



ARTIKEL

**PENGEMBANGAN ALAT MONITORING KADAR GAS KARBON MONOKSIDA
(CO) BERBASIS IoT**

OLEH

AINUN MUTMAINNAH

1625040004

Dosen Pembimbing :

Dr. Mahmud Mustafa, M.Pd
NIP. 19670206 199203 1 004

Dr. Supriadi, M.T
NIP. 19671231 199303 1 018

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR (UNM)
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA
Alamat: Jalan Daeng Tata Raya Parangtambung Makassar
Telp (0411) 865677 – Fax. (0411) 861377
Laman: pta.ft.unm.ac.id

**PENGESAHAN
ARTIKEL SKRIPSI**

Dengan Judul:

**PENGEMBANGAN ALAT MONITORING KADAR GAS KARBON
MONOKSIDA (CO) BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Dipersiapkan dan disusun oleh:
AINUN MUTMAINNAH
1625040004

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika
Fakultas Teknik
Universitas Negeri Makassar
Sebagai syarat untuk melaksanakan Ujian Skripsi

Makassar, 26 Oktober 2020

Disetujui Oleh:

Pembimbing 1,

Dr. Mahmud Mustafa, M.Pd.
NIP. 19670206 199203 1 004

Pembimbing II,

Dr. Supriadi, M.T.
NIP. 19671231 199303 1 018

PENGEMBANGAN ALAT MONITORING KADAR GAS KARBON MONOKSIDA (CO) BERBASIS INTERNET OF THINGS

Mahmud Mustafa., Supriadi., Ainun Mutmainnah.

Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik

Universitas Negeri Makassar

Abstrak

Gas Karbon Monoksida (CO) adalah salah satu dari gas yang mengandung zat yang tidak baik dan tidak mampu dideteksi panca indera, hal itu dapat menyebabkan gangguan pada kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tahap pengembangan alat monitoring gas karbon monoksida berupa alat pendeteksi gas CO dan aplikasi monitoring yang berbasis IoT serta mengetahui hasil pengujian dari alat monitoring gas ini. Penelitian ini dilakukan dengan metode *R&D* yang mengacu pada model pengembangan *Spiral* yang menghasilkan 4 sintaks yaitu analisis kebutuhan, perancangan, konstruksi dan ujicoba. Alat ini menggunakan sensor gas MQ-7 yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan gas CO. Pengendali dari alat ini adalah Arduino Nano dan ESP32 yang digunakan untuk menerima data gas dari sensor dan mengirimkannya ke aplikasi *smartphone* serta menampilkan data pada LCD. Hasil pengujian dari perbandingan antara sensor MQ-7 dengan COMeter menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan sebagai alat pendeteksi gas CO dengan rata-rata selisih yang didapatkan adalah sebesar 4,70 ppm untuk ujicoba karbon monoksida pada gas buangan kendaraan dan 3,97 ppm untuk ujicoba karbon monoksida pada asap rokok. Hasil penelitian menghasilkan sebuah alat pendeteksi gas karbon monoksida dan sebuah aplikasi monitoring pada *smartphone* yang berbasis IoT. Dari hasil pengujian alat didapat hasil presentase kelayakan fungsi untuk ujicoba *functionality* yang mencakup keseluruhan alat memiliki hasil 100% yang menyatakan bahwa alat mampu bekerja sesuai dengan fungsinya. Sehingga dinyatakan bahwa alat monitoring yang dikembangkan layak digunakan sebagai alat pendeteksi gas karbon monoksida.

Kata Kunci : Spiral, Karbon Monoksida, Monitoring, MQ-7, IoT.

PENDAHULUAN

Udara merupakan sumber daya alam yang sangat dibutuhkan oleh mahluk hidup dan tidak dapat diperbaharui. Udara akan rentan terkena pencemaran dan menimbulkan permasalahan yang menyangkut hal-hal yang berkaitan dengan karakteristik fisik, sumber emisi zat pencemar. Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang dapat terbentuk dari

kebocoran atau emisi dari bahan bakar dan pengatur suhu ruangan.

Gas karbon monoksida (CO) adalah pembunuh yang tidak tampak, disebabkan dari keberadaannya tidak dapat dideteksi dengan penglihatan maupun bau. Agar dapat melakukan pemantauan secara *real-time* dan mengetahui data terkait kadar gas Karbon Monoksida pada udara dapat dilakukan dengan membangun sebuah

perangkat keras yang dihubungkan dengan sistem pemantauan kualitas udara. Penelitian ini adalah sebuah pengembangan dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, penelitian ini akan menghasilkan alat pendeteksi gas Karbon Monoksida (CO) dengan menggunakan sensor MQ-7, Arduino Nano dan ESP32. Alat tersebut dapat mengirimkan data *real-time* berupa data kadar gas Karbon Monoksida (CO) di sekeliling yang terdeteksi oleh sensor. Data yang didapat dari sensor dikirimkan ke arduino nano, kemudian ke ESP32 lalu dikirim ke *firebase* dan dapat dianalisa lebih lanjut untuk mendapatkan informasi mengenai kadar gas Karbon Monoksida (CO).

Karbon Monoksida

Gas CO atau karbon monoksida dapat terbentuk dari pembakaran tidak sempurna, contohnya pembakaran pada mesin mobil, disel, atau pembakaran sampah (Sumardjo, 2009). Gas karbon monoksida dapat meracuni darah ataupun sistem pernapasan. Hal ini diakibatkan dari afinitas CO terhadap hemoglobin yang lebih besar dari pada afinitas O₂ terhadap hemoglobin. Maka dari itu, apabila pada pernapasan ada O₂ dan CO₂, hemoglobin akan lebih ingin mengikat CO dari pada O₂. Sehingga hemoglobin yang telah mengikat CO tidak dapat O₂ lagi akibatnya

mengganggu pengangkutan O₂ dan paru-paru ke jaringan. Oleh karena itu dalam perancangan pada alat diperlukan sebuah sensor untuk mendeteksi gas CO.

Sensor MQ-7

Sensor gas yang digunakan dalam penelitian inilah merupakan sensor yang peka akan gas karbon monoksida (CO) yaitu sensor MQ-7. Sensor ini terdiri dari keramik Al₂O₃, lapisan tipis SnO₂, elektroda serta *heater* yang digunakan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari plastik *stainless* (Hanwei Electronics, n.d.).

Apabila gas CO terdeteksi pada sensor maka tegangan keluaran akan naik, sehingga konsentrasi pada gas akan menurun dan akan terjadi proses deoksidasi. Proses oksidasi mengakibatkan permukaan pada muatan negative oksigen berkurang, ketinggian pada permukaan sambungan penghalang pun akan ikut terjadi. Hal ini akan berpengaruh pada penurunan resistansi sensor yang juga memiliki sebuah *heaterd* dengan fungsi sebagai pembersih dari kontaminasi udara di dalam ruangan sensor

Mikrokontroler

Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32 dan ATmega 328 pada Arduino Nano. Arduino nano digunakan sebagai kontroler yang mengatur pembacaan dari sensor MQ-7 agar dapat

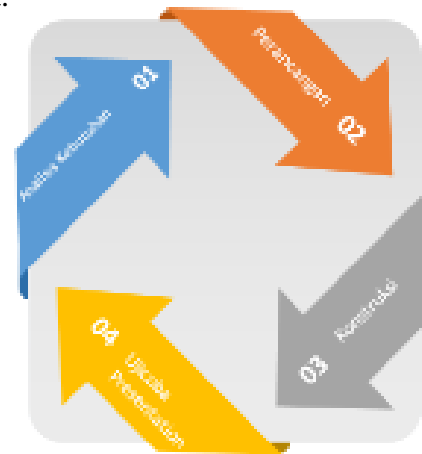
membaca gas karbon monoksida dan juga mengirim data gas ke ESP32. GND digunakan sebagai jalur untuk ground. Pin Analog A0 dan A1 digunakan untuk input sensor gas MQ-7. Pin D2 dan D3 merupakan penghubung antara arduino dan ESP32.

Untuk mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai kontroler yang mengatur penerimaan data gas yang dikirim oleh arduino nano dan menampilkan hasil pembacaan gas ke LCD juga mengirim data ke *firebase* untuk ditampilkan pada aplikasi. Pin yang digunakan pada ESP32 ialah IO16 dan IO17 yang merupakan penghubung antara ESP32 dengan arduino yang biasa disebut RX-Data dan TX-Data.

METODE PENELITIAN

Untuk metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian R&D (*Research and Development*). “*Research and Development* digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan mengujinya” (Sugiyono, 2017). Model pengembangan untuk penelitian ini ialah Model *Spiral* yang merupakan kombinasi antara Model *Waterfall* dan Model *Prototype*. Model ini memiliki manajemen resiko yang sangat fleksibel dan sistematis (Pressman, 2012). Hasil analisis didapatkan tahapan yang telah disesuaikan terdiri dari 4 tahapan yang dilaksanakan yaitu ; Analisis kebutuhan, perancangan,

konstruksi (pengkodean dan tes), dan uji coba.

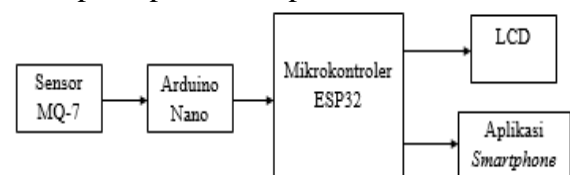


Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

Dilakukan perancangan dalam setiap kegiatan agar berjalan dengan baik seperti membuat blok diagram, perancangan alat maupun aplikasi.

Blok Diagram

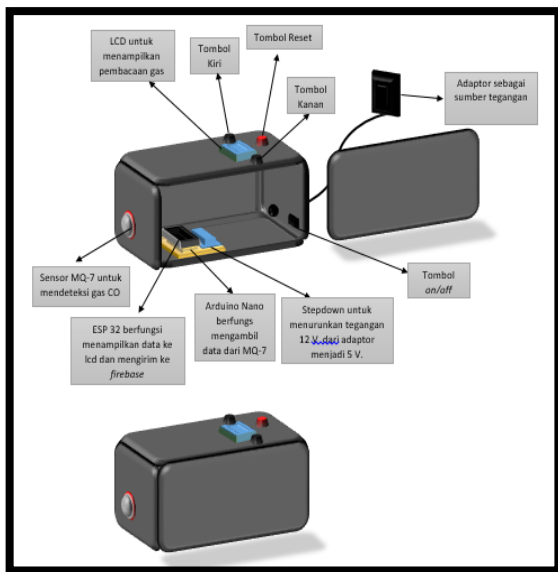
Berdasarkan diagram blok dibawah ini, cara kerja dari alat monitoring kadar gas karbon monoksida ini adalah Arduino Nano akan membaca data yang dikirim dari sensor MQ-7 dan mengirimkannya ke ESP32 kemudian Mikrokontroler ESP32 mengirim data ke *firebase* dan menampilkannya ke LCD. Setiap terjadi perubahan data dari sensor maka akan memperbarui data pada *server*. Data yang ada pada *server* secara *real time* akan ditampilkan pada smartphone.



Gambar 2. Diagram Blok

Perancangan Alat

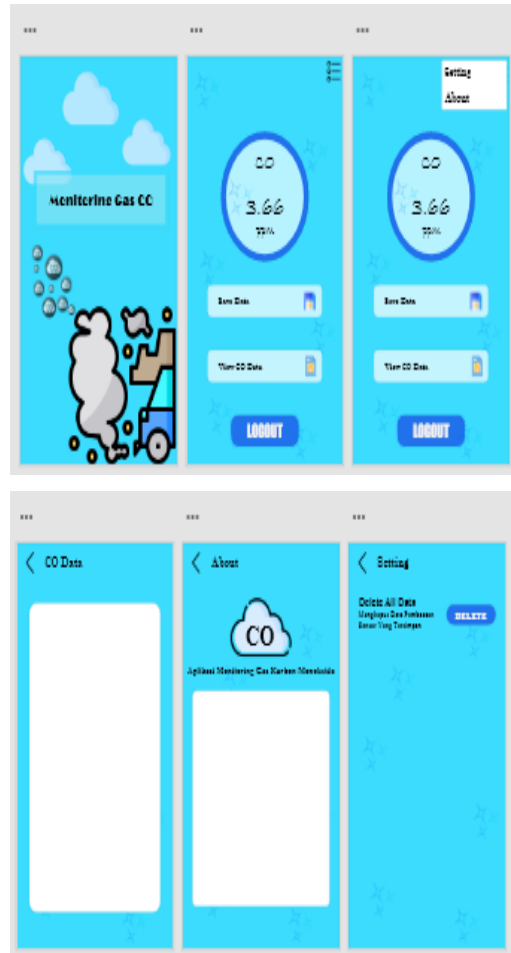
Perancangan alat merupakan hal yang pertama dilakukan dalam pembuatan sistem monitoring gas ini. Mikrokontroler pada sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 dan Arduino Nano, lalu ada *Power Supply*, Regulator *Stepdown* dan Sensor MQ-7.



Gambar 3. Ilustrasi Rancangan Alat

Perancangan Aplikasi

Untuk rancangan aplikasi monitoring yang akan dibuat terlebih dahulu dilakukan proses pendesainan pada AdobeXD. Aplikasi *smartphone* yang digunakan untuk melakukan pemantauan alat monitoring kadar Gas Karbon Monoksida (CO) menggunakan fitur IoT (*Internet of Things*) yang terhubung dengan *firebase* yang dipadukan dalam sebuah sistem pengaturan otomatis berbasis mikrokontroler yang di program menggunakan Android Studio.



Gambar 4. Rancangan Aplikasi

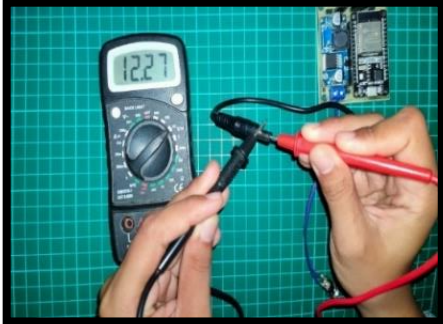
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Alat Pendeteksi Gas

a. Pengujian Adaptor

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah adaptor berfungsi dengan baik yaitu mampu menurunkan tegangan dari sumber listrik sebesar 220 V menjadi 12 V serta memberikan tegangan dan arus listrik ke rangkaian. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan avometer untuk melihat berapa tegangan yang akan dialirkan oleh adaptor. Dalam pengujian ini mendapatkan hasil yang baik dan alat

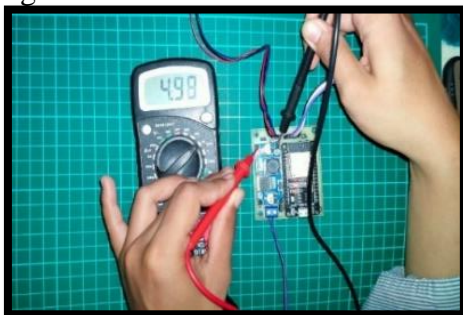
yang diberikan catu daya dapat bekerja dengan baik ditandai dengan berfungsinya komponen yang dihubungkan langsung ke adaptor.



Gambar 5. Pengujian Adaptor

b. Pengujian Regulator *Stepdown*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah regulator stepdown bekerja sesuai dengan fungsinya yaitu menurunkan tegangan 12V dari adaptor menjadi tegangan 5V yang dibutuhkan oleh arduino. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan adaptor dan avometer untuk melihat tegangan yang dihasilkan. Dalam pengujian ini mendapatkan hasil yang baik ditandai dengan berfungsinya regulator *stepdown* memberi output 5 Volt untuk tegangan yang dibutuhkan arduino.



Gambar 6. Pengujian Regulator *Stepdown*

c. Pengujian Arduino Nano

Pengujian pada Arduino Nano bertujuan untuk mengetahui apakah arduino dapat membaca data sensor MQ-7 dan mampu mengirim data sensor ke ESP32 sehingga dapat dinyatakan bahwa arduino dapat digunakan dan berjalan dengan baik.

```
void loop() {  
  adc = analogRead(sensor);  
  Serial.print("ADC = "); Serial.println(adc);  
  
  VRL = adc*5.0/1024;  
  Serial.print("VRL = "); Serial.print(VRL); Serial.println(" Volt");  
  
  Rs = (Vc*RL/VRL)-RL;  
  Serial.print("Rs = "); Serial.print(Rs); Serial.println(" Ohm");  
  
  ppm = 100*pow(Rs/Ro,-1.53);  
  Serial.print("CO = "); Serial.print(ppm); Serial.println(" ppm");  
  Serial.println();  
  delay(1000);  
}
```

Gambar 7. Listing Program Arduino

d. Pengujian ESP32

Pengujian pada mikrokontroler ESP32 bertujuan untuk mengetahui apakah ESP32 dapat melakukan pengiriman data ke *firebase* dan mampu menampilkan data gas ke LCD sehingga dapat dinyatakan bahwa ESP32 dapat digunakan dan berjalan dengan baik.

e. Pengujian Sensor MQ-7

Pengujian sensor MQ-7 ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran gas karbon monoksida. Pengujian sensor MQ-7 dilakukan dengan membandingkan alat ukur COMeter dan nilai gas yang tampil pada LCD dengan nilai gas pada COMeter.

Pengukuran pada kadar ppm karbon monoksida didapatkan dengan membandingkan resistansi sensor mendeteksi CO (Rs) dengan resistansi sensor pada udara bersih (Ro) seperti rumus dibawah ini :

$$VRL = ADC * 5.0 \text{ V} / 1024$$

$$R_s = (V_c * R_L / VRL) - R_L$$

$$Ppm = 100 \sqrt{\left(\left[\frac{R_s}{R_o} \right] \right)^{-1,53}}$$

Dimana :

VRL= Tegangan Output

RL= Nilai resistansi beban pada sensor

Rs= Resistansi sensor mendeteksi CO

Vc= Tegangan pada sensor

Ro= Resistansi sensor pada udara bersih



Gambar 8. Perbandingan Alat Ukur dengan Alat Konvensional

Hasil pengukuran yang dilakukan sebanyak 2 kali pengujian berbeda yaitu pengujian untuk mendeteksi karbon monoksida pada gas buangan kendaraan dan juga pada asap rokok. Untuk hasil

pengujian gas buangan yang mengandung karbon monoksida dapat dilihat pada Table 1.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Untuk Deteksi Gas CO Pada Kendaraan

PENGUJIAN SENSOR DENGAN ALAT UKUR BUATAN PABRIK						
No.	Asap Kendaraan			Asap Rokok		
	PPM Terukur Sensor MQ-7	PPM Terbaca (Alat Ukur Buatan Pabrik)	Selisih	PPM Terukur Sensor MQ-7	PPM Terbaca (Alat Ukur Buatan Pabrik)	Selisih
Percobaan Pertama						
1	37,76	45	7,24	46,72	55	8,28
2	42,91	50	7,09	53,82	57	3,18
3	45,64	47	1,36	58,72	61	2,28
4	56,01	61	4,99	63,35	72	8,65
5	65,75	66	0,25	71,06	74	2,94
Percobaan Kedua						
1	32,83	38	5,17	42,38	44	1,62
2	39,20	42	2,80	46,12	50	3,88
3	45,93	52	6,07	53,83	56	2,17
4	50,32	53	2,68	66,31	65	1,31
5	66,19	58	8,19	75,16	77	1,84
Percobaan Ketiga						
1	37,60	42	4,40	41,35	47	5,65
2	43,13	44	0,87	48,16	52	3,84
3	48,50	56	7,50	57,74	61	3,26
4	51,67	58	6,33	63,31	69	5,69
5	56,38	62	5,62	68,02	73	4,98

Perbandingan antara sensor MQ-7 dengan alat ukur COMeter untuk pengujian karbon monoksida pada asap buangan kendaraan dihasilkan perbandingan selisih pengukuran yang paling besar adalah 7,24 sedangkan selisih yang paling sedikit adalah 0,25 dengan rata-rata jumlah selisih ialah 4,70. Dan untuk perbandingan antara sensor MQ-7 dengan alat ukur COMeter

untuk pengujian karbon monoksida pada asap rokok dihasilkan perbandingan selisih pengukuran yang paling besar adalah 8,65 sedangkan selisih yang paling sedikit adalah 1,31 dengan rata-rata jumlah selisih ialah 3,97.

Pengambilan data dilakukan pada waktu dan hari yang berbeda selama 3 (tiga) hari, dipagi hari untuk pengambilan data CO pada asap kendaraan dan di sore hari untuk pengambilan data CO pada asap rokok. Pada masing-masing percobaan untuk pengambilan tiap data dilakukan jeda waktu atau waktu pemulihan (*recovery time*) selama 30 detik dari data yang satu ke data berikutnya. Setiap data yang didapatkan pada masing-masing percobaan adalah rata-rata data gas CO yang didapat dalam 1 (satu) menit.

Data gas yang mengalami peningkatan jumlah pada percobaan yang dilakukan diakibatkan karena gas pada saat pengambilan data masih berada di sekitar hingga dilakukan pengambilan data selanjutnya, penumpukan gas yang berada di sekitar area percobaan mengakibatkan peningkatan jumlah gas untuk pengambilan data yang dilakukan setelahnya.

Perbedaan pengukuran yang didapatkan dari dua percobaan diatas dapat dipengaruhi karena toleransi alat ukur konvensional sebesar 10% dari 1000 ppm kemampuan pengukuran atau memiliki toleransi sekitar 10 ppm. Setelah perbandingan antara sensor MQ-7 dan Alat Ukur *COMeter* dan dengan jumlah *error* yang sedikit maka sensor MQ-7 dinyatakan layak digunakan sebagai alat ukur untuk gas Karbon Monoksida.

f. Pengujian LCD

Pengujian ini dilakukan untuk menampilkan beberapa karakter. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan LCD dapat bekerja dengan baik. Untuk pengujian ini diberikan program berupa perintah untuk menampilkan data gas pada arduino IDE. Setelah mengupload program tersebut, LCD dapat menampilkan sesuai dengan kode program.



Gambar 9. Tampilan LCD

Pengujian Aplikasi Monitoring

Pengujian aplikasi monitoring dilakukan dengan mengamati kemampuan dari beberapa fitur yang terdapat pada aplikasi monitoring gas pada smartphone. Pengujian akan dilakukan dengan melihat apakah setiap fitur yang telah ditentukan dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan hasil pengujian untuk fitur-fitur yang terdapat pada aplikasi monitoring menunjukkan bahwa semua fitur dapat bekerja dengan baik diantaranya fitur utama yang mampu menampilkan data gas yang telah dideteksi oleh alat secara real-time, fitur pendukung yang lain adalah mampu menyimpan data gas yang telah terbaca dan dikirim ke aplikasi, mampu menampilkan data gas dan juga mampu menghapus data gas yang telah tersimpan pada aplikasi.

Pengujian *Functionality*

Pengujian aspek *functionality* akan dinilai berdasarkan hasil kemampuan dari tiap-tiap komponen pada alat pendeteksi dan fitur-fitur yang terdapat pada aplikasi dapat melakukan fungsinya masing-masing yang pada akhirnya akan menjadi penentu apakah alat mampu melakukan pembacaan kadar gas karbon monoksida dan layak untuk digunakan.

Apabila sistem dapat mendeteksi gas karbon monoksida maka seluruh aspek *functionality* dari alat dikatakan berfungsi. Apabila sistem belum mampu melakukan

pembacaan gas maka dirasa perlu melakukan pengujian diperbaiki/direvisi hingga menjadi sesuai.

Tabel 2. Kuisisioner *Functionality*

No	Butir uji	Hasil		
		Ya	Tidak	
1	Adaptor			
	Menurunkan tegangan ke 12V	√		
2	Regulator <i>Stepdown</i>			
	Menurunkan tegangan 12V dari <i>power supply</i> ke tegangan 5V untuk arduino	√		
3	Arduino Nano			
	Membaca data yang dikirim oleh sensor MQ-7	√		
	Mengirimkan data ke ESP32.	√		
4	ESP32			
	Mengirim data ke <i>firebase</i>	√		
5	Sensor MQ-7			
	Mampu mendeteksi gas Karbon Monoksida (CO)	√		
6	LCD			
	Menampilkan gas CO dan indikator alat bekerja	√		
7	Aplikasi Monitoring			
	Aplikasi mampu menampilkan data gas	√		
	Tombol " <i>save data</i> " dapat menyimpan data gas.	√		
	Tombol " <i>view data</i> " dapat menampilkan data tersimpan	√		
	Tombol " <i>delete</i> " dapat digunakan menghapus data gas	√		
	Tombol " <i>about</i> " dapat menampilkan informasi tentang aplikasi	√		
Tombol " <i>keluar</i> " aplikasi dapat berfungsi	√			

Pengujian pada aspek *Functionality* diuji berdasarkan pada instrumen yang telah dibuat oleh peneliti. Kesesuaian fungsi dan kinerja alat dan aplikasi yang terjadi menyatakan bahwa Sistem alat monitoring kadar gas karbon monoksida menghasilkan produk yang bagus dan sesuai dengan fungsinya. Analisis pengujian komponen menggunakan metode analisis deskriptif dimana:

Persentase kelayakan = (Skor yang diobservasi)/(Skor yang diharapkan) x 100%

Maka didapatlah nilai dari seluruh item test case yakni:

Persentase kelayakan
= $14/14 \times 100\%$
= $1 \times 100\%$
= 100%

Berdasarkan perhitungan uji kinerja fungsi diatas, hasil analisis deskriptif pada uji *functionality* didapatkan hasil presentase kelayakan alat sebesar 100%, dan dinyatakan bahwa alat dapat bekerja seluruhnya sesuai dengan fungsi masing-masing.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, telah dibuat perangkat untuk memonitoring gas karbon monoksida berupa alat pendeteksi gas dan juga aplikasi untuk memonitoring gas yang terbaca oleh alat. Berdasarkan pada hasil penelitian didapatkan kesimpulan bahwa sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian yang menggunakan model pengembangan *spiral* ini dihasilkan sebuah sistem monitoring kadar gas karbon monoksida yang berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan pengembangannya terletak pada aplikasi monitoring yang digunakan yang dapat

mengirimkan data gas secara *real time* untuk memudahkan pendeteksian kadar gas CO yang tak terlihat dan tak berbau di sekitar sehingga keberadaan gas dapat diketahui .

2. Pada penelitian ini dilakukan tiga kali pengujian yang pertama adalah pengujian alat pendeteksi gas dengan melakukan pengujian pada masing-masing komponen dan didapatkan hasil bahwa alat bekerja dengan baik karena semua fungsi pada komponen bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian kedua adalah pengujian aplikasi monitoring. Pengujian terakhir adalah pengujian *functionality* untuk melihat seberapa layak alat yang dibuat dapat digunakan dengan hasil dari sisi *functionality* memiliki adalah 100% yang menandakan bahwa alat monitoring dapat berfungsi dan dapat digunakan..

Saran

1. Sebagai alternatif bagi masyarakat dalam penggunaan teknologi untuk mendeteksi gas berbahaya di sekitar khususnya gas karbon monoksida (CO).
2. Diharapkan pada penelitian selanjutnya agar dapat menyempurnakan penelitian ini dengan lebih mengakuratkan pembacaan sensor sehingga data gas yang terbaca lebih sesuai.

3. Penambahan fitur pada aplikasi maupun alat pendeteksi gas karbon monoksida dapat dilakukan pada pengembangan lebih lanjut seperti penambahan notifikasi pada aplikasi ataupun alarm pada alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, F. F., & Arifin, A. S. (2019). Sistem Monitoring Gas CO Pada Parkiran Basement Mall Di Jakarta Menggunakan Metode Real-Time Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekkayasa*, 24, 171–180.
- Akmal. (2019). *Lebih Dekat Dengan Industri 4.0* (1st ed.). Deepublish.
- Badan Standarisasi Nasional. (2012). *Peraturan Badan Standarisasi Nasional Nomor 4 Tahun 2012*. Badan Standarisasi Nasional.
- Cahyadi, M. (2015). Rancang Bangun Catu Daya DC 1V-20V Menggunakan Kendali PI Menggunakan Mikrokontroler. *Fakultas Teknik*.
- Ekojono, Parastiwi, A., Rahmad, C., & Rahmanto, A. N. (2018). *Pemrograman Spreadsheet*. Polinema Press.
- Espressif, S. (n.d.). *ESP32 Series* (3.3). Espressif Systems. www.espressif.com
- Hamdani, R., Puspita, H., & R, W. D. (2020). Pembuatan Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis Radio Frequency Identification (RFID). *Jurnal Industri Elektro Dan Penerbangan*.
- Hanwei Electronics. (n.d.). *MQ-7 Gas Sensor*. Hanwei Electronics. <http://www.hwsensor.com>
- Herlinah, & KH, M. (2019). *Pemrograman Aplikasi Android dengan Android Studio, Photoshop dan Audition* (1st ed.). PT Elex Media Komputindo.
- Jatmiko, D. A., & Prini, S. U. (2019). Implementasi dan Uji Kinerja Algoritma Background Subtraction pada ESP32. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 8(2), 59–65.
- Kepala Badan Pengendali Dampak Lingkungan. (1997). *Pedoman Teknis Dan Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara*. BAPEDAL.
- Menteri Kesehatan RI. (2003). *Penetapan SARS Sebagai Penyakit Yang Dapat Menimbulkan Wabah Dan Pedoman Penanggulangannya*. Menteri Kesehatan Republik Indonesia.
- Muclich, A. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Airlangga University Pers.
- Pressman, R. S. (2012). *Rekayasa Perangkat Lunak* (D. Hardjono (ed.); 7th ed.). ANDI.
- Purwanto. (2007). *Metode Penelitian Kuantitatif: Untuk Administrasi Publik dan Masalah-Masalah Sosial*. Gaya Media.
- Ramadan, R., Az-Zahra, H. M., & Rokhmawati, R. I. (2019). Perancangan User Interface Aplikasi EzyPay Menggunakan Metode Design Sprint. *Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3, 8831–8840. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Republik Indonesia. (2002). *Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Sekretaris Negara.
- Santi, D. N. (2001). Pencemaran Udara Oleh Timbal (Pb) Serta Penanggulangannya. *USU Digital Ibrary*.

- Share Alike. (2008). *Arduino Nano (2.3)*. Creative Commons Attribution. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>
- Siswojo, B. (2017). *Elektronika Kontrol* (1st ed.). UB Media.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D* (25th ed.). Alfabeta.
- Sumardjo, D. (2009). *Pengantar Kimia* (1st ed.). Buku Kedokteran EGC.
- Waluyo, R., Dianingrum, M., & Dewi, G. D. (2018). Pengukuran Kualitas Sistem Informasi Pelayanan Pasien Pada Klinik XYZ Menggunakan ISO 9126. *Pro Bisnis, 11*, 76–87.
- Wasista, S., Setiawardhana, Saraswati, D. A., & Susanto, E. (2019). *Aplikasi Internet of Things dengan Arduino dan Android* (1st ed.). Deepublish.
- Wikipedia. (2020a). *OLED*. <https://id.wikipedia.org/>
- Wikipedia. (2020b). *Pemantauan*. id.wikipedia.org/wiki/Pemantauan
- Wiraganda, Y. P., & Syaputra, R. (2019). *Enjoy Flutter*. Retrived from UDACODDING.
- Yanis, R., Mahamit, D. J., Allo, E. K., & Sompie, S. R. U. A. (2013). Perancangan Catu Daya Berbasis Up-Down Binary Counter Dengan 32 Keluaran. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*.