

Rancang Bangun Alat Monitoring Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Berbasis Internet Of Things (Iot)

Salman¹⁾, Amirah²⁾

¹⁾Sistem Informasi Universitas Dipa Makassar, ²⁾Teknik Informatika Universitas Dipa Makassar
Email : salmanhannake@gmail.com¹⁾, amirah01.am@gmail.com²⁾

Abstrak

Udara yang bersih merupakan salah satu unsur yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk kelangsungan hidupnya. Pertumbuhan dan perkembangan teknologi yang sangat pesat pada saat ini terutama dalam dunia industri akan berpengaruh terhadap kualitas udara yang ada disekitarnya. Kawasan industri merupakan salah satu Kawasan dimana aktifitasnya banyak menghasilkan polusi udara sehingga kualitas udara pada wilayah tersebut mudah tercemar sehingga akan berdampak buruk terhadap kehidupan disekitarnya. Salah satu lokasi yang menjadi objek penelitian adalah Kawasan pabrik semen tonasa khususnya pada area parkir kendaraan proyek. Banyaknya kendaraan proyek yang keluar masuk area parkir tersebut tentu akan menimbulkan polusi udara terutama dari asap kendaraan tersebut sehingga udara pada wilayah parkir sangat rentan akan menimbulkan gangguan kesehatan terhadap orang yang beraktifitas disekitarnya. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dirancang suatu alat yang dapat monitoring kualitas udara pada wilayah pabrik menggunakan mikrokontroller berbasis Internet Of Things. Alat ini mampu mendeteksi emisi gas pembuangan yaitu CO, dan CO₂ di sekitar kawasan pangkalan mobil proyek PT. Semen Tonasa sehingga dapat memberikan informasi kepada masyarakat sekiranya mengenai kualitas udara disekitarnya. Dari hasil pengujian beberapa sampel udara dengan waktu berbeda maka diperoleh nilai CO = 1452,8 PPM, dan CO₂ = 27,17 PPM. Dengan kata lain udara di tempat tersebut berada di kategori udara yang sangat berbahaya berdasarkan level ISPU yang sudah ditetapkan. Informasi ini akan dikirim ke website agar pengguna bisa mengetahui kualitas udara di tempat tersebut secara Real-Time dan dapat ditindak lanjuti oleh pihak perusahaan.

Kata kunci: CO, CO₂, Mikrokontroller, IoT

Abstract

Clean air is one element that is needed by living things for their survival. The very rapid growth and development of technology at this time, especially in the industrial world, will affect the quality of the surrounding air. The industrial area is one of the areas where the activities produce a lot of air pollution so that the air quality in the area is easily polluted so that it will have a bad impact on the life around it. One of the locations that is the object of research is the Tonasa cement factory area, especially in the project vehicle parking area. The number of project vehicles entering and leaving the parking area will certainly cause air pollution, especially from the fumes of the vehicle so that the air in the parking area is very vulnerable to causing health problems for people who are active around it.

To overcome this problem, a tool is designed that can monitor air quality in the factory area using a microcontroller based on the Internet of Things. This tool is able to detect exhaust gas emissions, namely CO, and CO₂ around the PT. Semen Tonasa so that it can provide information to the surrounding community about the air quality around it

From the test results of several air samples at different times, the values of CO = 1452.8 PPM and CO₂ = 27.17 PPM were obtained. In other words, the air in that place is in the category of very dangerous air based on the ISPU level that has been set. This information will be sent to the website so that users can find out the air quality in that place in real-time and can be followed up by the company.

Keywords: CO, CO₂, Mikrokontroller, IoT

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi terutama dalam bidang industri sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia diantaranya yaitu yang berhubungan dengan polusi udara yang dihasilkan oleh setiap aktifitas manusia. Faktor terbesar yang menyebabkan polusi udara meningkat adalah dengan meningkatnya jumlah kendaraan menyebabkan mobilitas masyarakat dalam melaksanakan aktifitas semakin lancar. Polutan

yang dikeluarkan oleh kendaraan antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NOx), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO₂). Dari beberapa jenis polutan ini, karbon monoksida (CO) merupakan salah satu polutan yang paling banyak yang dihasilkan oleh kendaraan.[1],[2] Polutan CO yang dikeluarkan oleh kendaraan memberi dampak negatif bagi kesehatan manusia. Kawasan pabrik semen tonasa khususnya pada area parkir kendaraan royek banyak kendaraan proyek yang keluar masuk area pangkalan, tentu akan menimbulkan polusi udara terutama dari asap kendaraan tersebut sehingga udara pada wilayah parkir sangat rentan akan menimbulkan gangguan kesehatan terhadap masyarakat yang beraktifitas disekitarnya. satunya solusi dari permasalahan tersebut adalah membuat alat yang dapat monitoring kualitas udara di area yang tercemar polusi udara berbasis Internet Of Things (IoT) sehingga masyarakat mendapatkan informasi kualitas udara secara Real-Time di mana saja dan kapan saja selama mereka terhubung dengan internet pada smartphone[3], [4].

A. Kualitas Udara

Indeks Kualitas Udara merupakan gambaran atau nilai hasil transformasi parameter-parameter (indikator) individual polusi udara yang berhu-bungan menjadi suatu nilai sehingga mudah dimengerti oleh masyarakat awam. IKU dihitung berdasarkan emisi dari dua polutan udara yaitu karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Kedua jenis polutan ini dijadikan sebagai komponen indeks kualitas udara karena pengaruh keduanya yang sangat signifikan terhadap kehidupan manusia[5], [6].

Tabel 1 Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) serta dampak kesehatan

ISPU	Pencemaran Udara Level	Dampak kesehatan
0 - 50	Baik	tidak memberikan dampak bagi kesehatan manusia atau hewan.
51 - 100	Sedang	tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang peka.
101 - 199	Tidak Sehat	bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang peka atau dapat menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
200 - 299	Sangat Tidak Sehat	kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
300 - 500	Berbahaya	kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi (misalnya iritasi mata, batuk, dahak dan sakit tenggorokan).

Adapun langkah-langkah untuk menghitung nilai ISPU pada udara :

1. Mengubah nilai ADC sensor ke nilai PPM. Berikut adalah rumus yang digunakan :

$$VRL = \frac{(Sensor\ Value \times VLL)}{1024} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_s = \left(\frac{VCC \times RL}{VRL} \right) - RL \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{R_s}{R_o} = 1 \dots\dots\dots(3)$$

$$PPM = Sensor\ Value \times \left(\frac{R_s}{R_o} \right)^{-1.53} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

Sensor Value	= Nilai Analog pada sensor.
VCC	= Tegangan kerja sensor (5V).
R _s	= Resistansi sensor pada berbagai konsentrasi gas.
R _o	= Resistansi sensor pada udara bersih.
RL	= Resistansi beban sensor (1000 Ω).
VRL	= Nilai Voltase sensor.
PPM	= Konsentrasi Gas.[7], [8]

2. Menghitung nilai ISPU yang didapatkan dengan mengacu pada table batas indeks standar pencemar udara dalam satuan Si.

Tabel 2 Batas Indeks Standar Pencemar Udara Dalam Satuan Si

Indeks Standar Pencemar Udara	24 Jam PM10 µg/m3	24 Jam SO2 µg/m3	8 Jam CO µg/m3	1 Jam O3 µg/m3	1 Jam No2 µg/m3
10	50	80	5	120	(2)
100	150	365	10	235	(2)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57.5	1200	3750

Adapun rumus menghitung ISPU di antaranya :

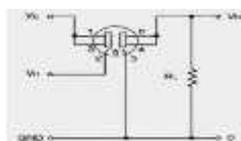
$$I = \frac{Ia - Ib}{Xa - Xb} (Xx - Xb) + Ib \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan :

- I = ISPU terhitung.
- Ia = ISPU batas atas.
- Ib = ISPU batas bawah.
- Xa = Ambien batas atas.
- Xb = Ambien batas bawah.
- Xx = Kadar ambien nyata hasil pengukuran (µg/mg³)

B. Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Sensor ini memiliki sensitivitas yang tinggi dan waktu respon yang cepat. Output sensor berupa resistansi analog. Rangkaian drivennya pun sangat sederhana, yang dibutuhkan hanya suplai daya 5V untuk heater coil, menambahkan resistansi beban (RL), dan menghubungkan output ke ADC[9], [10].



Gambar 1 Rangkaian Sensor MQ-7

Pada dasarnya prinsip kerja dari sensor MQ-7 adalah mendeteksi keberadaan gas-gas yang dianggap mewakili asap kendaraan yang mengandung gas karbon monoksida atau CO. Ketika sensor mendeteksi gas maka resistansi elektrik sensor akan menurun. Didalam sensor memiliki suatu penyerap keramik yang berfungsi untuk melindungi dari debu atau gas yang tidak diketahui. Heater pada sensor ini berfungsi sebagai pemicu sensor untuk dapat mendeteksi gas yang diharapkan setelah diberikan tegangan. Adapun spesifikasi pada sensor MQ-7 diantara lain :

Tabel 3 Spesifikasi sensor MQ-7

Komponen	Spesifikasi
VC / (Tegangan Rangkaian)	5V±0.1
VH (H) / Tegangan Pemanas (Tinggi)	5V±0.1
VH (L) / Tegangan Pemanas (Rendah)	1.4V±0.1
RL / Resistansi Beban	Dapat disesuaikan
RH / Resistansi Pemanas	33 ±5%
TH (H) Waktu Pemanasan (Tinggi)	60±1 seconds
TH (L) Waktu Pemanasan (Rendah)	90±1 seconds
PH Konsumen Pemanasan	Sekitar 350mW

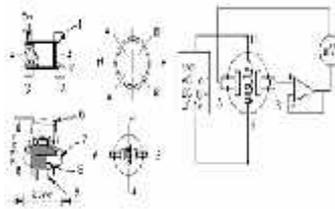
Adapun Pin pada sensor MQ-7 diantara lain :

Tabel 4 Pin pada Sensor MQ-7

No. PIN	PIN Name	Deskripsi
1	Vcc	Digunakan untuk menyalakan sensor, umumnya tegangan operasi +5V.
2	Ground	Digunakan untuk menghubungkan ke sistem.
3	H-Pin	Terhubung dengan rangkaian pengendali heater.
4	A-Pin	Terhubung dengan tegangan catu daya 5 Volt.
5	B-Pin	Terhubung dengan rangkaian pengkondisi sinyal.

C. Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah sebuah sensor kimia atau sensor gas. Sensor ini mempunyai nilai resistansi R_s yang akan berubah bila terkena gas dan juga mempunyai sebuah pemanas (*heater*) digunakan untuk membersihkan ruangan sensor dari kontaminasi udara luar.



Gambar 2 Rangkaian Sensor MQ-135

Prinsip kerja dari alat ini hampir sama saja dengan prinsip kerja MQ-7. Tapi khusus MQ-135 mempunyai sensitifitas yang tinggi dalam mendeteksi keberadaan-keberadaan gas yang mengandung senyawa CO₂. Ketika sensor mendeteksi gas maka resistansi elektrik sensor akan menurun. Didalam sensor memiliki suatu penyerap keramik yang berfungsi untuk melindungi dari debu atau gas yang tidak diketahui. Heater pada sensor ini berfungsi sebagai pemicu sensor untuk dapat mendeteksi target gas yang diharapkan setelah diberikan tegangan 5 Volt. Adapun spesifikasi pada sensor MQ-135 diantara lain :

Tabel 5 Spesifikasi sensor MQ-135

Komponen	Spesifikasi
VC / (Tegangan Rangkaian)	5V±0.1
VH (H) / Tegangan Pemanas (Tinggi)	5V±0.1
VH (L) / Tegangan Pemanas (Rendah)	1.4V±0.1
RL / Resistansi Beban	Dapat disesuaikan
RH / Resistansi Pemanas	33 ±5%
TH (H) Waktu Pemanasan (Tinggi)	60±1 seconds
TH (L) Waktu Pemanasan (Rendah)	90±1 seconds
PH Konsumen Pemanasan	Sekitar 800mW

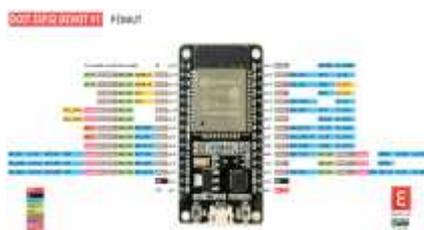
Pin pada sensor MQ-135 sebagai berikut :

Tabel 6 Pin Sensor MQ-135

No. PIN	PIN Name	Deskripsi
1	Vcc	Digunakan untuk menyalakan sensor, umumnya tegangan operasi +5V
2	Ground	Digunakan untuk menghubungkan ke sistem.
3	Digital Out	Digunakan untuk mendapatkan nilai digital dari pin
4	Analog Out	Pin keluaran untuk tegangan analog berdasarkan intensitas gas
5	H-Pin	Dari dua Pin H, satu Pin untuk koneksi ke daya dan satu lagi ke Ground
6	A-Pin	Pin A dan B dapat ditukar. Pin ini akan terikat pada tegangan yang masuk.
7	B-Pin	3031. Pin A dan Pin B dapat ditukar. Satu pin sebagai output sementara yang lain akan ditarik oleh Ground

D. Mikrokontroler ESP-32

Mikrokontroler ESP-32 merupakan penerus mikrokontroler ESP8266, memiliki catu daya rendah dan hemat biaya dengan chip Wi-Fi yang terintegrasi, kemampuan mode ganda *Bluetooth* menjadikan ESP-32 ini lebih serbaguna. ESP-32 Kompetibel dengan perangkat seluler dan aplikasi menggunakan fitur IoT (Internet Of Things). ESP-32 juga dapat diprogramkan menggunakan perangkat Arduino.



Gambar 3 Mikrokontroler ESP32

Prinsip kerja dari alat ini yaitu menerima output data analog sensor, kemudian akan memproses data yang masuk untuk ditampilkan di LCD. Dengan menghubungkan jaringan Wifi yang aktif. Adapun spesifikasi pada Mikrokontroler ESP-32 yaitu:

Tabel 7 Spesifikasi Mikrokontroler ESP-32

Komponen	Spesifikasi
MCU	Xtensa ® Dual-Core 32-bit LX6 600 DMIPS
802.11 b/g/n Wi-Fi	Ya, HT40
Bluetooth	Bluetooth 4.2 dan ke bawah
Typical Frequency	160 MHz
SRAM	512 kBytes
Flash	Up to 16 MBytes
GPIO	36
Hardware/Software PWM	1/16 Channel
SPI/I2C/I2S/UART	4/2/2/2
ADC	12-bit
CAN	1
Ethernet MAC Interface	1
Touch Sensor	Yes
Temperatur Sensor	Yes
Working Temperatur	- 40 °C - 125 °C

E. Internet of Things

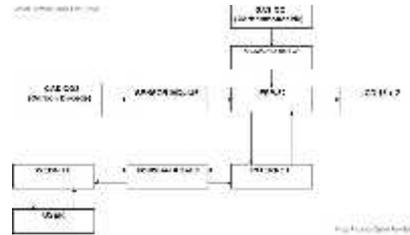
IoT (Internet of Thing) dapat didefinisikan dengan kemampuan beberapa perangkat atau device yang dapat saling berkomunikasi, terhubung dan bertukar data melalui jaringan internet. IoT merupakan sebuah teknologi komunikasi yang memungkinkan adanya pengendalian, komunikasi, kerjasama dengan berbagai perangkat – perangkat keras, berkomunikasi data melalui jaringan internet. Sehingga bisa disimpulkan bahwa Internet of Things (IoT) ialah ketika kita menyambungkan atau menghubungkan sesuatu (things), yang tidak dioperasikan oleh manusia, ke internet.

Dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah benda di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat dikali di sistem komputer dan dapat di representasikan dalam bentuk data di sebuah sistem komputer. Pada awal-awal implementasi gagasan IoT pengenalan yang digunakan agar benda dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer adalah dengan menggunakan kode batang (Barcode), Kode QR (QR Code) dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangannya sebuah benda dapat diberi pengenalan berupa IP address dan menggunakan jaringan internet untuk bisa berkomunikasi dengan benda lain yang memiliki pengenalan IP address[11], [12].

2. Metode Penelitian

Analisis Perancangan

Untuk memudahkan pembuatan secara keseluruhan, maka dibuat blok diagram keterhubungan antara perangkat keras dan perangkat lunak pada system ini diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4 Blok Diagram Rancangan Alat

Perancangan Perangkat Keras

Dalam Implementasi perancangan perangkat keras ini terdiri dari rangkaian minimum Mikrokontroler, sensor gas untuk mendeteksi kualitas udara di lingkungan sekitar, LCD untuk menampilkan tingkat kualitas udara di lingkungan sekitar. Adapun di bawah ini dijelaskan perancangan perangkat keras untuk sistem desain alat monitoring kualitas udara menggunakan mikrokontroler ESP-32, sensor gas MQ-7 dan MQ-135, dan LCD. Keseluruhan sistemnya dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 5 Skematik Rangkaian Perancangan Alat

Perancangan Perangkat Lunak

Pemilihan Software IDE Arduino di dalam perancangan perangkat lunak ini karena kemudahan proses coding yang dapat mempermudah dalam penulisan program sebab setelah tersedia Library sebagai acuan dalam proses coding, serta settingan yang mudah pada saat program akan diupload pada perangkat kerasnya. Dengan model teknis berikut :

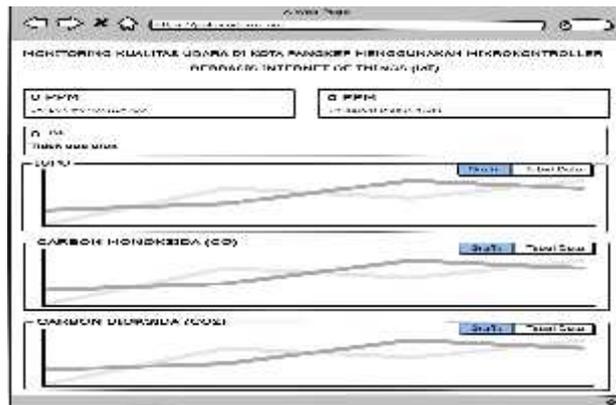
1. Program yang telah dibuat pada software IDE Arduino akan tersimpan dengan ekstensi Arduino file.
2. Proses Compiler akan dilakukan langsung setelah file telah tersimpan dan dapat dilihat apakah terjadi pesan *error*/tidak pada program.
3. Sebelum proses *upload* terlebih dahulu lakukan verifikasi terhadap program dan tipe modul Arduino yang sesuai.
4. Dengan begitu program yang telah dibuat dan diupload siap untuk diujicobakan ke alat yang dibuat.

Rancangan Tampilan Website

Adapun rancangan tampilan *website* agar kualitas udara bisa dipantau oleh user diantaranya yaitu :

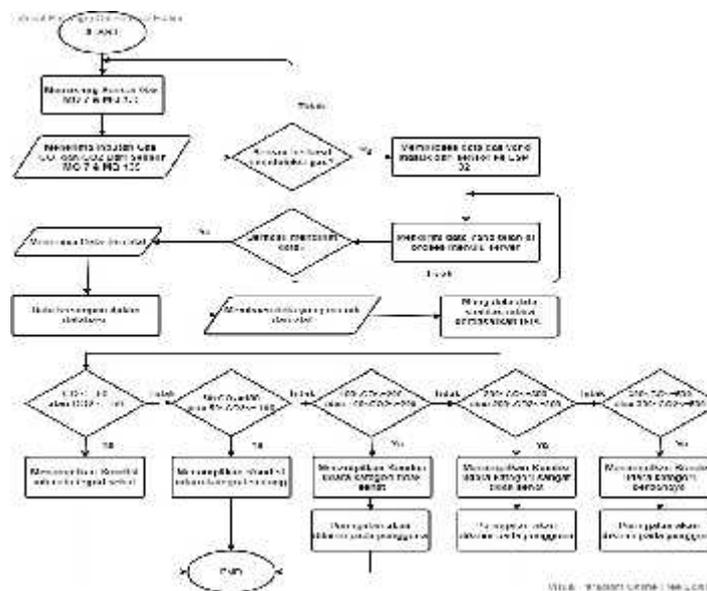


Gambar 6 Rancangan Tampilan Website Menampilkan Tabel Data



Gambar 4.5 Rancangan Tampilan Website Menampilkan Grafik Data

Flowchart



Gambar 4.6 Flowchart Cara Kerja Alat

Dalam kondisi awal sensor gas MQ-7 untuk gas CO dan MQ-135 untuk gas CO₂ dalam keadaan siap mendeteksi adanya gas. Pada saat kedua sensor tersebut mendeteksi adanya gas maka nilai yang dideteksi tersebut merupakan nilai analog sehingga ADC pada sensor CO dan sensor CO₂ akan bekerja mengubahnya ke nilai digital dimana nilai tersebut berupa nilai PPM yang akan diproses menjadi nilai ISPU. Selanjutnya nilai ISPU tersebut dikirim ke mikrokontroler ESP32 diproses untuk pembagian beberapa kategori tingkat kualitas udara sesuai dengan nilai ISPU seperti pada Tabel 1 dan hasilnya akan ditampilkan pada layar LCD secara realtime dan juga dikirim ke database website melalui media internet sehingga informasi yang dihasilkan dapat tersimpan secara permanen dan dapat dilihat sewaktu-waktu jika dibutuhkan. jika nilai dari ISPU CO, dan CO₂ memasuki kondisi udara kategori tidak sehat sampai kategori udara berbahaya maka akan muncul peringatan untuk pengguna pada warga sekitar area parkir.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian Perangkat Lunak

Tabel 8 Pengujian Alat Dengan Metode Black Box

No.	Pengujian	Keterangan	Hasil
1	Sensor MQ-7	Mampu mendeteksi gas senyawa CO	Sesuai
2	Sensor MQ-135	Mampu mendeteksi senyawa CO ₂	Sesuai
3	LCD	Menampilkan data senyawa CO, CO ₂ , yang terdeteksi oleh sensor	Sesuai
4	ESP-32	Mampu mendeteksi Wifi yang aktif	Sesuai

Bukti



Tabel 9 Pengujian Halaman Utama Website Dengan Metode Black Box

No.	Pengujian	Keterangan	Hasil
1	Halaman utama	Mampu menampilkan halaman utama	Sesuai
2	Menampilkan data senyawa udara	Berhasil menampilkan data senyawa CO, CO ₂ yang ada pada alat secara real-time	Sesuai
3	Menampilkan ISPU	Berhasil menampilkan data ISPU	Sesuai

Screen Shot



Tabel 10 Pengujian Tombol Website Dengan Metode Black Box

No.	Pengujian	Keterangan	Hasil
1	Menekan tombol tabel	Berhasil menampilkan semua data senyawa CO, CO ₂ yang diambil dan Nilai ISPU yang tersimpan dalam Database	Sesuai
2	Menekan tombol grafik	Berhasil menampilkan grafik senyawa CO, CO ₂ yang diambil dan Nilai ISPU dari nilai data yang tersimpan dalam Database	Sesuai

Screen Shot



3.2. Pengujian Perangkat Keras

Berikut tabel hasil pengamatan pengukuran perangkat sensor MQ-7 untuk mendeteksi senyawa CO (Karbon Monoksida) dengan Jarak yang bervariasi seperti pada tabel 11

Tabel 11 Percobaan Deteksi Jarak Sensor MQ-7

Percobaan Sensor MQ-7	Jarak Sensor (cm)					
	25	50	75	100	125	150
1	37,05	15,12	1,83	1,65	-	-
2	16,71	23,30	2,95	1,28	-	-
3	20,68	15,39	1,19	0,27	-	-
4	17,77	12,26	2,34	0,11	-	-
5	18,08	12,19	2,46	1,07	-	-
6	20,26	20,54	2,06	0,52	-	-
7	30,85	13,89	2,05	0,72	-	-
8	25,07	25,88	1,75	0,91	-	-
9	24,28	19,82	2,42	1,16	-	-
10	35,98	20,89	2,77	1,35	-	-
Rata - Rata	24,65	18,33	2,18	0,90	-	-
	11,77					

Selanjutnya menghitung nilai ISPU dari nilai rata-rata PPM yang didapatkan

$$I_a = 200, I_b = 100, X_a = 17, X_b = 10, X_x = 11.7$$

$$I = \frac{200 - 100}{17 - 10} (11.7 - 10) + 100$$

$$I = \frac{100}{7} (101.7)$$

$$I = 1452.8$$

Dari perhitungan diperoleh nilai ISPU pada senyawa CO adalah 1452.8. Berdasarkan table ISPU maka senyawa CO masuk di kategori udara sangat berbahaya karena berada di atas level 500.

Pengujian kedua mendeteksi gas hasil sisa pembakaran yaitu CO₂ (Karbon Dioksida) dengan sensor MQ-135. Data hasil pengujian dengan beberapa variasi jarak dapat dilihat pada tabel 12 berikut:

Tabel 12 Percobaan Deteksi Jarak Sensor MQ-135

Percobaan Sensor	Jarak Sensor (cm)					
	25	50	75	100	125	150
1	800	558,8	70,42	11,42	-	-
2	1027	474,9	24,98	7,94	-	-
3	522,28	384,05	44,62	0,41	-	-
4	343,93	233,95	32,02	0,12	-	-
5	297,09	89,83	37,28	9,79	-	-
6	207,36	181,36	38,11	0,91	-	-
7	411,82	117,57	67,95	3,26	-	-
8	411,62	164,88	32,55	0,34	-	-
9	798,62	225,82	32,05	2,62	-	-
10	455,88	107,92	46,85	5,18	-	-
Rata - Rata	527,56	253,90	42,68	4,20	-	-
	207,09					

Untuk menghitung nilai ISPU dari nilai rata-rata PPM yang didapatkan

$$I_a = 200, I_b = 100, X_a = 1130, X_b = 0, X_x = 207.09$$

$$I = \frac{200 - 100}{1130 - 0} (207.09 - 0) + 100$$

$$I = \frac{100}{1130} (307.09)$$

$$I = 27.17$$

Dari perhitungan nilai ISPU pada senyawa CO₂ diperoleh nilai 27.17. Sesuai dengan Tabel 1 maka senyawa CO₂ berada pada kategori udara sehat karena berada di antara level 0-50 baik.

Dari data perhitungan pada kedua sensor di atas dapat disimpulkan bahwa udara di sekitaran kawasan pangkalan mobil pabrik Semen Tonasa termasuk kategori udara tidak sehat, karena senyawa dari CO sangat tinggi. Data hasil pembacaan sensor akan ditampilkan pada website secara real-time.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian yg dilakukan maka penulis dapat menarik kesimpulan yaitu :

1. Alat yg dibuat dapat mendeteksi kadar CO, dan CO₂ dari hasil gas buangan kendaraan di sekitar kawasan pangkalan mobil pabrik Semen Tonasa dengan jarak 1 meter dan waktu yang diperlukan untuk mengambil data yaitu setiap 10 detik.
2. Dari data hasil pengujian pada alat yang diolah dengan menggunakan rumus ISPU maka diperoleh nilai ISPU dari perhitungan untuk senyawa CO (Karbon Monoksida) mendapatkan nilai 1452.8 kategori udara tersebut berada di level yang berbahaya sedangkan untuk senyawa CO₂ (Karbon Dioksida) mendapatkan nilai 27.17 kategori udara sehat maka sesuai dengan aturan standar nilai ISPU dapat disimpulkan bahwa kategori udara pada area parkir kendaraan pabrik semen tonas dalam kondisi tidak baik karena nilai CO sangat tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Agasta Liandy. 2017. "Rancang Bangun Pemantauan Gas Berbahaya Dan Suhu Pada Ruangan Melalui Website Berbasis Arduino" *Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Malang*, (online), (<http://eprints.itn.ac.id/2577/>), diakses pada tanggal 4 Februari 2022).
- [2] Arya Prasetyo Bahar, 2018, "Rancang Bangun Alat Monitoring Polusi Udara Pada Kawasan Industri Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno", *Jurusan Otomasi Sistem Permesinan Politeknik ATI Makassar*, (online), (<http://sisformik.atim.ac.id/media/filejudul/447ARYA%20PRASETIYO%20BAHAR.pdf>), diakses 7 Februari 2022).
- [3] Auliati Nisa. 2018. "Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things Untuk Monitoring Konsentrasi CO Dan CO₂ Dalam Upaya Mendeteksi Kebakaran Hutan", *Fakultas Teknik UNHAS*, (online), (http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/MWNkY2M4ODA5NjViMzVIOGNiZDZhNzE2MzQyYWNiNGY3MGY4MWQ3Nw==.pdf), diakses pada tanggal 4 Februari 2022).
- [4] Damayani Panggabean, S.Pd, dkk 2020, "Mengenal Lichens Sebagai Bioindikator Pencemaran Udara Di Kawasan Kota Medan", Yayasan Kita Menulis, Medan.
- [5] Eka, Raka. 2016. "Monitoring Kadar CO Pada Cerobong Industri Melalui Website Dengan Komunikasi GPRS", *Teknik Elektro ITS*, (online), (<http://repository.its.ac.id/544/>), diakses 1 Februari 2022).
- [6] Fendi Ardiansyah dkk, 2018, "Sistem Monitoring Debu Dan Karbon Monoksida Pada Lingkungan Kerja Boiler Di Pt. Karunia Alam Segar", *Jurnal IKRA-ITH Teknologi Universitas Muhammadiyah Gresik*, Volume 2, Nomor 3, (online), (<https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-teknologi/article/view/333>), diakses pada 8 Februari 2022).
- [7] Jilly Haikal Islam, 2013, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Gas Co, Co₂ Dan So₂ Sebagai Informasi Pencemaran Udara", *Sistem Komputer STIKOM Surabaya* (online), (<https://123dok.com/document/6qm9ov7y-rancang-bangun-alat-pendeteksi-sebagai-informasi-pencemaran-udara.html>) diakses 15 Maret 2022).
- [8] Junaidi, Yulian Dwi Prabowo, 2018, "Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino", Aura, Bandar Lampung.
- [9] Maidasari Br Manurung, dkk, 2018, "Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ7", *Fakultas Teknik Universitas Telkom*, (online), (<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/6530/6430>), diakses 15 Maret 2022).
- [10] Syahwill, Muhammad, 2013, "Panduan Mudah Simulasi dan Praktik Mikokontroler Arduino", Andi Offset, Yogyakarta.
- [11] Sumardi, 2013, *Mikrokontroler: Belajar AVR Mulai dari Nol*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [12] Vidi Agung Fragastia, Iwan Fitrianto Rahmad, 2019, "Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Mendeteksi Kadar Alkohol Pada Pengendara Mobil", *Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama* (online), (<http://e-journal.potensi-utama.ac.id/ojs/index.php/IESM/article/view/514>), diakses 28 Maret 2022).