

Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Nodemcu Esp8266 Berbasis *Internet Of Thing* (IoT) di Ciamis

*Muhamad Ridwan Ali Akbar¹, Edvin Priatna², Sutisna³, Imam Taufiqurohman⁴

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Siliwangi, Tasik Malaya, Indonesia

Jl Siliwangi No 24 Kahuripan Tasik Malaya

¹m.ridwan@gmail.com

²edvinpriatna@unsil.ac.id

³sutisna@unsil.ac.id

⁴imamtaufiqurrahman@unsil.ac.id

Abstrak—Kabupaten Ciamis adalah tempat yang strategis untuk dilalui kendaraan, terutama untuk di kawasan Alun Alun Ciamis dikarenakan mobilitas kendaraan sangat tinggi sama halnya dengan kawasan Terminal Ciamis yang memiliki mobilitas yang tinggi. Akhirnya di kawasan Alun Alun Ciamis dan Terminal Ciamis dari aktivitas kendaraan yang tinggi menghasilkan CO dan NO₂ yang buruk bagi kesehatan masyarakat dikawasan tersebut. Oleh karena itu agar bisa mengurangi orang yang terdampak dari pencemaran kualitas udara dibutuhkan sebuah alat yang bisa mengukur kualitas udara. serta sebuah sistem monitoring yang berupa display agar bisa dilihat oleh orang-orang yang berada dikawasan tersebut dan dibandingkan dengan indeks standar pencemaran udara (ISPU) yang telah dipakai sebagai acuan oleh kota Ciamis. Pada penelitian ini akan dibuat sebuah alat Monitoring Kualitas Udara Menggunakan NodeMcu Esp8266 Berbasis Internet of Thing (IoT) di Ciamis. Sistem ini mampu memonitor kualitas udara di Ciamis dengan tampilan nilai ISPU sehingga mampu menentukan kualitas udara di Ciamis baik atau buruk, tercemar atau tidak tercemar. Berdasarkan hasil pengujian sistem mendeteksi kadar CO di udara dan mendeteksi suhu serta kelembapan. Pengujian mengambil dua sample lokasi di Ciamis, yaitu terminal Ciamis dan Alun-alun Ciamis. Berdasarkan hasil pengujian kadar CO di terminal Ciamis masih sesuai dengan standar ISPU yaitu 67,1, yaitu diantara 51-100 sehingga bisa dikatakan kualitas udaranya sedang. Kadar CO di alun-alun Ciamis masih sesuai dengan standar ISPU yaitu 61,2, yaitu diantara 51-100 sehingga bisa dikatakan kualitas udaranya sedang. Maka dapat disimpulkan kualitas udara di kabupaten Ciamis masih aman tidak mengganggu kesehatan manusia di kawasan tersebut.

Kata kunci: MQ135, DHT22, kualitas udara, CO, suhu, kelembapan

Abstract— Ciamis Regency is a strategic place for vehicles to pass, especially for the Alun Alun Ciamis area due to very high vehicle mobility as well as the Ciamis Terminal area which has high mobility. Finally, in the area of Alun Alun Ciamis and Terminal Ciamis from high vehicle activity produces CO and NO₂ which is

bad for Public Health in the region. Therefore, in order to reduce people affected by air quality pollution, a tool is needed that can measure air quality. And also a monitoring system in the form of a display so that it can be seen by people who are in the area and compared with the standard index of air pollution (ISPU) which has been used as a reference by the city of Ciamis. In this study will be made an Air Quality Monitoring tool using NodeMcu Esp8266 based on Internet of Thing (IoT) in Ciamis. This system is able to monitor air quality in Ciamis with ISPU value display so as to determine the quality of the air in Ciamis good or bad, polluted or unpolluted. Based on the results of testing CO levels in Ciamis terminal is still in accordance with the ISPU standard is 67.1, which is between 51-100 so that it can be said that the air quality is moderate. CO levels in Alun-alun Ciamis is still in accordance with ISPU standards of 61.2, which is between 51-100 so that it can be said that the air quality is moderate. It can be concluded that the air quality in Ciamis Regency is still safe and does not interfere with human health in the region.

Keywords: MQ135, DHT22, air quality, CO, temperature, humidity

*penulis korespondensi

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Ciamis adalah tempat yang strategis untuk dilalui kendaraan dan kurang lebih ada 15.536 kendaraan yang lewat setiap harinya, terutama untuk di kawasan Alun Alun Ciamis sama halnya dengan kawasan Terminal Ciamis yang memiliki mobilitas yang tinggi. Akhirnya di kawasan Alun Alun Ciamis dan Terminal Ciamis dari aktivitas kendaraan yang tinggi, menghasilkan karbon monoksida (CO) yang buruk bagi kesehatan masyarakat dikawasan tersebut.

Terminal Ciamis dan Alun Alun Ciamis sebagai tempat lalu lalang kendaraan yang berpotensi menghasilkan pencemaran udara yang tinggi di bandingkan kawasan lain. Di samping kendaraan yang banyak di kawasan tersebut, banyak juga orang yang datang ke kawasan tersebut yang akhirnya

memungkinkan terkena dampak dari udara yang kurang bagus tersebut.

Oleh karena itu agar bisa mengurangi orang yang terdampak dari pencemaran kualitas udara dibutuhkan sebuah alat yang bisa mengukur kualitas udara. Dan juga sebuah sistem monitoring yang berupa display agar bisa dilihat oleh orang-orang yang berada di kawasan tersebut dan dibandingkan dengan indeks standar pencemaran udara (ISPU) yang telah dipakai sebagai acuan oleh kota Ciamis agar masyarakat bisa tau keadaan udara di kawasan tersebut agar orang-orang bisa tersadar dan akhirnya menjaga kesehatan dikarenakan orang-orang tau bahwa kualitas udara di kawasan tersebut sedang tidak baik, dengan melihat dari display alat yang telah dibuat dari alat ukur kualitas udara, suhu dan kelembapan yang telah terpasang di kawasan tersebut. Untuk bisa menjalankan sebuah alat sistem monitoring kualitas udara agar bisa merealisasikan hal tersebut diperlukan sensor yang bisa mengecek kualitas udara di kawasan tersebut, dan sensor DHT22 mempunyai fungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan di kawasan tersebut. Sedangkan sensor MQ135 mempunyai fungsi untuk mengukur kualitas udara apakah baik atau tidaknya di kawasan tersebut, selanjutnya menggunakan NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai mikrokontroler dan pengolahan data dari kedua sensor tersebut untuk bisa ditransferkan data ke internet dan akhirnya bisa diakses lewat internet, sehingga untuk orang-orang yang sedang tidak di kawasan tersebut bisa mengetahuinya. Untuk di kawasan tersebut juga bisa dilihat melalui display yang telah dipasang akan memperlihatkan kualitas udara, suhu, dan kelembapan yang terjadi di kawasan tersebut.

Flowchart penelitian pada Gambar 1 memiliki langkah urutan sebagai berikut :

1. Pertama kali memulai penelitian ini dengan mengumpulkan, membaca referensi, dan jurnal tentang sistem monitoring kualitas udara.
2. Selanjutnya perencanaan sistem mengenai alat yang akan dibuat meliputi skema dan diagram.
3. Tahap ketiga adalah pengumpulan komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat, diantaranya, NodeMCU ESP8266, LCD 16X2, sensor DHT22, sensor MQ135 dan yang lainnya.
4. Tahap keempat adalah pembuatan alat sesuai perencanaan dengan merangkai semua komponen yang telah dikumpulkan.
5. Tahap kelima adalah pembuatan program menggunakan software Arduino dan sudah dihubungkan ke NodeMCU.
6. Tahap keenam adalah pengujian alat dan program, ini dilakukan untuk mengetahui apakah program yang dibuat sudah sesuai dengan alat yang dibuat. Jika tidak sesuai, maka dilakukan perancangan alat dan program kembali.
7. Apabila alat sesuai dengan pengujian, maka didapatkan hasil pengujian dari alat yang telah dibuat dan dapat dianalisa.
8. Penyusunan kesimpulan penelitian dan saran yang dibutuhkan untuk membangun penelitian ini.
9. Selesai penelitian.

Pada penelitian ini digunakan beberapa komponen agar menjadi sebuah sistem komponen – komponen tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

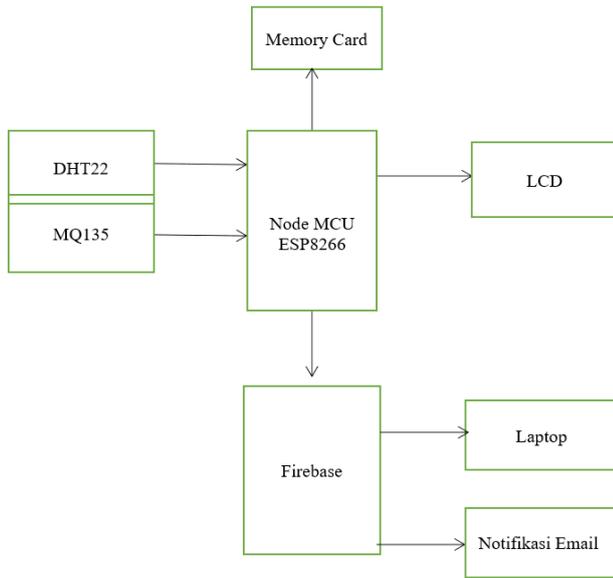
II. METODE



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tabel 1. Alat dan Bahan

NO.	Alat dan Bahan	Jumlah	Kegunaan
1.	Node MCU ESP8266	1 buah	Mikrokontroler
2.	Sensor DHT22	1 buah	Input
3.	Sensor MQ135	1 buah	Input
4.	Memory card	1 buah	Data logger
5.	LCD	1 buah	Display
6.	Kabel	Secukupnya	Konektor
7.	Power bank	1 buah	Power supply
8.	Multiplexer	1 buah	Konektor
9.	Saklar spst	1 buah	On/off
10.	Laptop	1 buah	Media perancangan
11.	Aplikasi Arduino IDE	1 buah	Pemrograman Arduino



Gambar 2 Diagram Blok Penelitian

Diagram blok penelitian pada Gambar 2 berisi beberapa komponen. Sensor MQ135 bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran kualitas udara di kawasan yang telah ditentukan dan juga sebagai input. Sensor DHT22 bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran suhu dan kelembapan di kawasan yang telah ditentukan dan juga berperan sebagai input. Data yang telah di proses oleh sensor DHT22 dan MQ135 dikirimkan ke Node MCU menggunakan aplikasi Arduino IDE menggunakan program yang telah diatur untuk mengolah data tersebut, dan kemudian setelah pemrograman selesai data disimpan di memory card.

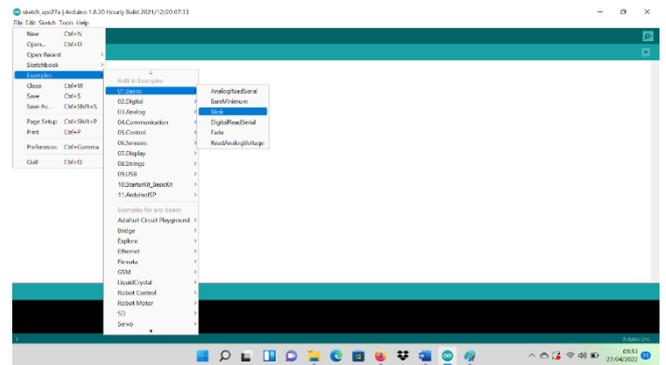
Memory card berfungsi sebagai alat penyimpanan data yang telah di proses oleh Sensor DHT22 dan MQ135 yang berfungsi sebagai data logger untuk bisa dilihat data nya secara real time. Node MCU juga mengirimkan data olahannya ke LCD yang bertujuan untuk memperlihatkan data tentang kualitas udara di kawasan tersebut agar orang orang yang berada dikawasan tersebut bisa melihatnya secara langsung.

Untuk hal selanjutnya data olahan dari Node MCU di integrasikan ke firebase untuk menjadi sebuah database realtime. Firebase yang telah mendapatkan data dari kedua sensor yang telah di olah melalui Node MCU mengintegrasikan kepada Email yang berupa notifikasi kualitas udara yang menyatakan tercemar atau tidaknya dikawasan yang telah ditentukan untuk membuka notifikasi dari sebuah email menggunakan sebuah perangkat keras berupa laptop dan juga untuk bisa mengakses ke web firebase agar bisa melihat data menggunakan sebuah laptop.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui apakah mikrokontroler berfungsi dengan baik dan bisa melakukan pengukuran kualitas udara. Ada beberapa cara untuk melakukan pengujian yaitu dengan menyalakan LED untuk mengetahui mikrokontroler bekerja dengan baik, Pengecekan Komunikasi Serial, Pengecekan Pin, analog dan pengecekan terhubungnya mikrokontroler ke internet.

Pengujian menyalakan LED pada Gambar 3 pada dasarnya adalah untuk memeriksa pin digital mikrokontroler berfungsi dengan baik. Yaitu membuka aplikasi Arduino IDE, lalu pilih Examples, lalu pilih basics setelah itu pilih blink. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2.



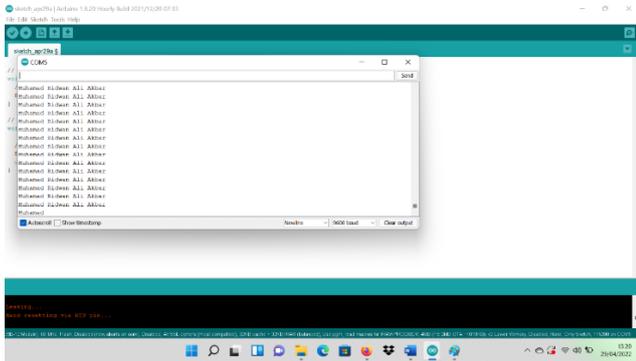
Gambar 3. Pengujian Menyalakan LED

Tabel 2. Hasil Pengujian Menyalakan LED

Pengujian ke-	ESP 8266		Keterangan
	Menyalakan LED	Mematikan LED	
1	Ya	Ya	Baik
2	Ya	Ya	Baik
3	Ya	Ya	Baik
4	Ya	Ya	Baik
5	Ya	Ya	Baik
6	Ya	Ya	Baik
7	Ya	Ya	Baik
8	Ya	Ya	Baik

Setelah melakukan pengujian menyalakan led seperti pada tabel 4 pada board esp 8266 maka mikrokontroler mampu menyalakan dan mematikan led seperti pada gambar 5 dan berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4 maka pin digital esp 8266 bisa disimpulkan berfungsi dengan baik.

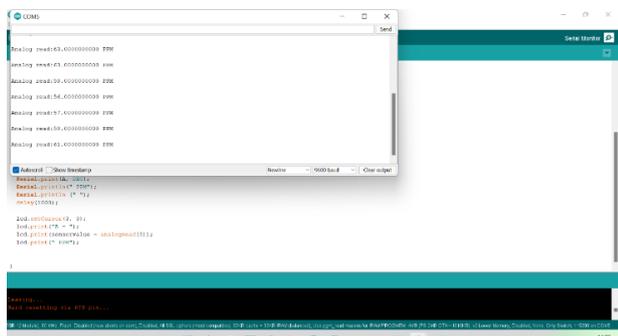
Pengujian Komunikasi Serial dilakukan antara esp 8266 dengan PC atau laptop, esp 8266 akan mengirim data ke PC melewati komunikasi serial. Berikut hasil dari komunikasi Serial di tunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Komunikasi Serial

Setelah melakukan Pengujian Komunikasi Serial mikrokontroler antara esp 8266 dan laptop, esp 8266 mampu mengirim data komunikasi serial ke pc dan pc mampu menerima data dari esp 8266 seperti pada Gambar 6. Hasil Komunikasi Serial. Bisa di simpulkan komunikasi serial esp 8266 berfungsi dengan baik.

Pengujian Pin Analog dilakukan untuk mengetahui Mikrokontroler esp 8266 bisa membaca data analog atau tidak dan juga untuk mengetahui Pin analog Mikrokontroler esp 8266 berfungsi dengan baik. Berikut hasil pengujian Pin Analog di tunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pembacaan analog menggunakan sensor MQ135

Setelah melakukan Pembacaan analog menggunakan sensor MQ135 ternyata esp 8266 bisa membaca data analog, pembacaan di uji dengan mengubah variable penempatan pada sensor dan esp 8266 mampu membaca data analog yang berbeda seperti yang di tunjukkan pada gambar 7 sehingga bisa di simpulkan bahwa esp 8266 bisa membaca nilai analog dengan baik.

Pengujian pembacaan pada sensor DHT pada Tabel 3 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor dengan Air Quality sensor Indor. Pengukuran di lakukan pada suhu ruangan yang berkisar 20°C-30°C. Nilai sensor dibandingkan dengan Air Quality sensor Indoor untuk mengetahui validitas nilai yang terbaca. Hasil pengukuran terdapat nilai asli dan nilai yang di ukur. Nilai asli adalah nilai yang berasal dari hasil ukur Air Quality sensor Indor dan nilai ukur adalah nilai yang berasal dari hasil ukur alat pada sistem yang diteliti.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor DHT22 pada Suhu Ruangan.

Pengujian Ke-	Pembacaan Sensor DHT (Suhu)	Pengukuran Air Quality sensor Indor (°C)	Error (%)
1	27.5	28	0.017
2	27.5	28	0.017
3	27.5	28	0.017
4	27.6	28	0.014
5	27.5	28	0.017
6	27.6	28	0.014
7	27.7	28	0.01
8	27.7	28	0.01
9	28	28	0
10	27.7	28	0.01
Rata - rata			0.013

Setelah dilakukan pengujian pembacaan sensor DHT dengan suhu ruangan, maka berdasarkan Tabel 4 menunjukkan bahwa pada saat pembacaan suhu pada ruangan didapatkan rata - rata error pembacaan sensor DHT suhu sebesar 0.013%. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor DHT ini sudah terkalibrasi dengan tingkat rata - rata error pembacaan terbesar yaitu 0.013% data tersebut tidak melebihi batas nilai toleransi 1% sehingga error pembacaan sensor DHT masih dapat ditoleransi.

Tabel 4. Hasil Pembacaan Humadity dengan Sensor DHT pada suhu ruangan.

Pengujian Ke-	Pembacaan Sensor DHT (Humadity)	Pengukuran Air Quality sensor Indoor (Humadity)	Error (%)
1	88	89	0,01
2	88	89	0,01
3	88	89	0,01
4	88	89	0,01
5	88	89	0,01
6	88	89	0,01
7	88	89	0,01

8	88	89	0,01
9	88	89	0,01
10	88	89	0,01
Rata - rata			0,01

Setelah dilakukan pengujian pembacaan sensor DHT dengan suhu ruangan, maka berdasarkan Tabel 6. menunjukkan bahwa pada saat pembacaan suhu pada ruangan didapatkan rata - rata error pembacaan sensor DHT Humadity sebesar 0,01%, Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor DHT ini sudah terkalibrasi dengan tingkat rata - rata error pembacaan terbesar yaitu 0,01% data tersebut tidak melebihi batas nilai toleransi 1% sehingga error pembacaan sensor DHT masih dapat ditoleransi.

Pengujian pembacaan pada sensor MQ135 dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor dengan Air Quality sensor Indoor pada ruangan. Kadar normal karbon dioksida di udara adalah 300ppm sampai dengan 600ppm. Dalam pengukuran terdapat nilai asli dan nilai yang diukur. Nilai asli adalah nilai yang berasal dari hasil ukur Air Quality sensor Indoor dan nilai ukur adalah nilai yang berasal dari hasil ukur alat pada sistem yang diteliti. persen error untuk data dari Tabel 5 dihitung menggunakan persamaan 2. Berikut hasil pembacaan sensor yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pembacaan MQ135 Dengan Pengukuran Air Quality Sensor Indoor.

Pengujian Ke-	Pembacaan Sensor MQ135(CO ₂)	Pengukuran Air Quality sensor Indoor (CO ₂)	Error (%)
1	439.32	440	0.0015
2	439.80	440	0.00045
3	439.55	440	0.001
4	439.55	440	0.001
5	439.32	440	0.0015
6	439.42	440	0.0013
7	439.85	440	0.0003
8	439.85	440	0.0003
9	439.55	440	0.001
10	439.55	440	0.001
Rata - rata			0.000935

Setelah dilakukan pengujian pembacaan sensor MQ135 di dalam ruangan, maka berdasarkan Tabel 7 menunjukkan bahwa pada saat pembacaan CO₂ pada ruangan didapatkan rata - rata error pembacaan sensor MQ135 sebesar 0.000935%, Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor MQ135 ini sudah

terkalibrasi dengan tingkat rata - rata error pembacaan terbesar yaitu 0.000935% sehingga error data tersebut tidak melebihi batas nilai toleransi 1% pembacaan sensor MQ135 masih dapat ditoleransi.

Tabel 6. Kadar CO Menurut ISPU

Kategori	ISPU
Baik	0-50
Sedang	51-100
Tidak Sehat	101-199
Sangat Tidak Sehat	200-299
Berbahaya	>300

Berdasarkan data Tabel68 tersebut kita akan membandingkan pengukuran kadar CO di Ciamis dengan menggunakan sistem yang telah penulis buat dengan perbandingan dengan ISPU sehingga kita bisa mengetahui kadar pencemaran udara di Ciamis .

Tabel 7. Kadar CO dan Nilai ISPU di Terminal Ciamis.

No	Waktu Pengujian	Tanggal Pengujian	Kadar CO ppm	ISPU	Keterangan
1	(08:00-16:00)	11 juli 2022	6.70 ppm	67	Sedang
2		11 juli 2022	6.27 ppm	62,7	Sedang
3		11 juli 2022	6.70 ppm	67	Sedang
4		11 juli 2022	7.70 ppm	77	Sedang
5		11 juli 2022	7.70 ppm	77	Sedang
6		11 juli 2022	6.27 ppm	62,7	Sedang
7		11 juli 2022	6.27 ppm	62,7	Sedang
8		11 juli 2022	6.07 ppm	60.7	Sedang
rata-rata		11 juli 2022	6,71 ppm	67,1	Sedang

Berdasarkan data Tabel 7, maka dilakukan perhitungan nilai ISPU menggunakan persamaan 1. Hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai CO pada Kawasan Terminal Ciamis mempunyai rata rata 6,71ppm. Sedangkan perhitungan nilai rata rata ISPU CO untuk Alun Alun Ciamis menurut persamaan 1:

$$I = \frac{(Ia-Ib)}{(Xa-Xb)}(Xx - Xb) + Ib \quad (1)$$

$$I = \frac{(100 - 50)}{(10 - 5)}(6,71 - 5) + 50 = 67,1$$

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dalam pengukuran waktu 8 jam yang telah ditentukan memiliki nilai rata rata ISPU CO yaitu 67,1. Maka dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengukuran kualitas udara di Kawasan Terminal Ciamis menggunakan metode perbandingan nilai ISPU bekerja dengan baik dan hasil kualitas udara dikawasan tersebut sesuai pada tabel 8 diantara 51-100 dikategorikan kualitas udaranya sedang.

Tabel 8. Kadar CO dan Nilai ISPU di Alun-Alun Ciamis.

No	Waktu Pengujian	Tanggal Pengujian	Kadar CO ppm	ISPU	Keterangan
1	(08:00-16:00)	12 Juli 2022	6.97 ppm	69,7	Sedang
2		12 Juli 2022	6.97 ppm	69,7	Sedang
3		12 Juli 2022	6.97 ppm	69,7	Sedang
4		12 Juli 2022	7.97 ppm	79,7	Sedang
5		12 Juli 2022	7.35 ppm	73,5	Sedang
6		12 Juli 2022	6.47 ppm	64,7	Sedang
7		12 Juli 2022	6.57 ppm	65,7	Sedang
8		12 Juli 2022	6.88 ppm	68,8	Sedang
rata-rata		12 Juli 2022	6,19 ppm	61,9	Sedang

Berdasarkan data Tabel 8, maka dilakukan perhitungan nilai ISPU menggunakan persamaan 1. Hasil perhitungan didapatkan bahwa nilai CO pada Kawasan Alun-Alun Ciamis mempunyai rata rata 6,71ppm. Sedangkan perhitungan nilai rata rata ISPU CO untuk Alun Alun Ciamis menurut persamaan 2:

$$I = \frac{(Ia-Ib)}{(Xa-Xb)}(Xx - Xb) + Ib \quad (2)$$

$$I = \frac{(100 - 50)}{(10 - 5)}(6,19 - 5) + 50 = 61,9$$

Dari tabel di atas di ketahui bahwa dalam pengukuran waktu 8 jam yang telah ditentukan memiliki nilai rata rata ISPU CO yaitu 61,9. Maka dengan demikian dapat disimpulkan bahwa hasil dari pengukuran kualitas udara di Kawasan Alun-Alun Ciamis menggunakan metode perbandingan nilai ISPU bekerja dengan baik dan hasil kualitas udara dikawasan tersebut sesuai pada tabel 8, diantara 51-100 dikategorikan kualitas udaranya sedang.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan. Sistem mendeteksi kadar CO di Terminal Ciamis masih sesuai yaitu 6,71 ppm, dan kadar CO di Alun Alun Ciamis masih sesuai yaitu 6,19 ppm. Sehingga bisa di katakan kualitas udaranya sedang. Sistem yang di buat telah mampu membaca parameter CO di Alun Alun Ciamis dengan nilai ISPU 61.9 dan di Terminal Ciamis dengan nilai ISPU 67,1 dan kita bisa membandingkannya dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang berada diantara nilai 51-100 dan di kategorikan kualitas udara nya yaitu sedang.

REFERENSI

- 1) Apriawati, E., & Kiswandono, A. A. (2017). Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen. Analit: Analytical and Environmental Chemistry, 2(1), 42-51.
- 2) Fadli, I., & Safrianti, E. (2020). Pembangunan Sistem Monitoring Kualitas Udara dan Gas dalam Ruang dengan Platform IoT dan Notifikasi via Android. Jom FTEKNIK, 7(2), 1-8.
- 3) Gessal, C. I., Lumenta, A. S., & Sugiarsa, B. A. (2019). Kolaborasi Aplikasi Android Dengan Sensor MQ-135 Melahirkan Detektor Polutan Udara. Jurnal Teknik Informatika, 14(1), 109-120.
- 4) Ilhami, M. (2017). Pengenalan Google Firebase Untuk Hybrid Mobile Apps Berbasis Cordova. Jurnal IT CIDA, 3(1), 16-29.
- 5) Prahardis, R., Syauqi, D., & Akbar, S. R. (2018). Implementasi Sistem Monitoring Polusi Udara Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara Dengan Pemodelan Finite State Machine. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, 2(9), 3128-3137.
- 6) Putra, D. A., Ramadani, T., Wicaksono, A. D., & Triwiyatno, A. (2019). Sistem Pendeteksi Kadar Gas Methana (CH4) Berbasis IOT Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Sensor Gas MQ-5. TRANSIENT, 8(2), 181-186.
- 7) Simatupang, G. H., Sompie, S. R., & Tulung, N. M. (2015). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kadar Alkohol Melalui Ekshalasi Menggunakan Sensor TGS2620 Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 4(7), 15-24.
- 8) Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. (2016). Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 5(3), 13-23.
- 9) Rahayu, A. U. (2021). Sistem Monitoring Perilaku Pengendara Mobil Berbasis Internet of Things. JITCE (Journal of Information Technology and Computer Engineering), 5(01), 18-24.
- 10) Firmansyah, M. S. N., Muhajar, A., Chobir, A., & Rahayu, A. U. (2022). Sistem Kendali dan Monitoring Infus Berbasis Internet of Things. Journal of Applied Electrical Engineering, 6(1), 10-16.