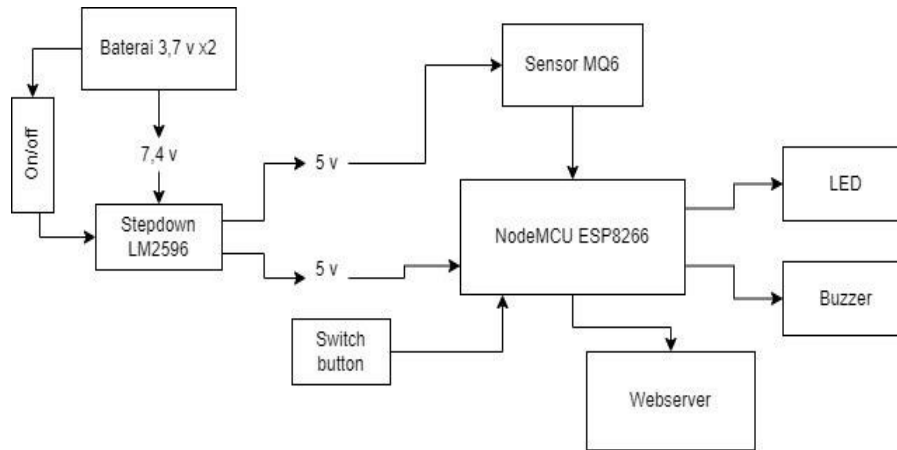
Berdasarkan hasil wawancara dengan Bu Emi di Dalung Permai, Jl. Tegal Sari Block WW No. 63, dapat disimpulkan bahwa masalah yang sering dihadapi saat menjadi agen gas atau berjualan tabung gas adalah pengiriman yang tidak tepat waktu dan saat terjadinya tabung gas yang bocor.

b) Pengumpulan data sekunder

Dalam tahap ini pengumpulan data yang dilakukan dengan melihat sumber referensi terkait rancang bangun sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga sebagai acuan penulis, adapun acuan teoritis penulis diambil dari berbagai sumber seperti internet, jurnal penelitian, buku, dan berbagai sumber pendukung lainnya.

Perancangan Sistem

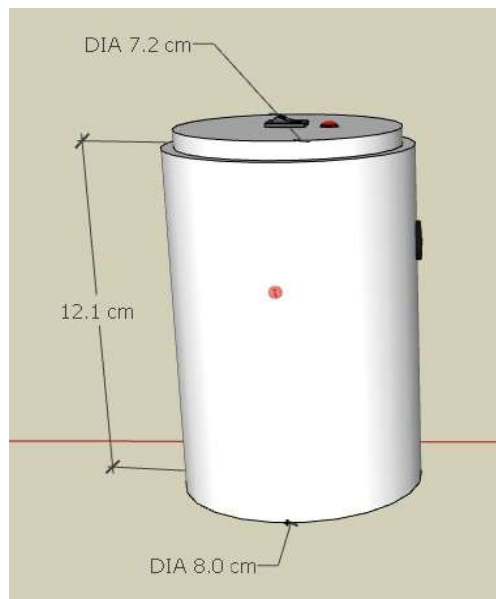
Perancangan alat terdiri atas tiga bagian utama. Bagian pertama yaitu input yang terdiri dari MQ6. Bagian kedua yaitu proses, sistem pemrosesan sinyal menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk memproses semua data yang diterima dan mengirim data ke website. Bagian ketiga yaitu output, yang terdiri dari LED yang digunakan untuk mengeluarkan cahaya sebagai penanda sistem sudah berkerja dan buzzer sebagai tanda bunyi peringatan bahwa ada gas yang bocor, serta website untuk menampilkan data secara *realtime* dan menyimpan data ke dalam database . Diagram blok perancangan sistem dari alat dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Block diagram

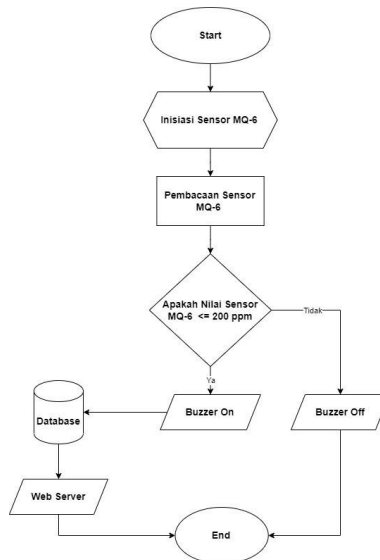
Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini dibuat seperti pada Gambar 2. Dimensi ukuran dari alat pendeteksi kebocoran gas adalah tinggi 12,1cm dan diameter 8cm. Setelah gas disemprotkan ke sensor kemudian mikrokontroler memproses, apabila ada gas LPG maka buzzer otomatis akan aktif, serta website akan menampilkan data berapa banyak gas yang keluar dan memberikan kategori dari tabung gas tersebut.



Gambar 2. Desain Alat Pendeteksi Gas

Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Secara Portable pada Distributor Gas Rumah Tangga

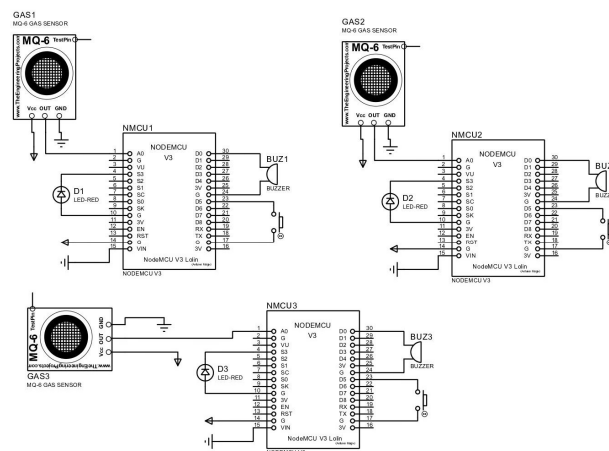


Gambar 3. Flowchart

Gambar 3 adalah alur program yang dibuat berdasarkan perancangan cara kerja alat. Pertama kali dijalankan, sistem akan melakukan proses inisialisasi sensor mq6 yang dihubungkan dengan perangkat luar seperti nodemcu esp8266 dan buzzer. Pembacaan sensor mq6 jika nilai dari sensor mq6 < 200ppm. Jika tidak maka buzzer off dan selesai. Jika iya nilai dari mq6 <200ppm maka buzzer menyala, mengirim data ke database, website akan menampilkan data yang diterima dan selesai.

Perancangan Perangkat Keras Sistem

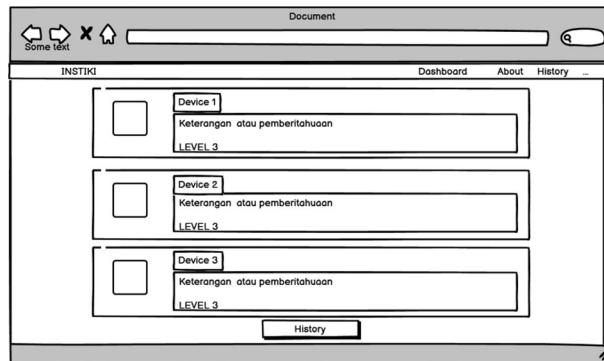
Perancangan perangkat keras dalam sistem pendeteksi kebocoran gas meliputi perancangan rangkaian NodeMCU ESP8266, MQ6, LED, Buzzer, *Switch Button*, *Switch On/Off*, dan baterai. Gambar 4 adalah skematik rangkaian dari sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga.



Gambar 4. Skematik

Perancangan Tampilan Website

Pada Gambar 5 dapat dilihat monitoring yang di tampilkan pada sistem, data yang ditampilkan berupa tulisan keadaan yang terjadi yang dimana apabila sistem mendeteksi adanya gas yang bocor maka akan bertuliskan “Tabung Gas Bocor” dan memberikan level dari setiap tingkatan kebocoran gas dan memberikan keterangan/*icon*. Monitoring dilakukan secara *real time* kepada sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga.



Gambar 5. Tampilan Website

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat keras dalam penelitian ini dibuat dalam satu alat. Gambar 6 adalah rangkaian perangkat keras alat pendeteksi kebocoran gas. Pada alat ini terdapat beberapa bagian yang sangat penting dalam penggunaannya, sehingga perlu dilakukan pengujian pada setiap bagian perangkat luar tersebut.



Gambar 6. Rangkai Perangkat Keras Alat

1. Pengujian Sensor Mq6

Pengujian sensor pendeteksi gas dilakukan dengan cara mendekatkan sumber gas dengan sensor mq6 dan buzzer. Pengujian terdiri dari berapa banyak sumber gas yang dikeluarkan dari tabung gas. Semakin banyak sumber gas yang dikeluarkan maka sensor akan

mengkategorikan sesuai level dan suara buzzer yang telah diatur didalam sistem. Dalam pengujian ini penulis sudah membuat alat pembocor tabung gas yang telah di custom mengikuti bentuk valve pada tabung gas 3kg. Dikarenakan dalam tugas akhir ini, untuk mendapatkan gas 3kg yang bocor sudah semakin susah. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali percobaan yang dimana dihitung dari berapa banyak putaran dari baut maka bau gas akan keluar, fungsi dari baut digunakan untuk menekan pengunci yang ada ditabung gas 3kg supaya gas bisa keluar dan direspon oleh sensor mq6.



Gambar 7. Alat Tambahan Untuk Membocorkan Tabung Gas 3kg

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Mq6

No.	Putaran	Level	Buzzer
1.	1	Tidak ada Sumber gas	✘
2.	2	Level 1	✓
3.	3	Level 1	✓
4.	4	Level 2	✓
5.	5	Level 2	✓
6.	6	Level 3	✓
7.	7	Level 3	✓
8.	8	Level 4	✓
9.	6	Level 3	✓
10.	3	Level 2	✓

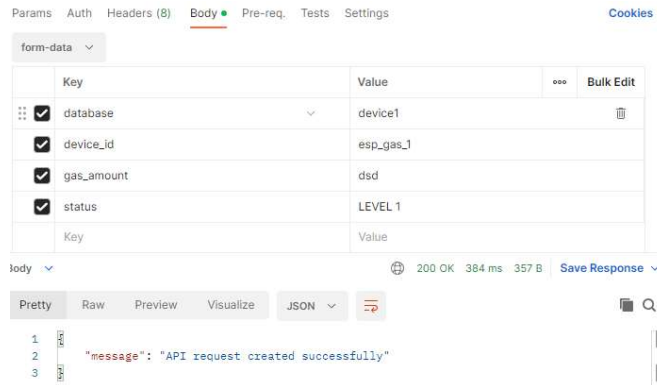
Keterangan : ✓ = Hidup, ✘ = Mati

2. Pengujian Mengirim dan Menampilkan Data di WEB

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk menampilkan nilai yang dikirim dari NodeMCU ESP8266. Pengujian dilakukan dengan manual dan auto.

a) Manual

Cara pertama manual dilakukan menggunakan postman dengan cara mengisi data sendiri. Dengan cara menyamakan nama device dan statusnya. Setelah mengisi data setelah itu langsung kirim dan menunggu sampai muncul tulisan “ *message*”: “*API request created successfully*” maka pengiriman data berhasil. Selanjutnya melihat apakah website sudah sama dengan data yang telah kita input.



Gambar 8. Gambar Pengujian Manual Dengan Postman



Gambar 9. Gambar Pengujian Manual Dengan website

Dari Gambar 8 dan 9 adalah Gambar pengujian manual dengan device 1 yang dimana data postman yang dikirim ke website memiliki data yang sama. Dengan pengiriman data sebanyak 10 kali.

Tabel 3. Hasil Pengujian Mengirim dan Menampilkan Data di WEB Menggunakan Manual

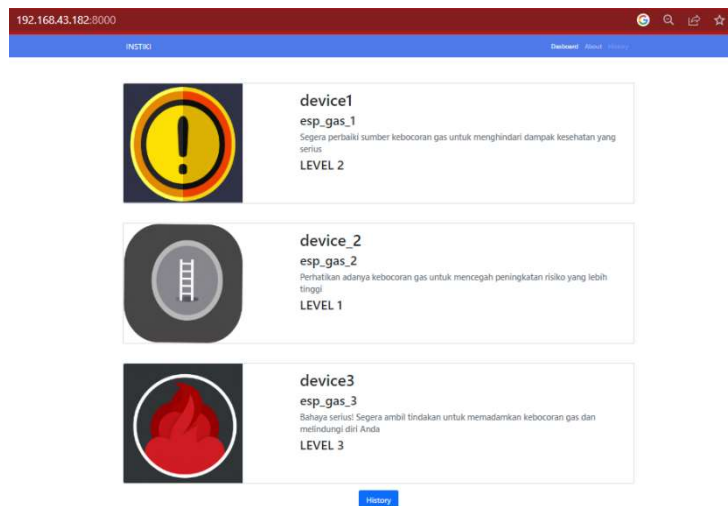
No.	Berhasil	Gagal	Keterangan
1.	✓	✗	Sesuai
2.	✓	✗	Sesuai
3.	✓	✗	Sesuai
4.	✓	✗	Sesuai
5.	✓	✗	Sesuai
6.	✓	✗	Sesuai
7.	✓	✗	Sesuai
8.	✓	✗	Sesuai
9.	✓	✗	Sesuai
10.	✓	✗	Sesuai

Keterangan : ✓ = Berhasil, ✗ = Gagal

Setelah melakukan 10 kali pengujian didapatkan hasil berupa 10 kali berhasil mengirim ke website, dan 0 kali gagal mengirim ke website. Jadi tingkat keberhasilan pengiriman data ke database adalah 100%.

b) Auto

Pengujian dilakukan dengan menyalakan aplikasi visual studio code dengan menambahkan scrip `“php artisan serve --host 192.168.137.1 --port 8000”` dan menunggu server berjalan. Dengan dimulainya alat yang diletakan dibagaian *valve* tabung gas, jika tabung gas terdeteksi ada kebocoran gas maka sesuai dengan ketentuan sensor mq6 akan mengirim nilai gas yang terdeteksi ke NodeMCU8266. Selanjutnya NodeMCU ESP8266 akan mengirim nilai tersebut ke website yang secara realtimen dan ke databse yang akan ditampilkan di website. Setelah itu website akan menampilkan data dari setiap device secara realtime dan menyimpan data ke dalam history.



Gambar 10. Gambar Pengujian Auto

Dari Gambar 10 adalah Gambar pengujian auto yang dimana NodeMCU ESP8266 akan mengirim data ke website dengan waktu 3 detik. Sedangkan website akan menerima data dari NodeMCU ESP8266 setelah itu akan menampilkan di dashboard dengan waktu 2 detik. Dengan pengiriman data sebanyak 10 kali.

Tabel 4. Hasil Pengujian Mengirim dan Menampilkan Data di WEB Menggunakan Auto

No.	Device 1	Device 2	Device 3	Keterangan
1.	✓	✓	✓	Sesuai
2.	✓	✓	✓	Sesuai
3.	✓	✓	✓	Sesuai
4.	✓	✓	✓	Sesuai
5.	✓	✓	✓	Sesuai
6.	✓	✓	✓	Sesuai
7.	✓	✓	✓	Sesuai
8.	✓	✓	✓	Sesuai
9.	✓	✓	✓	Sesuai
10.	✓	✓	✓	Sesuai

Keterangan : ✓ = Berhasil, ✗ = Gagal

Setelah melakukan 10 kali pengujian didapatkan hasil berupa 10 kali berhasil mengirim data ke website, dan 0 kali gagal mengirim ke website. Jadi tingkat keberhasilan pengiriman data ke database adalah 100%

3. Pengujian selisih waktu

Pengujian terakhir dilakukan untuk permasalahan yang terjadi di warung bu emi, dimana saat mengecek tabung gas yang bocor masih menggunakan cara manual dengan cara merendam tabung gas ke bak yang sudah berisi air dan apabila terlihat gelembung yang keluar dari tabung gas maka dapat diketahui bahwa tabung gas tersebut bocor. Waktu yang dibutuhkan untuk mencari 50 tabung gas yang bocor adalah kira-kira 1 jam. Disini penulis akan menggunakan alat yang sudah dirancang dan melakukan simulasi dengan mencari 50 tabung gas yang diantaranya ada 1 tabung gas yang bocor.



Gambar 11. Pengecekan Tabung Gas 3kg

Gambar 11 Adalah saat alat melakukan pengecekan kepada tabung gas LPG. Jika sensor mq6 membaca ada sumber gas yang keluar maka buzzer akan berbunyi sesuai berapa

banyak sumber gas keluar dari tabung gas LPG. Setelah itu NodeMCU ESP8266 akan mengirimkan data ke webserver dengan durasi 3 detik dari data yang dikirim. Dalam pengujian simulasi ini alat bisa mendeteksi apakah di bagian valve tabung gas 3kg terdapat sumber gas yang bocor atau tidak. Jadi untuk mengecek 50 tabung gas 3kg memerlukan waktu 11 menit sedangkan untuk mengecek 1 tabung gas 3kg alat membaca dengan waktu 13 detik untuk menentukan apakah ada sumber gas dibagian valve atau tidak, sedangkan untuk menempatkan tabung gas kembali seperti semula memerlukan waktu 10 menit. Total keseluruhan dari pengecekan pendeteksi kebocoran pada tabung gas 3kg adalah 21 menit.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan pada Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Secara Portable Pada Distributor Gas Rumah Tangga, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut: a) Proses dari sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga dimulai dari tahap awal yaitu perancangan hingga tahap akhir yaitu implementasi alat. Dimulai dari membuat skema rangkaian sistem yang menggunakan aplikasi proteus, kemudian membuat wadah semua komponen yaitu membuat tempat untuk pengecekan tabung gas yang bocor. Setelah itu menyambungkan semua komponen menjadi 1 kepada wadah yang sudah ditentukan. Setelah proses membuat alat selesai maka dilanjutkan dengan membuat website. Website akan menerima data yang berupa bentuk json pada alat tersebut setiap beberapa detik dengan end point rest api sebagai alamat untuk dapat mengirim data tersebut kepada website. Proses setelah menerima adalah mengupdate data pada dashboard berupa peringatan dalam bentuk Gambar dan tulisan pada website, lalu tak lupa dapat dilihat history tersebut pada detail history. Implementasi dilakukan dengan mendekatkan sensor ke sumber gas. b) Sistem pendeteksi kebocoran gas secara portable pada distributor gas rumah tangga. Ini dapat mendeteksi kebocoran gas yang ada di tabung gas. Untuk mendeteksi kebocoran gas, sensor yang digunakan adalah sensor MQ-6. Sensor MQ-6 dapat mendeteksi gas LPG dan butana, dengan range 300 ppm – 1024ppm. Presentasi pengujian dengan pendeteksi kebocoran gas untuk mencari sumber gas pada tabung LPG 3kg dapat mendeteksi kebocoran tabung gas dengan hasil sistem mendeteksi 100% alat berkerja. Saran dari hasil merancang dan membangun Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas Secara Portable Pada Distributor Gas Rumah Tangga sebagai berikut : a) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan menambahkan kipas untuk menetralkan sumber gas yang masih ada di sensor mq 6. b) Bentuk alat diharapkan diganti dengan bentuk yang lebih besar, agar komponen tidak berdekatan dan menabrak kabel dan komponen yang lain. c) Tabung pendeteksi gas

diharapkan dapat diperkuat dan menambahkan karet dibawahnya supaya tidak ada udara yang masuk. d) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan menggunakan sensor pendeteksi gas yang lain supaya sensor bisa lebih akurat dalam mendeteksi gas. e) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan untuk melakukan pengujian terhadap baterai, supaya masyarakat tahu kapan akan melakukan pengisian baterai kembali. f) Pada pengembangan selanjutnya diharapkan bisa mendeteksi kebocoran tabung gas yang sudah terpasang regulator supaya memudahkan pengecekan oleh ibu rumah tangga.

DAFTAR REFERENSI

- Hutagalung, D. D. (2018). Rancang bangun alat pendeteksi kebocoran gas dan api dengan menggunakan sensor MQ2 dan flame detector. *Jurnal Rekayasa Informasi*, 7(2).
- Inggi, R., & Pangala, J. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis Arduino. *Jurnal Sistem Informasi Dan Sistem Komputer*, 6(1), 12–22.
- Irgian, M. I. P., & Rozi, F. (2022). RANCANG BANGUN SISTEM PENDETEKSI KEBOCORAN GAS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN TELEGRAM BOT. *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, 7(2), 615–621.
- Laksmiana, A., Amir, A., Sollu, T. S., & Indrajaya, M. A. (2022). PERANCANGAN SISTEM ANTRIAN ANTI COVID 19 BERBASIS INTERNET of THINGS MENGGUNAKAN RASPBERRY Pi W ZERO. *Foristek*, 13(2).
- Lowongan, T. R., Rahardjo, P., & Divayana, Y. (2018). Detektor LPG menggunakan sensor MQ-2 berbasis mikrokontroler ATmega 328. *Jurnal Spektrum*, 2(4), 53–57.
- Priyono, A., & Triadyaksa, P. (2020). Sistem penyiram tanaman cabai otomatis untuk menjaga kelembaban tanah berbasis esp8266. *Berkala Fisika*, 23(3), 91–100.
- Ramadhan, L. I., Syauqy, D., & Prasetio, B. H. (2017). Sistem Pendeteksi Kebocoran Gas LPG Menggunakan Metode Fuzzy yang Diimplementasikan dengan Real Time Operating System (RTOS). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(11), 1206–1213.
- Saleh, M. R. H. M., & Sudiarsa, I. W. (2023). Rancang Bangun Pendeteksi Monitoring Gas LPG Berbasis Mikrokontroler dan Notifikasi Telegram Messenger. *Jurnal Krisnadana*, 2(2), 310–320.
- Silalahi, A., Hartama, D., Kirana, I. O., Gunawan, I., & Sumarno, S. (2022). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Pada Tabung Gas Menggunakan Arduino Berbasis SMS. *Jurnal Krisnadana*, 1(3), 48–58.