

# RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM MONITORING KARBON MONOKSIDA (CO) SECARA REAL TIME MENGGUNAKAN PROTOCOL MQTT BERBASIS INTERNET

Dendry Asharuddin<sup>1</sup>, Asril Basry<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Persada Indonesia Y.A.I  
Jl. Pangeran Diponegoro No. 74, Kenari, Senen, Jakarta Pusat

[dendry@gmail.com](mailto:dendry@gmail.com)<sup>1</sup>, [asril.basry@basrya.hotmail](mailto:asril.basry@basrya.hotmail)<sup>2</sup>

## *Abstrak*

Basement sebuah gedung perusahaan merupakan tempat yang paling banyak terpapar oleh polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang parkir ditempat tersebut. Jika pembuangan aliran udara di gedung perusahaan ini tidak berjalan maka dapat dipastikan bahwa gas polutan yang dihasilkan akan mencemari lingkungan sekitar. Gas karbon monoksida merupakan salah satu gas yang berbahaya bagi kesehatan tubuh manusia yang umumnya didapatkan dari kendaraan bermotor. Dalam hal ini dibutuhkan suatu alat yang dapat mendeteksi kadar karbon monoksida secara real time. Alat untuk mendeteksi gas karbon monoksida yang dibuat dalam penelitian ini menggunakan protocol MQTT yang berbasis internet yang dapat dilihat secara real time. Hasil yang diperoleh berupa data yang disimpan pada database dan akan ditampilkan pada website [comonitoring.com](http://comonitoring.com) yang dapat digunakan untuk memonitoring paparan kadar gas karbon monoksida yang ada secara real time.

**Kata kunci:** Karbon Monoksida, Protocol MQTT, real time

## **1.1. Latar Belakang**

Kesehatan tenaga kerja dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah lingkungan tempat kerja. Menurut Undang-Undang No. 1 tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, tempat kerja adalah tiap ruangan atau lapangan tertutup, terbuka, bergerak ataupun tetap dimana tenaga kerja bekerja, atau yang sering dimasuki tenaga kerja untuk keperluan suatu usaha serta terdapat sumber-sumber bahaya. Lingkungan kerja merupakan tempat terdapatnya sumber bahaya, salah satunya adalah pencemaran atau pengotoran udara yang pada umumnya disebut sebagai polusi udara. Masalah pengotoran udara sudah lama menjadi masalah kesehatan pada masyarakat, terutama di negara-negara industry yang banyak memiliki pabrik dan kendaraan bermotor termasuk Indonesia (Chandra, 2007). Diketahui bahwa udara merupakan zat yang paling penting setelah air dalam memberikan kehidupan di permukaan bumi ini. Sumber polusi udara yang utama selama ini berasal dari transportasi dimana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon (HC). Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada (Fardiaz, 2008).

Telah lama diketahui bahwa kontak antara manusia dengan CO pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian (Fardiaz, 2008). Dilaporkan banyak terjadi keracunan CO setiap tahunnya berupa kasus kematian, baik keracunan karena kecelakaan atau bahkan dijadikan salah satu metode bunuh diri dan pembunuhan, di dalam rumah atau garasi mobil maupun pencemaran oleh gas pembuangan industry. Di Dunia diperkirakan 1500 orang mati setiap tahunnya karena CO. Berkaitan dengan karakteristik CO yang afinitasnya terhadap hemoglobin 250-300 kali lebih kuat daripada afinitas oksigen, CO akan membentuk ikatan karboksihemoglobin, sehingga menghambat distribusi oksigen ke jaringan tubuh (Anggraeni, 2009). Tetapi, ternyata kontak dengan CO pada konsentrasi relatif rendah (100 ppm atau kurang) juga dapat mengganggu kesehatan (Fardiaz, 2008). Penyediaan Oksigen berpengaruh terhadap kecepatan pemulihan fungsi otot. Kekurangan Oksigen berpengaruh terhadap kecepatan pemulihan fungsi otot. Kekurangan Oksigen dan adanya penimbunan hasil-hasil metabolit dapat menyebabkan terjadinya kelelahan otot Menurut Suma'mur P.K (2009), kelelahan otot merupakan salah satu

jenis dari kelelahan kerja. Sedangkan kelelahan kerja terbukti memberikan kontribusi lebih dari 50% dalam kecelakaan kerja ditempat kerja. (Mauris, 2011).

PT. Prodia Widyahusada merupakan perusahaan yang bergerak dibidang laboratorium kesehatan yang berlokasi di pusat Ibukota Jakarta yaitu di Jalan Kramat Raya No. 150 Jakarta Pusat. Dalam lingkungan tempat kerja untuk sebuah perusahaan kesehatan PT. Prodia Widyahusada ini berlokasi di lingkungan yang sangat padat lalu lintas dan berpotensi terpapar oleh polusi udara salah satunya gas CO. Hal ini berdampak pada lingkungan kerja para karyawan PT. Prodia Widyahusada tersebut dimana salah satu unit kerja pada perusahaan tersebut bekerja di basement gedung tersebut. Seperti yang diketahui bahwa basement sebuah gedung perusahaan merupakan tempat yang paling banyak terpapar oleh polusi udara yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yang parkir ditempat tersebut. Jika pembuangan aliran udara di gedung perusahaan ini tidak berjalan maka dapat dipastikan bahwa gas polutan yang dihasilkan akan mencemari lingkungan sekitar.

Kondisi yang terjadi saat ini telah dilakukan pengecekan kadar polusi udara pada lingkungan basement PT. Prodia Widyahusada setiap 6 bulan sekali. Akan tetapi hasil yang diperoleh dari pengecekan ini belum berdampak signifikan dikarenakan pengecekan tidak dilakukan secara real time setiap hari sehingga tidak dapat dilakukan analisa perkembangan polusi udara secara sistematis.

Berkaitan hal tersebut maka penulis mengangkat permasalahan ini dengan judul "Rancang Bangun Prototipe sistem Monitoring karbon monoksida (CO) secara real time menggunakan protocol MQTT berbasis internet".

## 1.2. Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari latar belakang diatas dapat disimpulkan beberapa pokok permasalahan yaitu :

1. Bagaimana merancang sebuah Prototipe sistem Monitoring karbon monoksida (CO) secara real time?
2. Bagaimana Prototipe sistem Monitoring karbon monoksida (CO) berjalan pada suatu perusahaan ?

## 1.3. Batasan Masalah

Dilihat dari rumusan masalah, batasan masalahnya adalah:

1. Dalam pembuatan Prototipe sistem Monitoring karbon monoksida (CO) keterbatasan pada alat.
2. Prototipe sistem Monitoring karbon monoksida (CO) menggunakan perangkat lunak bersifat open source.

## 1.4. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan penulisan ini adalah.

1. Menambah pengetahuan masyarakat dan perusahaan untuk sistem lebih modern.
2. Membuat Prototipe system yang akan dilanjutkan dengan real system.

## 1.5. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti sekelompok manusia, suatu objek, suatu metode yang mengemukakan masalah dengan mengumpulkan data-data yang disajikan untuk menggambarkan karakteristik suatu keadaan atau objek penelitian dan mengambil kesimpulan yang akan dilakukan.

Adapun teknik untuk pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- Wawancara (Interview) Merupakan suatu pengumpulan data yang dilakukan dengan cara tanya jawab atau dialog secara langsung dengan pihak-pihak yang terkait dengan penelitian yang dilakukan.
- Pengamatan (Observasi) Yaitu metode pengumpulan data dengan cara mengadakan tinjauan secara langsung ke objek yang diteliti. Untuk mendapatkan data yang bersifat nyata dan meyakinkan.
- Studi Pustaka untuk mendapatkan data-data yang bersifat teoritis maka penulis melakukan pengumpulan data dengan cara membaca dan mempelajari buku-buku, makalah ataupun referensi lain yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1. Prototipe

Prototipe adalah bentuk awal (contoh) atau standar ukuran dari sebuah entitas. Dalam bidang desain, sebuah prototipe dibuat sebelum dikembangkan atau justru dibuat khusus untuk pengembangan sebelum dibuat dalam skala sebenarnya atau sebelum diproduksi secara massal.

### 2.2. Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil. Ukuran yang sangat kecil sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. Sensor merupakan bagian dari transducer yang berfungsi untuk melakukan sensing atau “merasakan dan menangkap” adanya perubahan energi eksternal yang akan masuk ke bagian input dari transducer, sehingga perubahan kapasitas energi yang ditangkap segera dikirim kepada bagian konverter dari transducer untuk diubah menjadi energi listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya.

### 2.3. Paparan Gas Karbon Monoksida (CO).

penecmaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau yang dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan mineral.

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
Bahan Partikel	0,001-0,02 mg/m <sub>3</sub>	0,07 - 0,7 mg/m <sub>3</sub>
SO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02 - 2 ppm
CO	<1ppm	5 - 200 ppm
NO <sub>2</sub>	0,003-0,02 ppm	0,02 - 0,1 ppm
CO <sub>2</sub>	310 -330 ppm	350 - 700 ppm
Hidrokarbon	<1ppm	1 - 20 ppm

Sumber polusi yang utama berasal dari transportasi, dimana hamper 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Polutan yang utama adalah karbon monoksida yang mencapai hampir setengahnya dari seluruh polutan udara yang ada.

Saat manusia menghirup udara untuk bernafas, maka udara yang mengandung oksigen, nitrogen, dan kemungkinan karbon monoksida serta gas lainnya akan tertarik ke dalam paru dan terus ke alveoli. Alveoli yang menyerupai kantung kecil, terbentuk dari lapisan sel tipis dan diperkuat oleh jaringan yang amat lembut. Di dalam alveoli inilah gas akan mengalami perubahan angkutan melalui udara berubah melalui sistem peredaran darah. Proses tersebut dikendalikan oleh hukum-hukum fisika yaitu suatu bentuk dari gas akan bergerak dari tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah. Dalam keadaan normal tekanan oksigen didalam alveoli akan lebih besar dari tekanan oksigen di dalam pembuluh darah. Dengan demikian, maka molekul oksigen menembus dinding jaringan dan terikat oleh molekul hemoglobin di dalam sel darah merah. Sebaliknya, beberapa gas mempunyai tekanan lebih tinggi di peredaran darah daripada di alveoli.

Karbon monoksida merupakan produk normal dari proses pemecahan dalam sel tubuh, yang mempunyai umur sekitar 120 hari. Hasil dari proses tersebut dinamakan hemekatabolisme, sedangkan harga normal dari karbon monoksida dalam darah sekitar 0,5%. Kadar ini akan meningkat apabila seseorang itu mendeita sakit. Gas oksigen dan karbon monoksida akan ditarik oleh zat besi dalam hemoglobin dan hemoglobin ini mempunyai daya ikat yang besar terhadap karbon monoksida. Karbon monoksida (CO) bersifat toksik atau racun karena dapat bereaksi dengan hemoglobin membentuk karbonmonoksihemoglobin dan COHb tidak dapat mengambil Oksigen.

### 2.4. Raspberry Pi

Raspberry Pi, sering disingkat dengan nama Raspi, adalah komputer papan tunggal (single-board circuit; SBC) yang seukuran dengan kartu kredit yang dapat digunakan untuk menjalankan program perkantoran, permainan komputer, dan sebagai pemutar media hingga video beresolusi tinggi. Raspberry Pi dikembangkan oleh yayasan nirlaba, Raspberry Pi Foundation, yang digawangi sejumlah pengembang dan ahli komputer dari Universitas Cambridge, Inggris.

Raspberry Pi memiliki dua model: model A dan model B. Secara umum Raspberry Pi Model B memiliki kapasitas penyimpanan RAM sebesar 512 MB. Perbedaan model A dan B terletak pada modul penyimpanan yang digunakan. Model A menggunakan penyimpanan sebesar 256 MB dan penyimpanan model B sebesar 512 MB. Selain itu, model B sudah dilengkapi dengan porta Ethernet (untuk LAN) yang tidak terdapat di model A.

Desain Raspberry Pi didasarkan pada SoC (system-on-a-chip) Broadcom BCM2835, yang telah menanamkan prosesor ARM1176JZF-S dengan 700 MHz, GPU VideoCore IV, dan RAM sebesar 256 MB (model B). Penyimpanan data tidak didesain untuk menggunakan cakram keras atau solid-state drive, melainkan mengandalkan kartu penyimpanan tipe SD untuk menjalankan sistem dan sebagai media penyimpanan jangka panjang

## 2.5. MQTT

Protokol MQTT merupakan protokol yang khusus di rancang untuk komunikasi "machine to machine" atau sederhananya untuk komunikasi dengan device atau mesin yang tidak memiliki alamat khusus. Protokol ini memiliki kemampuan publish dan subscribe sehingga dapat digunakan untuk komunikasi 2 arah baik antara server ataupun dengan device yang lain.

MQTT, Protokol Komunikasi Ringan untuk IoT. MQTT singkatan dari Message Queuing Telemetry Transport adalah protokol komunikasi ringan berbasis publish/subscribe yang dirancang khusus untuk komunikasi antar perangkat berdaya rendah. Protokol ini dirancang oleh Andy Stanford – Clark (IBM) dan Arlen Nipper di tahun 1999, yang semula dibuat untuk menghubungkan sistem telemetri jalur pipa minyak melalui satelit. Meskipun awalnya MQTT adalah protokol yang bersifat proprietary, namun pada 2010 dirilis dengan lisensi Royalty free, Dan pada 2014 menjadi standar OASIS. MQTT lebih ringan dibandingkan dengan protokol HTTP 1.1 sehingga sangat cocok untuk digunakan pada perangkat berdaya rendah yang diharuskan mengirimkan dan menerima data dengan ukuran sekecil mungkin.

## 2.6. IOT (Internet of Things)

Internet untuk Segala (bahasa Inggris: Internet of Things, atau dikenal juga dengan singkatan IoT) merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Adapun kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata.

## 2.7. Arduino

Arduino adalah sebuah *platform* komputasi fisik *open source* berbasiskan rangkaian *input/output* sederhana dan lingkungan pengembangan yang mengimplementasikan bahasa *processing*. Arduino dapat digunakan untuk mengembangkan obyek interaktif mandiri atau dapat dihubungkan ke perangkat lunak pada komputer anda. Rangkaiannya dapat dirakit dengan tangan atau dibeli. *Hardware* dari arduino berbentuk sistem minimum dari sebuah mikrokontroler, sedangkan *softwarena* berupa *Integrated Development Environment (IDE)* yang berjalan di komputer.

## 2.8. MQ-7 Sensor Gas CO

MQ 7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC, jarak pengukuran : 20 - 2000ppm untuk mampu mengukur gas karbon monoksida.

# III. PERANCANGAN SISTEM

## 3.1. Deskripsi Sistem

Prototipe ini dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman javascript . Alat ini bekerja berdasarkan instruksi atau perintah yang ada dalam program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler. Sensor bekerja sebagai input atau masukan dan akan diproses di dalam arduino selanjutnya oleh node JS yang dapat menjalankan server web data input tersebut akan dikirimkan ke database via raspberry, selanjutnya web application mengambil data dari database yang akan di tampilkan pada halaman dashboard web.

## 3.2. Perancangan Alat

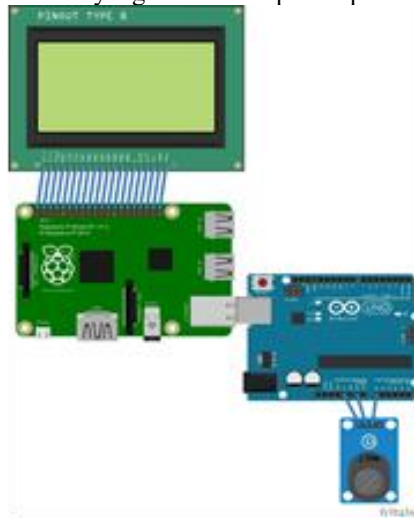
Dalam perancangan alat prototype sensor karbon monoksida (CO) hal yang dilakukan adalah melakukan konfigurasi pin arduino terhadap sensor Mq7, selanjutnya arduino disambungkan dengan raspberry yang sudah di sambungkan dengan LCD raspberry menggunakan kabel USB. Daya dari alat ini adalah adaptor 5V

## 3.3. Perancangan Rangkaian Skematik Alat

Rangkaian skematik dibuat untuk mempermudah dalam pembuatan alat. Skematik tersebut terdiri dari arduino uno, Raspberry Pi 3 Model B, sensor MQ 7 dan Raspberry Pi 3.5 inch TFT LCD display Touch SPI HDMI. Sumber tegangan diperoleh dari adaptor 5V yang memberikan tegangan kepada Raspberry Pi 3.5 inch TFT LCD display Touch SPI HDMI yang berhubungan langsung dengan Raspberry Pi 3 model B , sedangkan untuk arduino mendapatkan data dari kabel USB yang tersambung antara Raspberry Pi 3 model B dengan arduino.

Sensor MQ 7 bekerja sebagai input atau masukan dan akan diproses di dalam arduino selanjutnya oleh node JS

yang dapat menjalankan server web data input tersebut akan dikirimkan ke database via raspberry, selanjutnya web application mengambil data dari database yang akan di tampilkan pada halaman dashboard web.

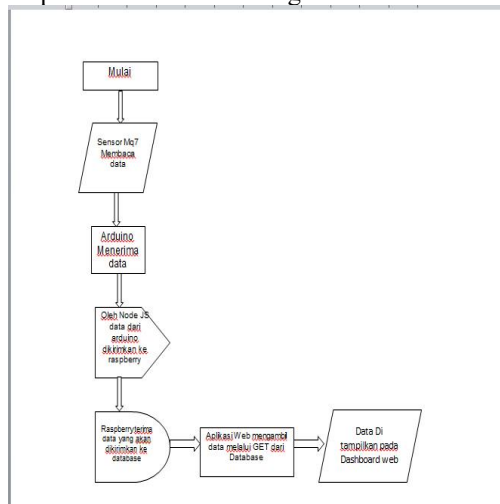


Gambar 1. Rangkaian Pemasangan Komponen

### 3.4. Perancangan Program

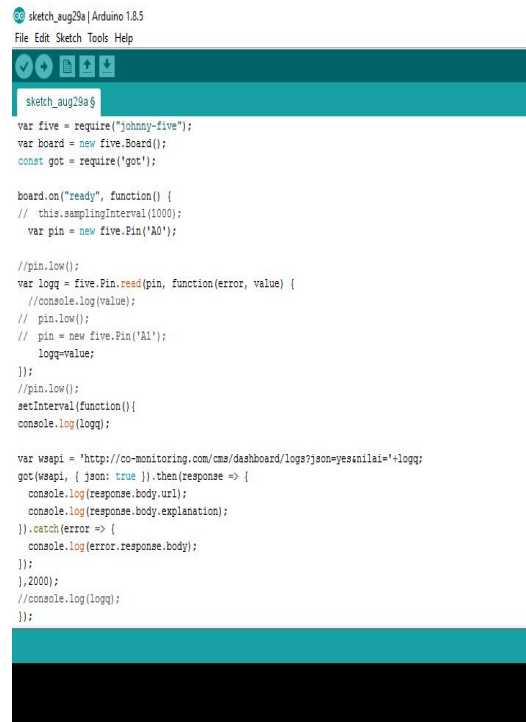
Perancangan program sistem pendeteksi kadar karbon monoksida (CO) ini terdiri dari beberapa tahapan. Proses pertama adalah pembuatan flowchart dari sistem pendeteksi, kemudian program dibuat menggunakan Arduino IDE menggunakan bahasa java dan program inilah yang akan menjalankan perintah-perintah pada sistem dan alat. Kemudian program yang telah ada di upload ke mikrokontroler menggunakan Arduino IDE.

Pada saat program pertama kali dijalankan, sistem akan melakukan proses insialisasi input dan output yang digunakan untuk dihubungkan dengan device luar. Selanjutnya mikrokontroler akan melakukan proses pembacaan kondisi dari sensor mq7. Jika terdeteksi adanya karbon monoksida maka sensor mq7 akan mengirimkan data ke arduino yang diteruskan dengan node js ke raspberry agar datanya dapat disimpan pada database, data tersebut ditampilkan pada web co-monitoring.com.



Gambar 2. Flowchart Sistem

Program pada prototype sensor karbon monoksida (CO) ini dibuat dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE. Program akan menerima input-an dari sensor Mq7. Penulisan program menggunakan bahasa Java yang telah di coding menggunakan program Arduino IDE.



Gambar 3. Sketc Program Arduino IDE.

## IV. IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

### 4.1. Implementasi

Setelah sistem dibangun berdasarkan rancangan-rancangan yang telah dibuat maka langkah berikutnya adalah melakukan upload program. Hubungkan kabel USB dengan board arduino Uno dan pada sisi lainnya dihubungkan dengan komputer. Buka program Arduino IDE kemudian open sketch program sensor karbon monoksida (CO) yang telah dibuat, selanjutnya tekan tombol upload pada Arduino IDE agar sketch di transfer ke arduino. Setelah selesai maka kabel usb dapat dilepas dan prototype sensor karbon monoksida dapat bekerja.

### 4.2. Pengujian Sistem

Dalam tahap yang terakhir ini semua komponen telah terhubung dengan baik dan memiliki program di dalam mikrokontroler. Pengujian ini dilakukan pada tempat paker PT Prodia idya Husada dengan cara :

1. Sambungkan kabel jumper dari sensor Mq7 dengan arduino uno
2. Pasang LCD raspberry dengan raspberry
3. Hubungkan raspberry dengan arduino menggunakan kabel USB
4. Sambungkan keyboard dengan raspberry
5. Sambungkan adaptor ke listrik
6. Hubungkan adaptor dengan LCD raspberry
7. Buka dan jalankan software arduino IDE
8. Perhatikan tampilan pada LCD raspberry jika OK
9. Pada notebook akses web co-monitoring.com
10. Login user
11. Maka akan ditampilkan pembacaan yang dilakukan oleh sensor mq 7

### 4.3. Hasil Pengamatan

Setelah dilakukan pengujian alat, maka diperoleh hasil berupa data pengamatan sebagai berikut :

No	Keterangan	Hasil yang diharapkan	Hasil Uji
1	Alat diletakan di tempat parkir perusahaan	Alat dapat membaca kadar karbon monoksida yang terdapat di sekitar tempat parkir perusahaan	Berhasil
2	Data pembacaan sensor karbon monoksida (CO) secara realtime	Data pembacaan sensor karbon monoksida (CO) dapat diakses pada web monitoring.com	Berhasil

Gambar 4. Hasil Data Pengamatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonymous.2009.DI.BasicAVR.16System.<http://depokinstruments.com/2009/11/14/di-avr16-system-2/>. Diakses tanggal 06 Agustus 2018.Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990. Applied Geophysics. Cambridge University Press :Cambridge.
- [2] Budiraharjo, H. 1991. *Pencemaran Udara di DKI Jakarta Paru*, Jakarta
- [3] Chandra, budiman. 2007. *Pengantar kesehatan lingkungan*. Jakarta: Penerbit buku kedokteran EGC.
- [4] Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air Dan Udara*. Penerbit Kanisius: Yogyakarta.
- [5] Haris Aydin Ya'kut. 2013. *Rancang Bangun Sistem Pengukur Gas Krbon Monoksida (CO) Menggunakan Sensor MQ-7 Bebas Atmega 16A*. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.
- [6] Kadir, Abdul. 2003. *Dasar Raspberry Pi*. Penerbit Andi . Jakarta
- [7] Kadir, Abdul. 2003. *Dasar Pemograman Internet untuk Proyek Berbasis Arduino*. Penerbit Andi . Jakarta
- [8] Mukono, H.J. 2006. *Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan Edisi Kedua*. Surabaya: Airlangga University Press
- [9] Mukono H.J. 2003. *Pencemaran Udara dan Pengaruhnya terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya: Airlangga University Press
- [10] Nova Paramarta, 2016. Rancang Bangun Pendeteksi Kebocoran LPG Menggunakan Sensor TGS 2610 Dilengkapi SMS Berbasis Mikrokontroler ATmega 328; Teknik Elektro Universitas udayana.
- [11] Suma'mur PK. *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja (Hiperkes)*. Jakarta: CV Sagung Seto; 2009.
- [12] Wardhana, WA.1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit ANDI .Yogyakarta