

# I<sup>2</sup>C Interface Design for CO<sub>2</sub> Sensor MH-Z19

Dimas Oktanugraha

Departement of Electrical Engineering, Faculty of Engineering  
University Muhammadiyah Yogyakarta  
Kampus Terpad UMY, JL. Lingkar Selatan, Kasihan, Bantul, Yogyakarta 55183, Indonesia.

\*Corresponding author, email: [d.oktanugraha@gmail.com](mailto:d.oktanugraha@gmail.com)

## ABSTRAK

Antarmuka I<sup>2</sup>C (*Inter-Integrated Circuit*) adalah salah satu jenis komunikasi serial yang sering digunakan pada perangkat elektronika, sensor dan mikrokontroler selain dari komunikasi UART dan ISP. Komunikasi ini sangat fleksibel karena bisa digunakan hingga 128 device dalam 1 bus dengan *transfer-rate* yang cepat. Pada perancangan alat yang membutuhkan banyak perangkat, komunikasi ini lebih baik dari pada komunikasi lainnya. Namun, tidak semua perangkat elektronika memiliki komunikasi I<sup>2</sup>C. oleh sebab itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah perangkat antarmuka I<sup>2</sup>C tambahan pada sensor yang tidak memiliki antarmuka tersebut. Sensor yang digunakan adalah sensor gas CO<sub>2</sub> MH-Z19 yang mampu mengukur kadar karbondioksida di udara. Sensor ini hanya memiliki komunikasi serial UART dan keluaran data lain berupa PWM.

Hasil dari penelitian ini adalah sebuah perangkat antarmuka I<sup>2</sup>C pada sensor CO<sub>2</sub> MH-Z19. Dalam perancangannya, antarmuka I<sup>2</sup>C dibuat berdasarkan sistem minimum mikrokontroler. Dimensi antarmuka I<sup>2</sup>C mengikuti dimensi dari sensor MH-Z19 serta menggunakan komponen SMD. Antarmuka menggunakan arduino sebagai sistem pemrograman, dimana data hasil pengukuran kadar karbondioksida dari sensor MH-Z19 dikirim oleh antarmuka I<sup>2</sup>C menuju perangkat lain melalui komunikasi I<sup>2</sup>C. Dalam pengujiannya, antarmuka I<sup>2</sup>C mengirim data sensor menuju arduino dan raspberry pi. Seluruh data yang ditransmisikan diterima seluruhnya oleh arduino dan raspberry pi dengan tingkat kerusakan data hanya sebesar 0,028%.

Kata kunci : Sensor, MH-Z19, Antarmuka, I<sup>2</sup>C, Sistem Minimum, Transmisi Data

## 1. Pendahuluan

Sensor merupakan komponen penting dalam bidang elektro terutama elektronika dan instrumentasi. Sifat utama sensor yang mampu merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik bisa dimanfaatkan sebagai bahan analisis, monitoring dan pengendalian. keberadaan sensor seperti memberikan indra tambahan kepada manusia. Mendeteksi benda, mengetahui suhu, kandungan gas, jarak dan sebagainya bisa diperoleh dengan menggunakan sensor. Sehingga mempermudah kegiatan manusia.

Salah satu penerapan sensor yaitu pada wahana balon atmosfer. Wahana balon atmosfer adalah perangkat atau muatan elektronik yang diterbangkan menggunakan

balon atmosfer untuk memperoleh data parameter-parameter atmosfer dengan berbagai sensor seperti sensor suhu, kelembaban, *altitude*, *longitude*, *latitude*, tekanan udara, arah angin, dan gas. Salah satu sensor utama adalah sensor gas CO<sub>2</sub> (karbondioksida) adalah MH-Z19. Sensor ini memiliki beberapa kelemahan yaitu nilai *refresh rate*-nya yang rendah hanya 5 detik dan keluaran data yang hanya melalui antarmuka UART dan PWM. Protokol komunikasi serial (UART) hanya bisa dipakai oleh 1 perangkat atau *peripheral*. Sehingga rangkaian menjadi sangat kompleks dan mempersulit perancangan arsitektur muatan apabila terdapat lebih dari 1 perangkat yang

harus menggunakan protokol komunikasi UART. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode untuk mendapatkan data MH-Z19 tanpa melalui antarmuka UART. Antarmuka yang sangat fleksibel pada saat ini adalah I<sup>2</sup>C yang hanya dengan 1 bus bisa menghubungkan hingga 128 perangkat baik *microcontroller board* maupun sensor. Jika pada MH-Z19 ditambahkan antarmuka I<sup>2</sup>C maka protokol I<sup>2</sup>C memungkinkan untuk meningkatkan tingkat efisiensi baik dalam perancangan maupun *transfer data* MH-Z19.

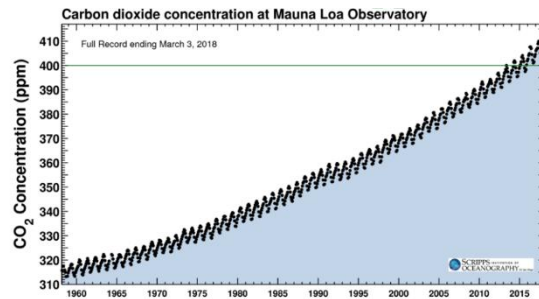
Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan antarmuka I<sup>2</sup>C atau *converter* dari serial (UART) menjadi I<sup>2</sup>C pada sensor CO<sub>2</sub> MH-Z19. Penambahan antarmuka I<sup>2</sup>C atau *converter* ini bertujuan agar penggunaan banyak sensor yang dikendalikan oleh satu mikrokontroler menjadi lebih efisien karena hanya membutuhkan 2 port dalam 1 bus. Dengan adanya mikrokontroler pada antarmuka I<sup>2</sup>C bisa dilakukan pengolahan data sehingga memungkinkan untuk mengatur tingkat kecepatan *transfer data* sensor MH-Z19 yang memiliki *refresh rate* rendah. Sehingga kekurangan dari sensor MH-Z19 seperti yang telah dipaparkan sebelumnya bisa diatasi.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Karbondioksida

Karbondioksida atau yang biasa ditulis dengan rumus kimianya "CO<sub>2</sub>" adalah senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O<sub>2</sub>) yang terikat secara kovalen bersamaan dengan atom karbon (C) sebagai buangan dari sisa hasil pembakaran karbon yang tidak sempurna. Karbondioksida merupakan salah satu senyawa kimia yang sangat terkenal tidak hanya karena jumlahnya juga karena manusia sendiri sebagai penghasil karbondioksida. (Asmara, 2016)

Semakin lama kadar karbondioksida di atmosfer semakin meningkat. Berikut adalah grafik peningkatan CO<sub>2</sub> dari tahun 1960 – 2018 yang diukur oleh *Mauna Loa Observatory* di Hawaii.



Gambar 2.1. Grafik Peningkatan CO<sub>2</sub>

(Sumber: <https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>)

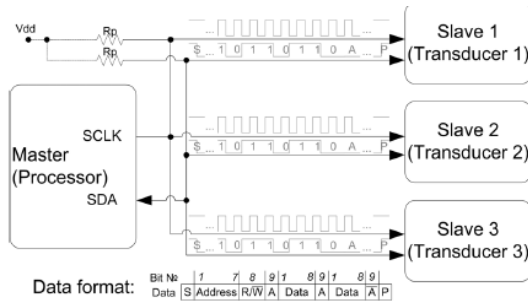
### 2.2. Muatan Balon Atmosfer

Menurut Wiyagi, Danardono, dan Ahmad (2016) yang telah melakukan penelitian mengenai "*High Altitude Balloon Payload Design for Atmospheric Observation*". Muatan balon atmosfer atau juga disebut *payload* memiliki tujuan dan fungsi untuk mengirim citra atau gambar beserta data dari parameter-parameter atmosfer yang telah ditentukan. *Payload* akan diterbangkan oleh *high altitude balloon* secara vertical pada lapisan troposfer atmosfer bumi. Transmisi data dilakukan melalui gelombang radio sehingga dibutuhkan antena dengan frekuensi yang sama baik pada *payload* maupun pada *ground station*. Muatan balon akan menjadi *transmitter* sementara *ground station* yang terdiri dari antena dan komputer yang menampilkan dan menyimpan data akan menjadi *receiver*.

### 2.3. I<sup>2</sup>C

*Philips Semiconductor* (NXP *Semiconductor*) menciptakan sebuah bus 2-*wire* yang bersifat *bidirectional* untuk meningkatkan efisiensi kontrol *inter-IC* yang disebut juga *I<sup>2</sup>C-bus*. Bus ini terdiri dari 2 jalur yaitu *serial data line* (SDA) dan *serial clock line* (SCL). (Semiconductors, 2014)

Dalam bus I<sup>2</sup>C ini juga dibutuhkan resistor *pull-up* sebesar 4,7 kΩ. Pada 1 bus I<sup>2</sup>C bisa menghubungkan banyak perangkat atau *peripheral* hingga 128 buah. *Data Transfer rate* yang dimiliki I<sup>2</sup>C adalah 100 kbps, 400 kbps, 1 Mbps, 3,4 Mbps dan 5 Mbps yang secara berurut disebut sebagai mode *standard, fast, fast plus, high speed* dan *ultra fast*.



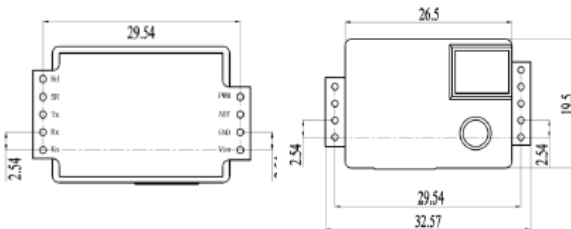
**Gambar 2.2.** Antarmuka I<sup>2</sup>C

(Sumber: Mikhaylov & Tervonen, 2012)

#### 2.4. MH-Z19

MH-Z19 adalah salah satu jenis sensor yang mampu mengukur kandungan atau konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara sekitar. Nama lengkap dari sensor ini adalah MH-Z19 NDIR CO<sub>2</sub> Module yang merupakan generasi terbaru dari pendahulunya yaitu MH-Z14 dan MH-Z16. Sensor ini diproduksi oleh perusahaan Cina yaitu *Zhengzhou Winsen Electronics Technology*.

Sensor ini berjenis NDIR (*non-dispersive infrared*). bekerja sesuai dengan hukum *Beer-Lambert* dimana gas akan menyerap infra merah yang memiliki panjang gelombang yang sama. Pengukuran sensor tidak bersifat absolut namun mengukur perubahan relative CO<sub>2</sub>. Berikut ini adalah struktur dari MH-Z19.

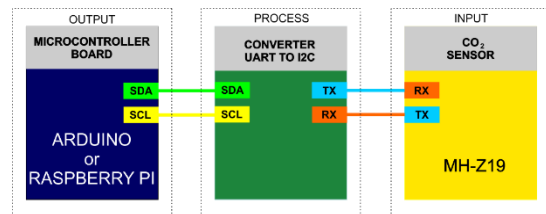


**Gambar 2.3.** Struktur MH-Z19

### 3. Perancangan

#### 3.1. Perancangan Sistem

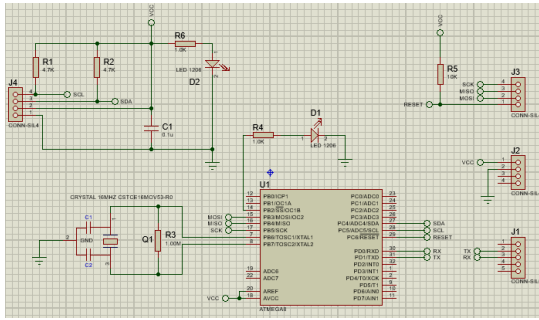
Antarmuka I<sup>2</sup>C atau *converter UART to I<sup>2</sup>C* berfungsi sebagai jembatan antara sensor MH-Z19 dan *microcontroller board* yang akan memproses data dari sensor. Perancangan sistem ini dilakukan menggunakan blok diagram yang terdiri *input, process dan output*. Dari sisi *input* adalah sensor MH-Z19 yang akan mengirim data melalui komunikasi serial UART dan menuju blok *process* yaitu *converter UART to I<sup>2</sup>C*. *converter* ini akan meneruskan data sensor menuju *output*. Namun, sebelum itu *converter* akan mengubah protokol komunikasi dari UART menjadi I<sup>2</sup>C dengan beberapa program. *Output* yang bisa berupa arduino, raspberry pi atau *microcontroller board*. Berikut adalah perancangan sistem dari antarmuka I<sup>2</sup>C pada halaman selanjutnya



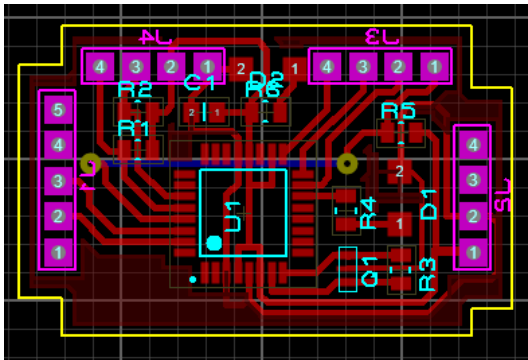
**Gambar 3.1.** Perancangan Sistem

#### 3.2. Perancangan Perangkat Keras

Antarmuka I<sup>2</sup>C dirancang berdasarkan sistem minimum mikrokontroler. Atmega 8 digunakan sebagai komponen utama yang mengontrol seluruh kegiatan antarmuka. Perancangan dilakukan menggunakan aplikasi proteus baik dalam hal perancangan skematik maupun perancangan layout PCB. Berikut adalah gambar perancangan skematik dan layout PCB.

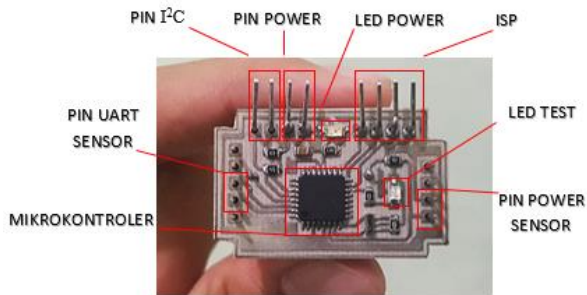


Gambar 3.2. Skematik Antarmuka I<sup>2</sup>C



Gambar 3.3. Layout PCB Antarmuka I<sup>2</sup>C

Berdasarkan pada perancangan di atas, dibuatlah sebuah rangkaian antarmuka I<sup>2</sup>C yang tersusun dari komponen SMD. Berikut adalah gambar Antarmuka I<sup>2</sup>C yang telah jadi.

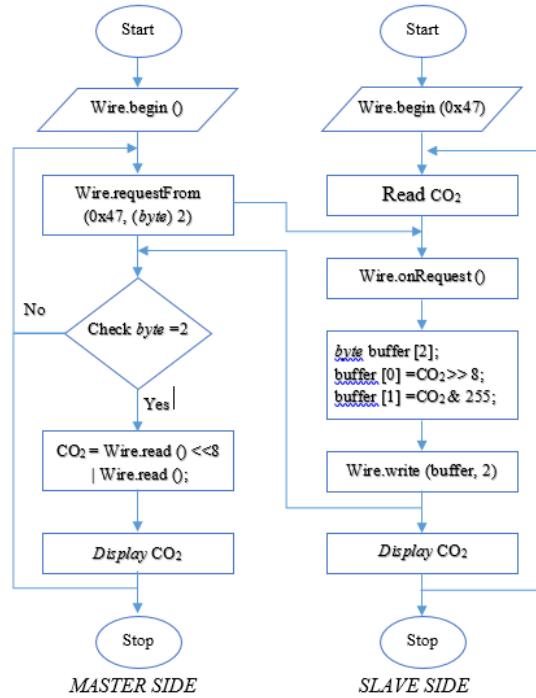


Gambar 3.4. Antarmuka I<sup>2</sup>C

### 3.3. Perancangan Perangkat Lunak

Antarmuka I<sup>2</sup>C menggunakan arduino sebagai pemrograman utama. Bootloader arduino juga dimasukkan kedalam sistem atmega 8. Program pada antarmuka I<sup>2</sup>C adalah memperoleh data pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dari sensor MH-Z19 melalui UART dan meneruskan data tersebut ke *device* lain

melalui komunikasi I<sup>2</sup>C. jenis program I<sup>2</sup>C yang digunakan adalah *master request to slave*. Berikut adalah *flowchart* programnya.



Gambar 3.5. Program Antarmuka I<sup>2</sup>C

## 4. Hasil Akhir dan Pembahasan

### 4.1. Pengujian Sensor di Berbagai Lingkungan

Untuk memastikan bahwa sensor MH-Z19 bekerja dengan baik. Maka diperlukan uji coba dengan membuat sensor mengukur kadar CO<sub>2</sub> di berbagai lingkungan yang berbeda. Berikut adalah nilai rata-rata kadar CO<sub>3</sub> di beberapa lingkungan berbeda.

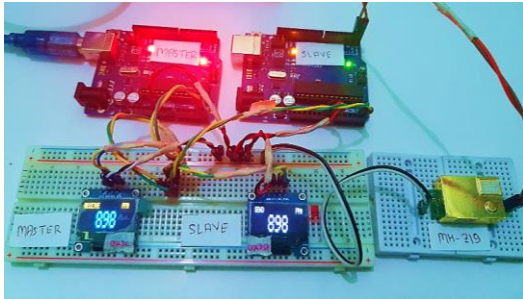
Tabel 4.1 MH-Z19 Berbagai Lingkungan

NO	LINGKUNGAN	CO2 (PPM)
1.	Udara Bebas (Siang)	564,6
2.	Udara Bebas (Malam)	906,4
3.	Asap Kendaraan Motor	1309,9
4.	Ruang Kamar Tertutup	970,5

### 4.2. Transmisi Antar Arduino Via I<sup>2</sup>C

Dikarenakan antarmuka I<sup>2</sup>C berbasis pada arduino, maka dilakukan dahulu uji coba

menggunakan arduino uno. Hal ini untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari transmisi antar 2 device. Berikut adalah rangkaian uji coba yang menggunakan 2 arduino yang berperan sebagai *master* dan *slave*.



**Gambar 4.1.** Transmisi Antar Arduino

Pada bagian arduino *slave*, terdapat program pemecahan data 2 byte menjadi 1 byte dan disimpan dalam buffer. Berikut adalah programnya.

```
byte buffer[2];
buffer[0] = co2 >> 8;
buffer[1] = co2 & 255;
Wire.write(buffer, 2);
```

**Gambar 4.2.** Program Pemecahan Data

Berikut adalah hasil dari uji coba transmisi antar arduino pada arduino *slave* dimana *error* yang diperoleh mencapai 0,38 %.

**Tabel 4.2.** Persentase *Error* Arduino *Slave*

WAKTU	JUMLAH DATA	DATA ERROR	ERROR (%)
1 JAM KE-1	6804	20	0,293945
1 JAM KE-2	6804	25	0,367431
1 JAM KE-3	6804	30	0,440917
1 JAM KE-4	6804	22	0,323339
1 JAM KE-5	6804	22	0,323339
<b>TOTAL</b>	34020	119	1,74897119
<b>RATA-RATA</b>		<b>24,2</b>	<b>0,3497942</b>

Berikut adalah hasil dari uji coba transmisi antar arduino pada arduino *master* dimana *error* yang diperoleh mencapai 1,48 %.

**Tabel 4.3.** Persentase *Error* Arduino *Master*

WAKTU	JUMLAH DATA	DATA ERROR	ERROR (%)
1 JAM KE-1	6804	106	1,557907
1 JAM KE-2	6804	99	1,455026
1 JAM KE-3	6804	109	1,601999
1 JAM KE-4	6804	89	1,308054
1 JAM KE-5	6804	101	1,484421
<b>RATA-RATA</b>		<b>100,8</b>	<b>1,481481</b>

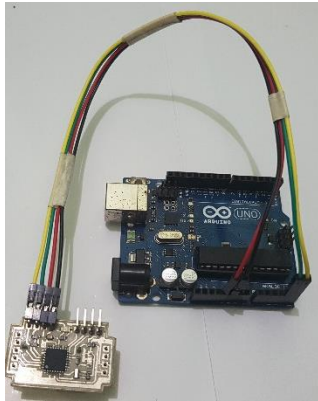
#### 4.3. Pengujian Antarmuka dan Arduino

Antarmuka I<sup>2</sup>C memiliki fungsi untuk mengubah *output* atau keluaran sensor yang awalnya menggunakan komunikasi UART menjadi komunikasi I<sup>2</sup>C. Sistem kerjanya adalah membaca data dari pengukuran CO<sub>2</sub> sensor MH-Z19 melalui komunikasi UART dan meneruskan data tersebut ke *device* atau *peripheral* lain yang membutuhkan melalui komunikasi I<sup>2</sup>C. Berikut ini adalah tabel persentase *error* dari data sensor yang diterima oleh arduino melalui antarmuka I<sup>2</sup>C.

**Tabel 4.4.** Persentase *Error* Arduino *Slave*

WAKTU	JUMLAH DATA	DATA ERROR	ERROR (%)
1 JAM KE-1	3488	1	0,0287
1 JAM KE-2	3486	1	0,0287
1 JAM KE-3	3487	1	0,0287
1 JAM KE-4	3488	2	0,0573
1 JAM KE-5	3487	0	0
<b>TOTAL</b>	17435	5	0,1434
<b>RATA-RATA</b>		<b>1</b>	<b>0,02868</b>

Berikut ini adalah gambar uji coba antarmuka I<sup>2</sup>C dengan arduino.



**Gambar 4.3.** Antarmuka I<sup>2</sup>C dan Arduino

Antarmuka I<sup>2</sup>C bekerja dengan address 0x47 yang diprogram pada antarmuka. Berikut adalah program arduino pada antarmuka I<sup>2</sup>C.

```

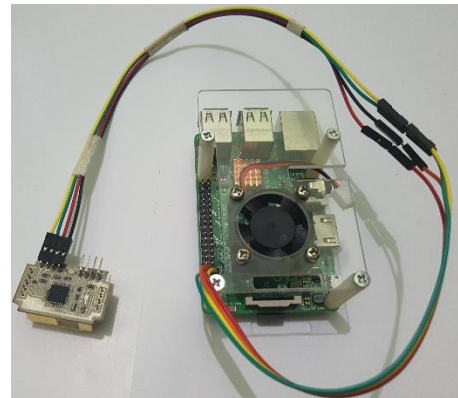
CONVERTER_FIX | Arduino 1.8.5
File Edit Sketch Tools Help
CONVERTER_FIX $
#include <Wire.h>
#define SLAVE_ADDRESS 0x47
byte request[9] = {0xFF,0x01,0x86,0x00,0x00,0x00,0x00,0x00,0x79};
unsigned char response[9];
unsigned int co2;
int LED =10;
void setup() {
  Wire.begin(SLAVE_ADDRESS);
  Serial.begin(9600);
  Wire.onRequest(requestEvent);
  pinMode(LED, OUTPUT);
}
void requestEvent() {
  byte buffer[2];
  buffer[0] = co2 >> 8;
  buffer[1] = co2 & 255;
  Wire.write(buffer, 2);
  digitalWrite(LED, HIGH);
  delay(100);
  digitalWrite(LED, LOW);
  delay(50);
}
int getco2() {
  Serial.write(request, 9);
  memset(response, 0, 9);
  Serial.readBytes(response, 9);
  unsigned int HLoconcentration = (unsigned int) response[2];
  unsigned int LLoconcentration = (unsigned int) response[3];
  co2 = (256*HLoconcentration) + LLoconcentration;
}
void loop() {
  getco2();
  delay(1000);
}

```

**Gambar 4.4.** Program Antarmuka I<sup>2</sup>C

#### 4.4. Pengujian Antarmuka dan Raspberry Pi

Pengujian terakhir adalah pengujian antarmuka I<sup>2</sup>C dengan raspberry pi. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa antarmuka I<sup>2</sup>C bisa diakses atau digunakan oleh banyak device. Berikut adalah gambar dari pengujian yang dilakukan.



**Gambar 4.5.** Antarmuka I<sup>2</sup>C dan Raspberry

Program pada antarmuka I<sup>2</sup>C masih sama seperti pada program di pengujian dengan arduino. Berikut adalah hasil pengujian untuk mendapatkan persentase error pada data yang diterima oleh raspberry pi.

**Tabel 4.5.** Persentase Error Raspberry Pi

WAKTU	JUMLAH DATA	DATA ERROR	ERROR (%)
1 JAM KE-1	3590	0	0
1 JAM KE-2	3590	0	0
1 JAM KE-3	3591	0	0
1 JAM KE-4	3589	0	0
1 JAM KE-5	3591	0	0
<b>TOTAL</b>	17951	0	0
<b>RATA-RATA</b>		<b>0</b>	<b>0</b>

Terdapat sedikit perbedaan pada program di raspberry pi. Berikut adalah salah satu program utama di sisi master, yaitu kombinasi data 2 byte dan pembacaan data dari komunikasi I<sup>2</sup>C.

```
def readco2():
    co2 = bus.read_i2c_block_data(address,0,2)
    y = co2[0]
    z = co2[1]
    co2 = (256*y)+z
    return co2
```

**Gambar 4.56** Program Kombinasi 2 Byte

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

- Perancangan antarmuka I<sup>2</sup>C pada sensor CO<sub>2</sub> MH-Z19 menggunakan sistem minimum sebagai dasar rangkaian elektroniknya. Data pengukuran dari komunikasi UART sensor MH-Z19 diolah oleh mikrokontroler atmega 8 dan dikirim menuju perangkat lain melalui komunikasi I<sup>2</sup>C.
- Proram bekerja dengan sistem transmisi 2 byte data. Antarmuka I<sup>2</sup>C memecahkan data 2 byte dari hasil pengukuran sensor MH-Z19 dan dikirim dalam bentuk 2 data berukuran masing-masing 1 byte. Sebagai penerima, arduino dan raspberry pi mengkombinasikan kedua data tersebut seperti semula.
- Antarmuka I<sup>2</sup>C berhasil membaca data pengukuran kadar CO<sub>2</sub> dari sensor MH-Z19. Transmisi 2 byte data ini diterima oleh arduino dan raspberry pi tanpa ada kerusakan data yang terlalu fatal.
- Kerusakan data khususnya data yang diterima oleh arduino mencapai  $\pm 0,028\%$  dan pada raspberry pi tidak ada mengalami kerusakan data sama sekali.

### 5.2. Saran

- Dimensi antarmuka I<sup>2</sup>C yang telah dibuat lebih besar  $\pm 2$  mm sehingga saat penggabungan dengan sensor terlihat kurang menarik. Penyusunan komponen antarmuka I<sup>2</sup>C juga harus dibuat lebih efisien.
- PCB board yang dibuat masih terlihat seperti buatan rumah, untuk memperbaiki tampilan bisa dilakukan pemesanan PCB board dengan kualitas pabrik.
- Pin ISP hanya digunakan untuk pemrograman awal, sehingga saat pemakaian lebih lama pin ini tidak akan digunakan dan sedikit mengganggu. Jadi, pada perancangan selanjutnya diharapkan bisa mengatasi hal tersebut.
- Dibutuhkan penambahan tombol reset jenis smd untuk mengatasi saat sensor mengalami kegagalan kerja dan program butuh untuk direset.
- Penambahan program untuk filter data, sehingga data yang rusak atau diinginkan tidak perlu dikirim oleh antarmuka I<sup>2</sup>C atau saat penerimaan data pada arduino dan raspberry pi.
- Selain sensor MH-Z19, sistem antarmuka I<sup>2</sup>C juga bisa diterapkan pada segala jenis sensor yang masih belum memiliki komunikasi atau antarmuka I<sup>2</sup>C. Namun, dibutuhkan penyesuaian terhadap dimensi sensor yang akan digunakan.

### Daftar Pustaka

- Asmara, I. T. (2016). Kajian Pencemaran Udara CO<sub>2</sub> di Kota Surakarta. *Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 14.
- Astuti, I. A. D., & Firdaus, T. (2017). Analisis Kandungan CO<sub>2</sub> Dengan Sensor dan Berbasis Logger Pro di Daerah

- Yogyakarta. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 1(1), 5–8. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v1i1.118>
- Atmel. (2008, Agustus). 8-bit AVR Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable *Flash*. Atmel.
- Bejo, A. (2008). *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATMEGA8535* (1st ed.). Graha Ilmu.
- Gibson, D. R., & MacGregor, C. (2011). Self Powered Non-Dispersive Infra-Red CO<sub>2</sub> Gas Sensor. *Journal of Physics: Conference Series*, 307, 012057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/307/1/012057>
- Hodgkinson, J., Smith, R., Ho, W. O., Saffell, J. R., & Tatam, R. P. (2013). Non-dispersive infra-red (NDIR) measurement of carbon dioxide at 4.2µm in a compact and optically efficient sensor. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 186, 580–588. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2013.06.006>
- Kanse, S., Mayuri, B., Abhilasha, B., & Nilam, K. (2015). Protokol Converter (UART, I2C, Manchester Protocols to USB). *IJRET (International Journal of Research in Engineering and Technology)*, 4(1), 3.
- Mikhaylov, K., & Tervonen, J. (2012). Evaluation of Power Efficiency for Digital Serial Interfaces of Microcontrollers (pp. 1–5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/NTMS.2012.6208716>
- Samiaji, T. (2009). Upaya Mengurangi CO<sub>2</sub> di Atmosfer. *Berita Dirgantara*, 10(3), 92–95.
- Samiaji, T. (2011). Gas CO<sub>2</sub> di Wilayah Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12(2), 68–75.
- Semiconductors, N. (2014). UM10204 I2C-bus specification and user manual. 4 *APRIL 2014*, 6, 64.
- Siahaan, B. B. H., Akbar, S. R., & Syauqy, D. (2018). Implementasi Modul Antarmuka Perangkat Sensor Dan Komunikasi Pada UART Dan I2C Dengan Fitur Plug And Play. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2(9), 2712–2720.
- Sulistiyono, T. Y. (2014). Komparasi Ssistem Komunikasi Serial Multipoint pada Robot Management Sampah Menggunakan I2C dan SPI. *Fakultas Teknik Universitas Brawijaya*, 8.
- Winsen. (2015, March 3). Intelligent Infrared CO<sub>2</sub> Module (Model: MH-Z19). Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. Retrieved from [winsensor.com](http://winsensor.com)
- Wiyagi, R. O., Danardono, & Agus, T. A. (2017). High Altitude Balloon Payload Design for Atmospheric Observations. *JET-UMY (Journal of Electrical Technology UMY)*, 1(1), 8.