

**RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI MONITORING GAS BUANGAN
KARBONDIOKSIDA (CO₂) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)**

ARTIKEL ILMIAH



OLEH

SISKA HUMAENI HAYATI

NIM. G1B015039

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS MATARAM
2022**

RANCANG BANGUN SISTEM TELEMETRI MONITORING GAS BUANGAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT)

ANALYSIS DESIGN AND BUILD A TELEMETRY SYSTEM FOR MONITORING CARBON DIOXIDE (CO₂) EXHAUST GAS BASED ON INTERNET OF THINGS

Siska Humaeni Hayati

Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram

Email: siskahumaeni97@gmail.com

ABSTRAK

Karbondiodoksida merupakan salah satu senyawa yang sangat penting bagi makhluk hidup dan bumi ini. Karbondiodoksida dihasilkan dari makhluk hidup, diantaranya manusia, tumbuhan pada saat proses respirasi, dihasilkan juga dari sisa pembakaran, salah satunya, dari emisi gas buangan kendaraan. Salah satu yang menjadi perhatian adalah dampak berbahaya gas karbondiodoksida yang tidak diukur saat terjadinya pemanasan kendaraan saat di tempat parkir. Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian ini, mengetahui sistem kinerja rancangan instrumentasi pendeteksi gas buangan karbondiodoksida menggunakan sensor MG811, mengetahui sistem akuisisi data sensor MG811, dan mengetahui sistem kinerja transmisi data berbasis internet of things, dan dengan penelitian tentang perancangan Sistem Telemetri Monitoring Gas Buangan Karbondiodoksida (CO₂) Berbasis *Internet Of Things*, dibuat untuk memudahkan pemantauan gas buangan dari kendaraan, dengan menggunakan sensor MG811 dan modul DT sense, sebagai sumber akuisisi datanya, dan board NodeMcu ESP8266 V.09 sebagai pengiriman data yang terkoneksi dengan internet (IoT) dengan *platform Thingspeak*. Setelah melalui beberapa pengujian, diperoleh nilai pengukuran dengan tekanan 20 psi diperoleh sebesar 405,6 ppm, dan pada tekanan 10 psi diperoleh tekanan 404 ppm. Sistem Telemetri Monitoring yang telah dibuat menghabiskan waktu untuk operasi sekitar tiga puluh menit. Setiap lima menit pengambilan data, data yang diperoleh menampilkan nilai yang sama pada tampilan *thingspeak* yaitu sebesar 0,003 ppm. Persentasi error alat yang dibuat saat pengujian diperoleh nilai %error berturut-turut dari maximum dan minimum sebagai berikut, 0,84 % dan 0 %.

Kata kunci: Sistem monitoring, *Internet of Thing*, NodeMCU ESP8266, MG811.

ABSTRACT

Carbon dioxide is one of the compounds that are very important for living things and the earth. Carbon dioxide is produced from living things, including humans, plants during the respiration process, produced also from combustion residues, one of which is from vehicle exhaust emissions. One of the concerns is the harmful impact of carbon dioxide gas which is not measured when heating the vehicle while in the parking lot. As for the purpose of this study, knowing the performance system of the carbon dioxide exhaust gas detection instrumentation design using the MG811 sensor, knowing the MG811 sensor data acquisition system, and knowing the internet of things-based data transmission performance system, and with research on the design of the Internet of Things-Based Carbon dioxide (CO₂) Exhaust Gas Monitoring Telemetry System, made to facilitate monitoring of exhaust gases from

vehicles, by using the MG811 sensor and DT sense module, as the source of its data acquisition, and the NodeMcu ESP8266 V.09 board as a data delivery connected to the internet (IoT) with the Thingspeak platform. After going through several tests, a measurement value with a pressure of 20 psi was obtained at 405.6 ppm, and at a pressure of 10 psi a pressure of 404 ppm was obtained. The Telemetry Monitoring system that has been created takes about thirty minutes of operation. Every five minutes of data retrieval, the data obtained displays the same value on the thingspeak display of 0.003 ppm. The percentage of tool errors created during testing obtained successive %error values from maximum and minimum as follows, 0,84 % and 0 %.

Keywords: *Monitoring system, Internet of Thing, NodeMCU, MG811.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Karbon dioksida (CO_2) atau zat asam arang merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. CO_2 dihasilkan oleh semua tumbuhan, hewan, fungi dan mikroorganisme pada proses respirasi, juga dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil, gunung berapi dan proses geotermal seperti mata air panas. Diantara kegunaan CO_2 dan fungsinya yaitu CO_2 diproduksi dalam industri, salah satunya dalam proses industri petrokimia, atau membakar gas alam dalam proses kogenerasi. Selain itu salah satu manfaat karbon dioksida juga digunakan pada aplikasi fabrikasi logam, selain manfaat dari adanya CO_2 , dampak berbahaya CO_2 yang dapat kita rasakan secara langsung adalah perubahan cuaca

ekstrem, polusi udara, musim yang melambat dan cepat.

Kota Mataram, merupakan Kota dengan penuh dengan berbagai aktivitas, seperti misalkan industri, pusat pendidikan, pendatang dari berbagai daerah yang memutuskan menentang karena pekerjaan, sehingga semakin hari semakin banyak penduduk di Kota Mataram, serta semakin bertambahnya aktivitas, serta pengguna kendaraan yang semakin banyak yang menjadi penyumbang emisi gas buangan, penduduk yang padat, sehingga menjadi salah satu factor terjadinya perubahan kondisi udara, bahkan terjadinya keracunan gas, akibat polusi udara dan hunian yang dekat dengan lokasi industri, serta banyaknya pembangunna rumah kaca, dengan mengetahui beberapa faktor-faktor penyebab berbahayanya gas CO_2 tersebut, perlu adanya pemantauan gas karbon dioksida dan teknologi yang mampu

membaca gas karbondioksida khususnya deteksi CO₂, sisa pembakaran yang tidak sempurna dari emisi gas yang dapat dilakukan dari jarak jauh. Pemantauan seperti ini bisa dilakukan dengan metode telemetri. Sebelumnya telah dilakukan Shofar (2014), pada penelitiannya tentang sistem telemetri pemantauan gas karbondioksida menggunakan jaringan wifi dengan menggunakan sensor MG811 sebagai akuisisi data, mikrokontroler Atmega 8535, dan protocol I2 T. Data mikrokontroler dikirim secara serial menggunakan WIZ600, yang merupakan protocol serial yang menghubungkan ke jaringan wifi.

Penelitian yang sama juga dilakukan oleh Rahman (2018) yaitu rancang bangun sistem monitoring gas CO₂, dan pada penelitiannya melakukan pengujian di 10 titik, dengan waktu pengambilan data, pagi, siang dan sore, dengan masing-masing jarak pengambilan data pada masing-masing waktu untuk berpindah dari satu titik ke titik berikutnya adalah 9 menit. Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah ada, belum ada yang pernah melakukan monitoring gas CO₂ di parkir dengan menggunakan nodemcu esp8266 dan sensor MG811 sebagai sensor pendeteksi gas CO₂ khususnya deteksi gas buangan saat ditempat parkir, dengan

menggunakan nodemcu esp8266 memudahkan dalam transmisi data untuk pemantauan jarak jauh, tanpa menambahkan modul wifi pada saat rangkaian alat, dikarenakan pada board nodemcu esp8266 sudah sepaket dengan modul wifinya. dalam hal ini, perlu adanya alat monitoring gas CO₂, khususnya di dalam parkir, karena cukup penting sebagai salah satu solusi mengurangi terjadinya resiko berbahaya seperti keracunan gas.

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui sistem kinerja rancangan instrumentasi pendeteksi gas buangan karbondioksida menggunakan sensor MG811.
- b. Mengetahui sistem akuisisi data sensor MG811.
- c. Mengetahui sistem kinerja transmisi data berbasis *internet of things* (IoT)

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2022 di Laboratorium Biologi Lanjut Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mataram

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam tabel 4.1 dan dalam tabel 4.2

Tabel 4.1 Alat –alat penelitian beserta kegunaannya

| No | Alat-alat Penelitian | Fungsi |
|----|----------------------------------|--|
| 1 | Komputer atau laptop | Sebagai hardware untuk mengolah data dan sumber daya. |
| 2 | Sensor MG 811 | Sebagai alat untuk mendeteksi kandungan gas CO ₂ |
| 3 | Nodemcu esp8266 tipe nodemcu 0.9 | Board yang menerima input sinyal dan mengoneksikannya ke wifi |
| 4 | Kabel USB | Sebagai penghubung board nodemcu ke laptop. |
| 5 | Kabel Jumper | Sebagai penghubung rangkain sensor dengan nodemcu dan LCD 16×2 I2C |
| 6 | Preassure Gauge | Alat pendeteksi gas |

Bahan-bahan Penelitian

Tabel 4.2 Bahan – bahan penelitian beserta kegunaannya.

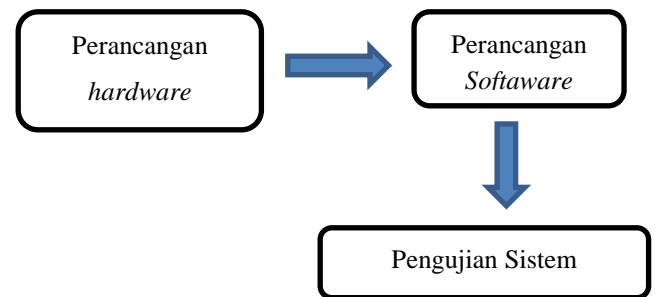
| No | Bahan-bahan | Fungsinya |
|----|---|---|
| 1 | Soda kue (NaHCO ₃), sitrun (C ₆ H ₇ O ₈) | Bahan uji dan untuk pembuatan gas CO ₂ |
| 2 | Botol sprite 1,5 L | Tempat penyimpanan gas yang |

| | | |
|--|--|--------------|
| | | sudah dibuat |
|--|--|--------------|

Metode Penelitian

Penelitian melalui tiga tahapan, yaitu penyelesaian rancang bangun sistem telemetri monitoring mulai dari perancangan *hardware* (perangkat keras) dan *software* (web *server*), dan pengujian sistem.

1. Perancangan Sistem Instrumentasi



Gambar.4.1 Skema Perancangan Sistem

Pengujian sistem

1. Prosedur pengujian sistem

Pengujian sistem keseluruhan yaitu dari pembuatan rancangan software dan hardware, bagaimana sistem rancangan yang dibuat bekerja. Adapun tahapan kerja sistem sebagai berikut dan juga dapat dilihat pada gambar 4.8. Alur pengujian sistem yang dikerjakan alat secara keseluruhan sebagai berikut ini:

1. Sensor MG811, sebagai sensor deteksi gas karbondioksida, kemudian data dikirim melalui mikrokontroler yaitu

- nodemcu esp8266, dan MG811 sebagai akuisisi data.
2. Data yang diolah menggunakan aplikasi arduino, dengan membuat perintah pembacaan nilai sensor saat pengukuran gas karbondioksida, ditampilkan melalui LCD I2C, untuk memonitoring gas yang terbaca dalam satuan ppm.
 3. Selanjutnya hasil akuisisi data sensor MG811, dikirim ke server yang sudah dibuat yang berbasis internet of things, dimana platform yang digunakan adalah *thingspeak*, dengan menghubungkan sistem pada koneksi wifi atau koneksi internet.
 4. Setelah perangkat berhasil terhubung, sensor mengirim data ke server (*thingspeak*) dan server menampilkan data sesuai nilai kandungan sensor yang terbaca.

2. Teknik Kalibrasi Alat

Pada proses persiapan alat diperlukanlah langkah kalibrasi alat untuk menstandarkan alat sebelum alat tersebut digunakan untuk suatu pengukuran.

Adapun sistem kalibrasi ini menggunakan karakteristik dari sensor MG-811.

Tahap-tahap kalibrasi alat terdiri dari beberapa proses yaitu:

- a. Diambil data pada garis karakteristik pembacaan sensor di Gambar 3.4 untuk MG-811 dengan program Digitizer.
- b. Data yang diperoleh dimasukkan ke dalam Microsoft Excel untuk mendapatkan persamaan kalibrasi dengan pendekatan logaritmik.
- c. Setelah didapatkan persamaan, persamaan tersebut lalu dimasukkan ke dalam program nodemcu untuk mendapatkan nilai kadar gas CO₂ dengan spesifikasi pembacaan sensor tersebut.
- d. Setelah itu, disesuaikan data pembacaan sensor dengan data yang ada di grafik karakteristik sensor untuk mendapatkan standar deviasi dari pembacaan sensor tersebut dengan persamaan :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (4.1)$$

dengan, s (standar deviasi), X_i (nilai ke i), \bar{X} (nilai rata-rata), N (ukuran sampel)

- e. Setelah menentukan standar deviasinya, dilakukan perhiungan %error dari hasil pembacaan sensor, dengan menggunakan persamaan :

$$\%error = \frac{s}{\bar{X}} \quad (4.2)$$

3. Prosedur pengujian

pengujian sensor bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan karakteristik dari pembacaan sensor yang digunakan terhadap variabel yang diukur. Karakteristik sensor antara lain sensitivitas, *range* pengukuran, error pengukuran, fungsi transfer yang disesuaikan dengan *datasheet* dari sensor MG-811. Pada penelitian ini digunakan asam sitrat ($C_6H_7O_8$) yang dicampurkan dengan soda kue ($NaHCO_3$) untuk menghasilkan gas CO_2 yang nantinya untuk dideteksi konsentrasinya (ppm). Adapun langkah-langkah pengujian alat sebagai berikut :

- a. Disiapkan set alat CO_2 DIY.
- b. Dimasukkan sitrun ($C_6H_7O_8$) atau asam sitrat sebanyak 200 gr ke dalam botol soda kue ($NaHCO_3$) atau natrium bikarbonat kemudian larutkan sitrun dengan 400 ml air, dikocok botol agar sitrun larut sepenuhnya. kemudian dimasukkan soda kue 200 gr ke dalam botol soda kue ($NaHCO_3$) kemudian masukkan air 200 ml

lalu goyangkan sedikit botol. Selanjutnya pasang set alat CO_2 DIY dengan posisi yang benar. Botol A untuk sitrun ($C_6H_7O_8$) dan botol B untuk soda kue ($NaHCO_3$).

- c. Ditekan botol A hingga tidak mampu untuk menekannya lagi, tunggu reaksi yang terjadi dan perhatikan pressure gauge dari alat jangan sampai tekanan melebihi 40 psi.
- d. Dimasukkan selang keluaran gas ke wadah gas yang vakum, agar tidak ada gas yang keluar saat proses pengukuran.
- e. Diputar kran pengatur ke posisi on dan diperhatikan pressure gauge agar tekanannya berubah 1 bar lalu putar kran ke posisi off.
- f. Ditunggu hingga 5 menit untuk proses pengukuran.
- g. Diulangi lagi langkah e-f sebanyak 3-5 kali.
- h. Ditabulasikan hasil pengukuran dari pembacaan sistem pendeteksi kandungan gas (ppm) dengan resistansi sensor pada berbagai konsentrasi gas per resistansi

sensor pada 350 (ppm) karbondioksida.

- i. Dibuatkan grafik hubungan antara EMF dengan konsentrasi gas CO₂ (ppm). Sehingga didapatkan fungsi transfer dari sensor MG-811 yang dibandingkan dengan *datasheet* sensor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diulas poin-poin terkait hasil perancangan sistem Telemetri, monitoring gas buangan karbondioksida berbasis *internet of things* (IoT), pengujian dan analisis hasil secara keseluruhan. Serta akan dibahas juga faktor-faktor penyebab error dan kendala pada saat pengambilan hasil data uji.

5.1 Hasil Perancangan Sistem

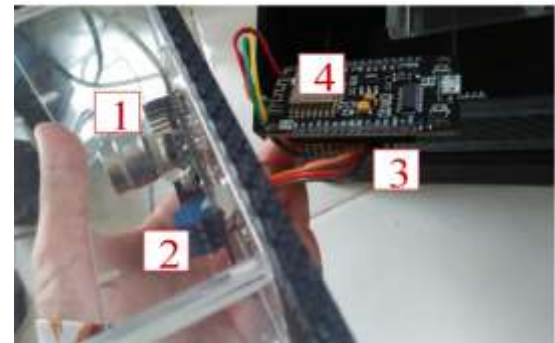
Hasil perancangan sistem terbagi menjadi dua bagian yaitu perancangan sistem (*hardware*) dan perancangan telemetri (*software*).

5.1.1 Hasil Perancangan Sistem (*Hardware*)

Berikut adalah hasil perancangan sistem (*hardware*) dipaparkan pada gambar 5.1 dan 5.2.



Gambar 5.1 Hasil Rancangan Sistem (tampak luar)



Rangkaian bagian dalam alat telemetri monitoring gas buangan CO₂ beberapa komponennya yaitu : 1) MG811, 2) Modul DT Sense, 3) LCD I2C 16x2 dan 4) NodeMcu Esp8266 V.09.

Gambar 5.2 Hasil Rancangan Sistem (tampak dalam)

Selengkapnya hasil perancangan Sistem Telemetri Monitoring Gas Buangan Karbondioksida (CO₂) diberikan pada gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Hasil Perancangan Sistem Telemetri Monitoring Gas Buangan Karbondioksida (CO₂) dengan box tabung gas.

5.1.2 Hasil Perancangan Telemetri (Software)

Berikut adalah hasil perancangan telemetri saat pengambilan data, pada motor vario 125, dengan bahan bakar pertamax dimulai dari penyiapan channel *Thingspeak* kemudian untuk kode arduino dapat dilihat



pada lampiran 3.

Gambar 5.4 Halaman *Public View* (*field chart*)

(Sumber : [Emisi gas \(Pertamax\) - ThingSpeak IoT](#))

Gambar 5.4 Menunjukkan halaman *public view* pada bagian *field chart*. Bagian tersebut merupakan tampilan data-data yang telah berhasil diupload oleh sistem telemetri. Selanjutnya pada bagian atas kiri

(kolom warna merah) merupakan bagian untuk menampilkan status channel. Waktu pembuatan channel, waktu terakhir *upload* data dan jumlah data yang telah diupload. Serta tampilan grafik emisi gas bahan bakar pertalite. Detail selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 4.

5.2 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem terdiri atas beberapa tahapan yaitu hasil pengujian sensor, hasil kesesuaian data yang dikirim oleh Sistem Telemetri menuju *Thingspeak*.

5.2.1 Pengujian Sensor

Tabel 5.1 berikut ini adalah data uji kalibrasi sistem monitoring kandungan gas karbondioksida sebagai emisi gas buangan 20 juni 2022.

Tabel 5.1 Data Uji Kalibrasi Rancang Bangun Sistem Telemetri Monitoring Gas Buangan Karbondioksida (CO₂)

| Waktu | DATA UJI KALIBRASI | | | |
|-------|--------------------|--------------------|-----------------|---------|
| | Tekanan (psi) | Nilai Sensor (ppm) | Standar Deviasi | % Error |
| 11:18 | 10 | 404 | 0 | 0 |
| 11:23 | 23 | 404,4 | 1,2 | 0,84 |
| 11:31 | 23 | 404,4 | 1,2 | 0,84 |
| 11:36 | 20 | 405,6 | 0,61 | 0,78 |
| 11:41 | 20 | 405,6 | 0,61 | 0,78 |

Nilai pengukuran maksimum dan minimum yang diperoleh tanggal 20 juli 2022 berturut-turut pada tekanan sebesar 20 psi dan 10 psi, dengan menggunakan pers 4.1 dan pers 4.2 Data uji kalibrasi dapat dilihat pada lampiran 5. Data yang

diperoleh dari penugukuran uji kalibrasi beberapa factor yang mempengaruhi adalah kondisi lingkungan saat pengambilan data, karena pengaruh angin, sehingga zat yang terbaca pada sensor kurang valid, kemudian zat karbondioksida buatan yang dibuat tidak terlalu banyak, sehingga mempengaruhi jumlah zat saat pengukurannya.

5.2.2 Pengujian Telemetry

Pada bagian pengujian telemeteri atau proses pengiriman data ke *platformThingspeak.com* dilakukan dengan menghubungkan alat yang sudah dirangkai pada gambar, kemudian *request* http, untuk mengetahui kesesuaian data pada sistem telemetri yang sudah dibuat maka data tersebut dibandingkan dengan data yang telah berhasil dikirimkan menuju *Thingspeak*. Selengkapnya dipaparkan pada tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Data sistem telemetri yang dikirim menuju *thingspeak* pada tanggal 24 Juni 2022

| Waktu | THINGSPEAK |
|-------|-------------------|
| | Nilai Emisi (ppm) |
| 14:19 | 0,003 |
| 14:24 | 0,003 |
| 14:29 | 0,003 |
| 14:34 | 0,003 |
| 14:39 | 0,003 |
| 14:44 | 0,003 |

Dari tabel 5.2 dapat dianalisis bahwa data yang diperoleh oleh sistem sudah

sesuai dengan data yang dikirimkan menuju *platform*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan:

1. Telah dirancang alat telemetri monitoring gas buangan dengan menggunakan sensor MG811 sebagai akuisisi datanya, yang berbasis IoT.
2. Dari hasil akuisisi data sensor MG811 sebagai pendeteksi gas buangan, diperoleh data maksimum pada tekanan 20 psi, dan data minium 10 psi dengan nilai berturut-turut tekanan yang dihasilkan saat pengukuran gas sebesar 405,6 ppm dan 404 ppm.
3. Sistem transmisi data berbasis IoT yang dibuat dengan menggunakan *platform thingspeak*, dengan tampilan data berupa grafik berhasil dibuat dan terdapat waktu pengambilan dan batas pengambilan data, sehingga memudahkan monitoring saat terjadinya pemantauan jarak jauh.

Saran

Alat yang telah dibuat masih membutuhkan akurasi yang lebih baik

dalam pembacaan konsentrasi CO₂ oleh sensor, oleh karena itu perlu menggunakan alat standar untuk uji kalibrasinya, seperti misalkan CO₂ gas analyzer.

DATAR PUSTAKA

- Abadi, Ronando. 2018. *Sistem Telemetry Gas Karbonmonoksida (CO) dan Karbondioksida (CO₂) Berbasis Web di Universitas Lampung*, Skripsi, Universitas Lampung, Lampung.
- C. Davidson, Marine Notice, 2003. *Carbon Dioxide*. Health Hazard. Australian : Maritime Safety Authority
- Hanwei., 2015. *MG 811 CO2 Sensor*. Access Date: August 20th, 2015.
- Nebath, dkk. 2013. *Rancang Bangun Alat Pengukuran Gas Berbahaya CO, dan CO₂ di Lingkungan Industri. E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*.ISSN : 2301-8402.
- Rahman, 2018. *Rancang Bangun Sistem Monitoring Kadar Gas Karbon Monoksida dan Gas Karbon Dioksida Melalui Smartphone. Jurnal Jartel*. ISSN: 2407-0807 Vol. 6, No.1, Hal 116-117.
- Royanti & Wikandriyo, 2016. *Sistem Monitoring Gas Beracun Pada Area Bencana Alam Akibat Aktifitas Vulkanik Gunung Berapi, Tugas Akhir, Jurusan D3 Teknik Elektro, ITS, Surabaya*. Vol.01.27 Juni 2016, diakses pada 15 juni 2022 pukul 20.20
- Shofar, Muhammad Izzuddin, 2014. *Sistem Telemetry Pemantau Gas Karbondioksida (CO₂) Menggunakan Jaringan Wifi. Youngster Physics Journal*. ISSN : 2303 – 7371 Vol. 3, No. 3, Juli 2014, Hal 243- 248 diakses dari [Sistem Telemetry Pemantau Gas Karbon Dioksida \(Co2\) Menggunakan Jaringan Wifi - Neliti](#) pada 30 Juni pukul 23.12
- Sugiharto, 2009. *Pembuatan Sistem Data Logger Konsentrasi Relatif Karbon Dioksida Dalam Ruang Berbasis Sensor Gas TGS4161*, Skripsi, Peminatan Fisika Instrumentasi, Universitas Indonesia, Depok.
- Sujiarta, 2020. *Sistem Monitoring Kualitas Udara di Ruang Tertutup berbasis IoT Menggunakan Sensor MQ-135 dan GP2Y1014AU0F*, Skripsi, Universitas Mataram, Mataram.
- Teknomia, 2015. *Cara Mudah Membuat Gas CO₂ Sendiri Tekanan Tinggi*. <https://diyaquascape.blogspot.com>. Diakses 28 Juni 2022.
- Tugaswati, Tri, 2007. *Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Wijaya, 2016. *Rancang Bangun Sistem Pemantauan Gas pada Lingkungan Berbasis Arduino*. Skripsi, Jurusan Teknik Rekayasa Elektro Nuklir, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Yang. Y. L, dkk. 2000. *Impedence Studies of Oxygen Exchange on Dense Thin Film Electrodes of La₀, 5Sr₀ Co_{0.8}*. *Journal of the Electrochemical Society* 147, 4001-4007.
- Yuliastuti, Ambar, 2008, *Estimasi Sebaran Keruangan Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Di Kota Semarang*, Skripsi, Jurusan

Perencanaan Wilayah Dan Kota.
Universitas Diponegoro, Semarang.