

## **RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU PERUBAHAN CUACA MENGUNAKAN SENSOR GMM220 VAISALA DAN SHT30 DENGAN DATA LOGGER RASPBERRY PI**

### **DESIGN OF A WEATHER CHANGE MONITORING SYSTEM USING THE VAISALA GMM220 AND SHT30 SENSOR WITH THE RASPBERRY PI DATA LOGGER**

Muhammad Zia Ulhaq<sup>1</sup>, Sony Sumaryo<sup>2</sup>, Novi Prihatiningrum<sup>3</sup>,  
Asif Awaludin<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom,

<sup>4</sup>Pusat Sains Antariksa - LAPAN

<sup>1</sup>[muhammadziau@telkomuniversity.ac.id](mailto:muhammadziau@telkomuniversity.ac.id), <sup>2</sup>[sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id](mailto:sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id),  
<sup>3</sup>[prihatiningrum@telkomuniversity.ac.id](mailto:prihatiningrum@telkomuniversity.ac.id), <sup>4</sup>[asif.awaludin@lapan.go.id](mailto:asif.awaludin@lapan.go.id)

#### **Abstrak**

Iklm dan cuaca sangat mempengaruhi aktivitas manusia saat ini. Iklm dan cuaca saling berkaitan dan memiliki parameter yang sama. Cuaca merupakan keadaan atmosfer dalam orde harian atau dalam jangka waktu yang singkat. Cuaca hanyalah bagian terkecil dari efek perubahan iklim. Parameter dari keduanya yaitu temperatur, kelembapan, angin dan lain-lain. Perubahan-perubahan yang terjadi secara signifikan pada parameter cuaca dan iklim akan mengakibatkan pemanasan global yang disebabkan oleh efek rumah kaca. Efek Rumah Kaca terjadi karena terperangkapnya gas-gas di atmosfer, diantaranya gas karbondioksida, karbon monoksida, metana, klorofluorokarbon, hidrofluorokarbon dan lainnya. Gas karbondioksida merupakan yang terbanyak di atmosfer diantara gas yang lain. Peningkatan karbondioksida akan meningkatkan suhu udara dan menurunkan kelembapan udara apabila secara signifikan. Pada penelitian ini akan dirancang suatu alat serta sistem yang dapat memantau perubahan cuaca dan iklim. Pemantauan dilakukan dibandung dengan ketinggian 768 m-800 m diatas permukaan laut. Dengan menggunakan modul sensor yang dapat mendeteksi, mengukur konsentrasi karbondioksida, temperatur dan kelembapan. Raspberry Pi sebagai pengolah data serta data logger yang dapat mencatat data dengan pengukuran secara real time. Penelitian ini berhasil mendapat nilai akurasi sensor CO2 98,88%, suhu 99,4% dan kelembapan 98,4%, merekam data dan menampilkan data rata-rata suhu, kelembapan, CO2, max, min CO2 serta grafik warna dari CO2.

**Kata kunci:** *cuaca, iklim, karbondioksida, efek gas rumah kaca, raspberry pi, data logger*

#### **Abstract**

*Today, climate can affect to human activity. Climate and weather are related to each other. Weather is a state of the atmosphere in a daily order or in a short period of time. Weather is only the smallest part of the effects of climate change. The parameters of both are temperature, humidity, wind and others. At this time significant changes in climate parameters will result in global warming caused by the greenhouse effect. The greenhouse effect is the trapping of gases in the atmosphere, including carbon dioxide, carbon monoxide, methane, chlorofluorocarbons, hydrofluorocarbons and others. Carbon dioxide gas is the largest in the atmosphere than other gases. The increase in carbon dioxide will increase the air temperature and reduce the humidity if it is significantly. In this final project, a tool and system will be designed that can monitor weather and climate change. Monitoring was carried out in Bandung with an altitude of 768 m-800 m above sea level. By using a sensor module that can detect and measure Carbon dioxide concentration, temperature and humidity. Raspberry Pi as a data processor and data logger that can record data with measurements in real time. This research succeeded in obtaining accuracy values above 96% from each tool, recording data and displaying data on average temperature, humidity, CO2, max, min CO2 as well as color graphs of CO2.*

**Keywords:** *weather, climate, carbon dioxide, greenhouse gas effects, raspberry pi, data logger.*

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan cuaca dan iklim merupakan salah satu isu yang cukup ramai dibicarakan belakangan ini. Hal ini disebabkan karena dampak perubahan cuaca dan iklim tersebut sudah sangat dirasakan pada setiap aspek-aspek kehidupan manusia [1]. Perubahan cuaca dan iklim juga merupakan isu global yang sangat penting yang hingga kini terus dicari solusinya melalui beberapa perjanjian antara negara, misalnya perjanjian lingkungan internasional yang ditandatangani oleh beberapa anggota PBB sebagai bentuk kesepakatan untuk pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang diselenggarakan di Rio de Janeiro, Brazil pada 3 – 14 Juni 1994 [2] dan ada dari Konferensi yang terlibat pada UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) ke XIII di Bali (2007), memaparkan bahwa jumlah karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di atmosfer merupakan paling dominan terhadap perubahan cuaca dan iklim saat ini. Dengan peningkatan dari masa pra-industri (sebelum 1850) 278 ppm menjadi 380 ppm (2005).

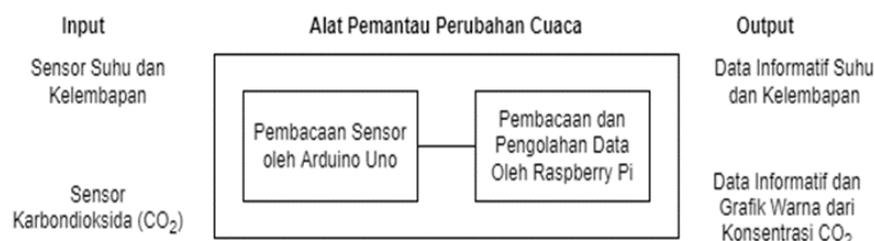
Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) lainnya, seperti CO<sub>2</sub>, CO, HFC, CFC CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O yang terus meningkat akan menyebabkan pemanasan global yang berkelanjutan dan menyebabkan perubahan-perubahan lainnya [2]. Indonesia sebagai salah satu penyumbang besar emisi CO<sub>2</sub>, yang jika berlebihan akan mengakibatkan efek rumah kaca yang dapat meningkatkan temperatur bumi secara global. Efek yang ditimbulkan dari peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> apabila berlebih di udara secara global yaitu meningkatnya permukaan laut, mencairnya gletser, dan kekeringan [3]. Sedangkan efek bagi manusia apabila kadar CO<sub>2</sub> terlalu tinggi yaitu perubahan tekanan darah, sakit kepala, sesak nafas, pusing dan lain-lain [4].

Perubahan cuaca dan iklim akibat dari meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer perlu terus dipantau dan diwaspadai dampaknya, khususnya terhadap timbulnya fenomena cuaca ekstrim. Maka dari itu dibutuhkan sistem pemantau perubahan cuaca dan iklim untuk mengamati serta mewaspadai efek rumah kaca yang diakibatkan peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub>. Untuk dapat menyimpan data secara kontinyu, terdapat sistem data logger yang berfungsi untuk menyimpan, mencatat dan menampilkan grafik sehingga mudah untuk diamati [5].

Meninjau dari penelitian sebelumnya, yang membedakannya pada penelitian ini terdapat pada kontrolernya. Untuk penelitian-penelitian sebelumnya masih menggunakan mikrokontroler Atmega128, esp8266, sedangkan yang akan dilakukan kali ini menggunakan mikrokomputer yang dapat memproses data lebih cepat, juga sudah terintegrasi dengan penyimpanan memori yang dapat digunakan sebagai sistem *data logger* sehingga rangkaian lebih sederhana, simple serta terdapat informative *Graphical user interface* (GUI) yang dapat memudahkan user. Diharapkan dari penelitian ini terciptanya dan tersedianya sistem pemantau perubahan iklim di beberapa tempat di Indonesia, sehingga dampak dari peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> ini dapat diwaspadai.

## 2. PERANCANGAN

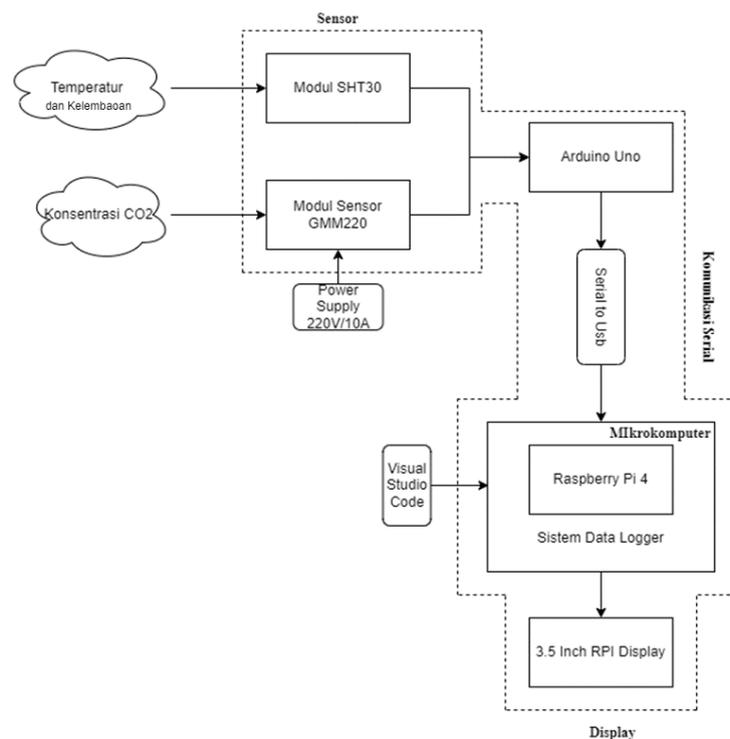
### 2.1 Desain Sistem



Gambar 1. Hubungan Input dan Output

Gambar 1 merupakan hubungan input dan output Sistem pemantau perubahan cuaca merupakan alat yang dapat memantau perubahan cuaca dengan sensor yang sudah terintegrasi mikrokomputer Raspberry Pi. Sebuah alat akan dirancang dengan alat ukur konsentrasi karbondioksida, temperatur dan kelembapan udara yang akan dibaca oleh Arduino Uno. Lalu data yang telah didapat akan disimpan pada SD card mikrokomputer Raspberry Pi dengan format csv (comma separated values), lalu data akan diekspor dan diolah dalam bentuk grafik di LCD RPI 3.5 Inch. Dalam sistem ini juga digunakan Visual Studio Code sebagai media Code, Remote, penyimpanan untuk pengolahan data. Peningkatan konsentrasi CO2 dapat meningkatkan temperatur rata-rata bumi yang dapat menyebabkan pemanasan global [3].

## 2.2 Diagram Blok Sistem



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Gambar 2 menjelaskan bahwa sistem ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno untuk pembacaan pengukuran dari sensor GMM220 dan SHT30. Sensor GMM220 membutuhkan power supply 12V/10A untuk mengoperasikannya, sedangkan SHT30 cukup menggunakan sumber tegangan dari Arduino uno. Mikrokomputer Raspberry Pi sebagai pengolah data dan sebagai data logger dalam format file .csv pada SD Card Raspberry Pi. Kabel USB to Serial sebagai media komunikasi serial bagi Arduino Uno dan Raspberry Pi. Visual Studio Code digunakan untuk code dan remote. Lalu data akan diolah di Raspberry Pi. Output dari sistem ini berupa data grafik harian

dari konsentrasi CO2, data maksimum, minimum, dan rata-rata yang akan ditampilkan RPi 3.5inch.

## 2.3 Perancangan Perangkat Keras

Dalam sistem pemantau perubahan cuaca dan iklim ini dibutuhkan perangkat terdiri dari sensor, sistem komunikasi, mikrokomputer Raspberry Pi, dan media untuk menampilkan data. Perangkat yang digunakan diantaranya:

1. Arduino Uno, digunakan sebagai mikrokontroler yang berfungsi membaca sensor GMM220 dan SHT30, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arduino Uno

2. Sensor GMM220 mengukur konsentrasi CO<sub>2</sub> dan SHT30 mengukur temperatur/suhu dan kelembapan udara
3. Menggunakan Power Supply 12V/10A untuk mengoperasikan sensor GMM220
4. Raspberry Pi, digunakan untuk mengolah data, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Raspberry Pi Model B

5. SD Card Raspberry Pi, digunakan sebagai *data logger*.
6. CSV merupakan format file penyimpanan.
7. Visual Studio Code, digunakan sebagai media *Code*, pengendali dan penyimpanan untuk pengolahan data.
8. USB to serial, digunakan sebagai penghubung atau komunikasi Arduino Uno dengan Raspberry Pi, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



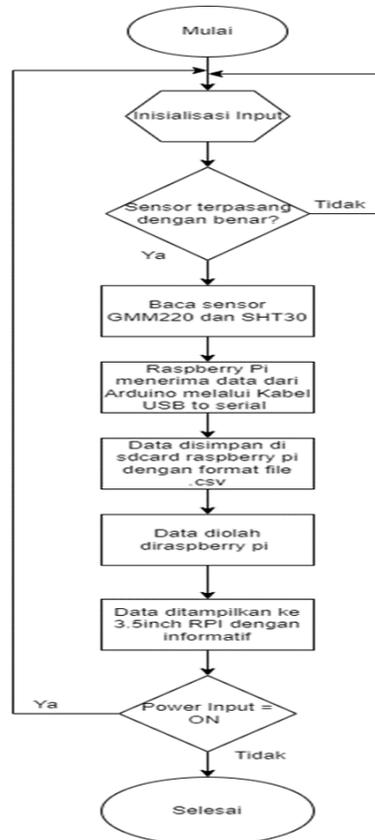
Gambar 5 Kabel USB to Serial

9. LCD RPi 3.5inch, digunakan sebagai GUI (*Graphical User Interface*).
10. Cover Akrilik, sebagai baju atau *cover* dari semua alat.

### 2.3 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam sistem pemantau ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno dan mikrokomputer Raspberry Pi. Untuk mengoperasikan Arduino uno diprogram menggunakan Arduino IDE dan untuk program, remote, pengolahan data menggunakan Visual Studio Code.

### 2.4 Flowchart



Gambar 6. Flowchart

Gambar 6 menjelaskan proses atau alur dari keseluruhan sistem. Berikut penjelasan dari diagram alir diatas:

1. Inisialisasi input dan output, merupakan proses kesiapan dari *hardware* berupa sensor GMM220 dan SHT30
2. Jika sensor tidak terpasang dengan baik atau tidak terbaca maka proses diulangi ke inisialisasi
3. Jika inisialisasi berhasil maka Arduino membaca sensor GMM220 dan SHT30 berupa konsentrasi CO<sub>2</sub>, temperatur dan kelembapan udara
4. Data yang didapat selanjutnya dikirimkan ke Raspberry Pi melalui kabel USB to serial
5. Data disimpan di sd card raspberry pi dengan format file .csv
6. Data diolah di raspberry pi dengan matplotlib
7. Data ditampilkan 3.5inch RPI dengan informatif
8. Dan jika *power supply* masih aktif maka proses terus berulang secara real time
9. Dan jika *power supply* mati maka proses selesai

### 3. HASIL DAN ANALISIS

Pada bab ini akan dipaparkan hasil pengujian yang dilakukan serta analisisnya yang bertujuan untuk menguji keberhasilan dari sistem pemantau perubahan cuaca dengan parameter kadar karbondioksida, suhu dan kelembapan.

#### 3.1 Kalibrasi Alat

Pada subbab ini membahas cara kalibrasi pada sensor GMM220 agar nilai yang didapat menghasilkan nilai yang mendekati baik. Dengan mencari nilai akurasi dan nilai error pada setiap percobaan dengan menggunakan persamaan (1).

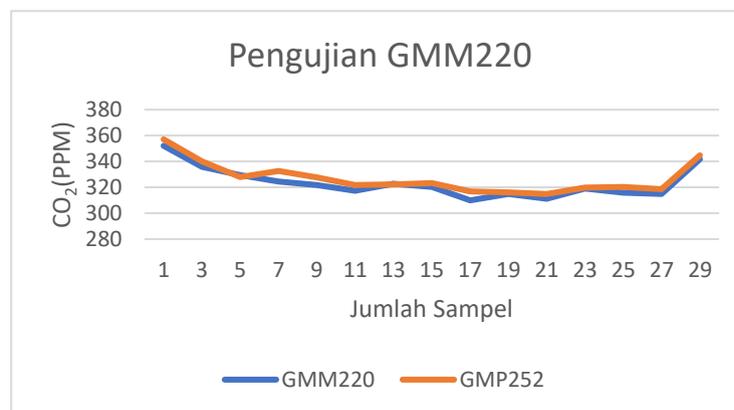
$$\%Error = \left| \frac{\text{nilai pengukuran} - \text{nilai sebenarnya}}{\text{nilai sebenarnya}} \right| \times 100 \quad (1)$$



Gambar 7. Proses Kalibrasi Alat

#### 3.2 Pengujian Akurasi GMM220

Proses pengujian akurasi pada sensor kadar karbondioksida (CO<sub>2</sub>) ini dilakukan agar alat yang digunakan dapat bekerja dengan baik dan nilainya mendekati nilai standar. Pada kali ini sensor GMM220 diuji dengan alat lainnya yaitu GMP 252 yang telah dikalibrasi oleh perusahaan VAISALA. Kedua alat ini diletakkan berdampingan. Pengujian dilakukan di LAPAN Bandung (26 Agustus 2021) dengan mengambil data sebanyak 30 sampel selama 30 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 8.

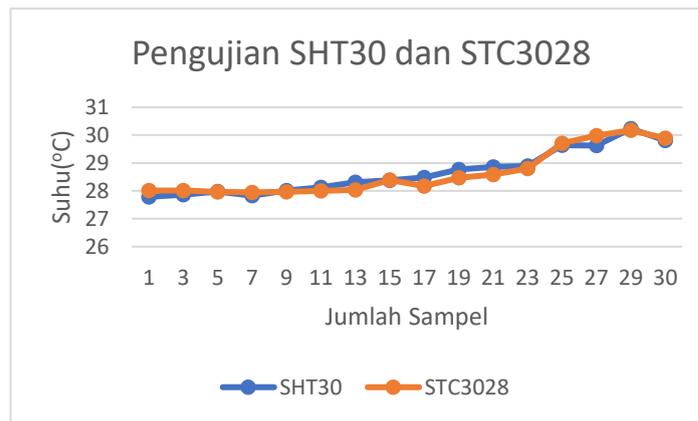


Gambar 8. Grafik Pengujian GMM220

Berdasarkan Gambar 8, didapatkan hasil pengujian sensor konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan akurasi yang cukup baik sebesar 98.88%, error 1.11%.

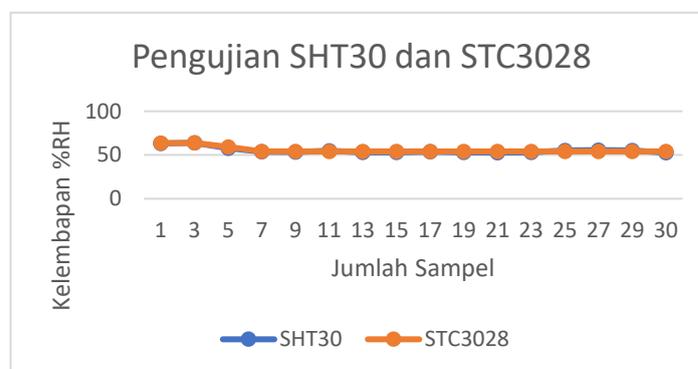
### 3.3 Pengujian akurasi SHT 30 (suhu dan kelembapan)

Proses pengujian sensor suhu dan kelembapan dilakukan dengan membandingkan nilai dengan alat standar suhu dan kelembapan yaitu STC-3028. SHT30 dan STC-3028 diletakkan pada tempat yang sama. Pengujian dilakukan dengan mengambil data sebanyak 30 sampel selama 30 menit. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik Pengujian SHT30 dan STC3028

Berdasarkan Gambar 9, didapatkan hasil pengujian sensor suhu dengan akurasi yang cukup baik sebesar 99.44%, error 0.55% dan rata-rata suhu 28°C dalam 30 menit jam 10:28-11:00.



Gambar 10 Grafik Pengujian SHT30 dan STC3028 (%RH) (C)

Berdasarkan Gambar 10, didapatkan hasil pengujian sensor kelembapan udara dengan akurasi 98.4%, error 1.59% dan rata-rata kelembapan sekitar 55%RH. Perubahan pada nilai suhu dan kelembapan di SHT30 dan STC3028 dipengaruhi oleh angin, kondisi mendung atau panasnya pada saat pengujian dan komponen dari kedua alat tersebut.

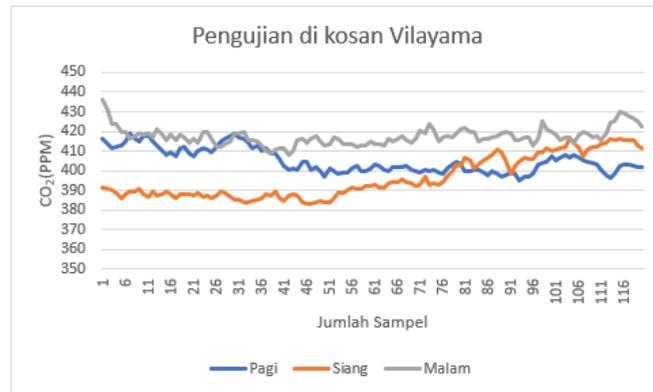
### 3.4 Pengujian Sistem Pemantau di 3 Tempat

Pemantauan dilakukan dengan mengambil data di tempat yang memiliki karakteristik berbeda-beda. Penelitian ini menggunakan teknik purposive sampling. Menurut Sugiyono(2010), teknik purposive sampling adalah suatu teknik pengambilan sumber data dengan penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu dengan ditentukan 1 titik sebagai titik tempat pengambilan data secara konsisten agar didapatkan data yang akurat.

Setelah melakukan pengujian pada masing-masing sensor, selanjutnya dilakukan pengujian

seluruh perangkat, menemukan dan menentukan karakteristik karbondioksida (CO<sub>2</sub>), temperatur dan kelembapan udara di 3 tempat berbeda dengan kondisi cuaca panas. Berikut 3 lokasi pengujian sensor:

a) Rooftop Kos VilaYama Sukabirus (-6.97647370699397, 107.63266999727692), lokasi ini berada pada jalan sukabirus dekat lingkungan kampus dan termasuk dalam kategori sedang dalam keramaian.



Gambar 11 Grafik pengujian diatas rooftop kosan Vilayama

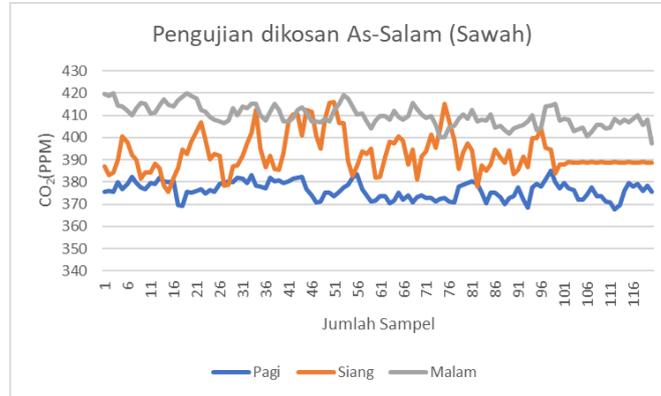
Gambar 11 merupakan pengujian yang dilakukan pada rooftop kosan Vilayama pada waktu pagi (10:00-12:00), siang (14:00-16:00) dan malam (18:00-20:00) dengan didapatkan hasil seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian di rooftop kosan Vilayama

Average	Pagi	Siang	Malam
CO <sub>2</sub> (PPM)	405	396.2	417.5
Suhu (°C)	32.71	30.68	26.98
Kelembapan (%RH)	33.9	39.41	72.34

Tabel 1 merupakan hasil yang didapatkan dari pengujian di atas kosan vilayama. Untuk aktivitas pada daerah ini terkadang sedang dan terkadang ramai. Yang menyebabkan pada keramaian pagi menjelang siang (10:00-12:00) dengan nilai 405 ppm, pada kondisi sepi siang menjelang sore (14:00-16:00) dengan nilai 396 ppm dengan rata-rata suhu 29 °C dan kelembapan 43% RH.

b) Rooftop kosan As-Salam (Sawah) Jl Atmawigena (-6.979292000849448, 107.62831591115551), lokasi ini berada berdekatan dengan sawah dan masjid Annur Sukabirus dan termasuk dalam kategori sepi-sedang dalam keramaian.



Gambar 12 Grafik pengujian diatas rooftop kosan As-Salam (Sawah)

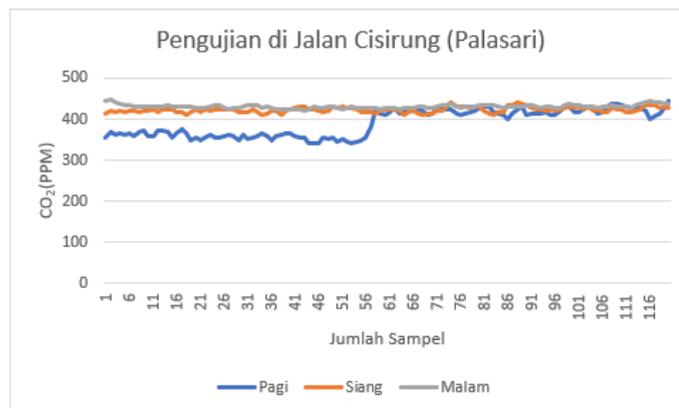
Gambar 12 merupakan pengujian yang dilakukan pada rooftop kosan As-Salam (Sawah) pada waktu pagi (10:00-12:00), siang (14:00-16:00) dan malam (18:00-20:00) dengan didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Pengujian di rooftop kosan As-Salam (Sawah)

Average	Pagi	Siang	Malam
CO <sub>2</sub> (PPM)	376.2646	392.89	409.8124
Suhu (°C)	30.31	28.47	25.155
Kelembapan (%RH)	41.80	46.78	73.49

Untuk daerah sawah memiliki nilai yang stabil, dikarenakan untuk aktivitas manusia pada daerah ini dalam kategori sepi-sedang. Dalam daerah sawah ini juga terdapat permukaan hijau yang akan membantu penyerapan karbondioksida oleh proses fotosintesis. Pada pagi menjelang siang (10:00-12:00) dengan nilai 376 ppm, pada waktu siang menjelang sore (14:00-16:00) dengan nilai 392 ppm dengan rata-rata suhu 31°C dan kelembapan 36%RH.

c) Jalan Cisirung (Palasari)-Rumah makan ajo kandung (-6.97428155120606, 107.60439182213283), lokasi ini merupakan daerah berbagai industri dari coklat, garmen dan tekstil dan termasuk dalam kategori kawasan ramai.



Gambar 13 Grafik pengujian pinggir Jalan Cisirung

Gambar 13 merupakan pengujian yang dilakukan pada Jalan Cisirung (Palasari) pada waktu siang (10:00-12:00), sore (14:00-16:00) dan malam (18:00-20:00) dengan didapatkan hasil seperti pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengujian di Cisirung (Palasari)

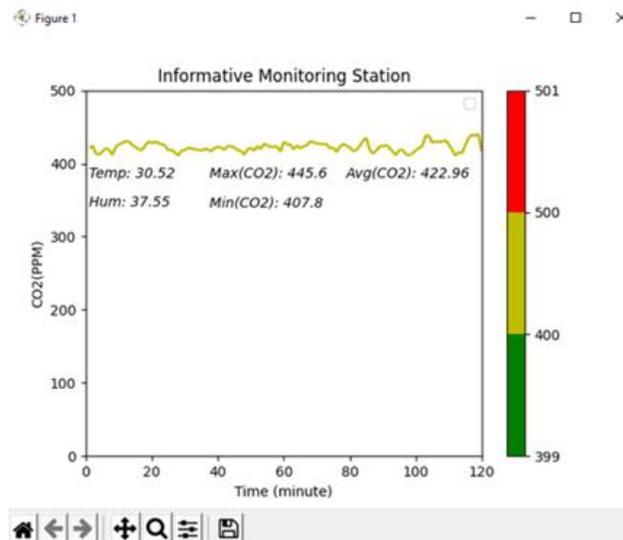
Average	Pagi	Siang	Malam
CO <sub>2</sub> (PPM)	391.1515	422.9772	431.0254
Suhu (°C)	32.086	30.55	26.58
Kelembapan (%RH)	33.81	37.54	72

Di Lokasi Cisirung-Palasari ini termasuk kategori ramai dengan kendaraan bermotor, aktivitas manusia, aktivitas industri coklat, garmen dan tekstil. Pada pagi menjelang siang (10:00-12:00) dengan nilai 391 ppm, pada waktu siang menjelang sore (14:00-16:00) dengan nilai 429 ppm dengan rata-rata suhu 31 °C dan kelembapan 35 %RH.

Dari pengujian diatas terlihat bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> pada malam hari selalu tinggi di 3 daerah tempat pengujian. Hal ini sesuai dengan penelitian Ying(2010), dimana konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi terjadi di malam hari dikarenakan pada malam kondisi atmosfer relatif tenang akibat rendahnya kecepatan angin dan adanya proses respirasi pada malam hari oleh beberapa tumbuhan. [6].

Terlihat juga pada pengujian diatas bahwa pada siang hari nilai suhu bernilai tinggi menjadikan kelembapan rendah dan pada malam hari suhu menjadi rendah menjadikan kelembapan udara meningkat.

### 3.5 Tampilan Informative GUI



Gambar 14 Tampilan Informative GUI

Gambar 14 merupakan gambar informative GUI dari sistem pemantau perubahan cuaca. Terdapat data di atas berupa rata-rata temperatur (Temp), kelembapan udara (Hum), nilai maximal dari konsentrasi CO<sub>2</sub> (Max(CO<sub>2</sub>)), nilai minimal CO<sub>2</sub> (Min(CO<sub>2</sub>)) dan rata-rata dari konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan sumbu y nilai CO<sub>2</sub> PPM dan sumbu x waktu pengambilan dalam 2 jam. Grafik dengan warna merah, kuning, dan hijau. Dengan indikasi merah(bahaya), kuning (aman-peringatan), hijau (Sangat aman).

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1 Kesimpulan

Telah dilakukan perancang sistem pemantau perubahan iklim, setelah dilakukan pengujian, perancangan dan pengambilan data, sistem monitoring perubahan iklim ini sudah dapat berjalan dengan baik. Berikut kesimpulan yang didapatkan:

1. Setelah dilakukan pengujian sensor GMM220 dengan GMP252 terhadap parameter konsentrasi CO<sub>2</sub>, didapatkan hasil akurasi 98.88%.
2. Setelah dilakukan pengujian sensor SHT30 dengan STC3028 terhadap parameter temperatur dan kelembapan udara, didapatkan akurasi sebesar 99.44 % untuk suhu dan 98.4 % untuk kelembapan
3. Datalogger dengan format penyimpanan file.csv sudah dapat merekam dan mencatat data dengan baik dan mudah dibaca oleh user.
4. Informative GUI sudah dapat menampilkan data rata-rata temperatur (Temp), kelembapan udara (Hum), nilai maximal dari konsentrasi CO<sub>2</sub> (Max(CO<sub>2</sub>), nilai minimal CO<sub>2</sub> (Min(CO<sub>2</sub>), rata-rata dari konsentrasi CO<sub>2</sub> dan pewarnaan grafik konsentrasi CO<sub>2</sub> berdasarkan warna.
5. Telah berhasil dilakukan pengujian di 3 tempat dan berdasarkan pengujian bahwa konsentrasi CO<sub>2</sub> pada malam hari selalu tinggi di 3 daerah tempat pengujian, pada siang hari nilai suhu bernilai tinggi menjadikan kelembapan rendah dan pada malam hari suhu menjadi rendah menjadikan kelembapan udara meningkat.
6. Pada saat siang hari, CO<sub>2</sub> berasal dari aktivitas manusia, kendaraan bermotor dan beberapa pelaku industri. Pada malam hari CO<sub>2</sub> berasal dari vegetasi, aktivitas manusia dan kendaraan bermotor.

### 4.2 Saran

Adapun saran untuk peningkatan dan pengembangan fitur dari penelitian sistem pemantau perubahan iklim ini yaitu:

1. Sistem pemantau perubahan iklim ini dapat mendapatkan hasil yang lebih baik lagi apabila pengambilan data untuk jangka panjang mulai dari satu bulan dan sampai 1 tahun juga dibandingkan
2. Peningkatan dari *packaging design* agar bisa tahan dalam kondisi hujan
3. Pemantau perubahan iklim ini dapat lebih baik lagi apabila ditambah sensor yang dapat mengukur metana, karbonmonoksida, intensitas cahaya, tekanan udara, arah angin, kecepatan angin dan curah hujan agar banyak parameter yang dapat dipantau sehingga tau akan penyebabnya perubahan dari parameter-parameter cuaca dan iklim
4. Penambahan sensor detak jantung untuk mengetahui apakah ada hubungan antara naik dan turun konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan detak jantung untuk sebagai bahan edukasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Soerjadi Wirjohamidjojo, Yunus Swarinoto. (2010). *Iklim Kawasan Indonesia*. BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA, Jakarta. Hal 4.
- [2] Yulinasari Primadita. (2017). Pengaruh emisi karbon dan pengungkapan emisi karbon terhadap cost of capital. Repository Trisakti.
- [3] M. Adrinta A., Muhammad Ihsan, Anhari Syahputra, Rasyid Imam Ghani, Rizki Syah Ramadhani, Drs. Dahlan Sitompul, M.Eng. (2017). Alat Ukur Suhu Digital Berbasis Atmega 32. *Jurnal Alat Ukur Suhu University Sumatera Utara*. Halaman 1-11.
- [4] Slamet Widodo<sup>1</sup>, M.Miftakhul Amin<sup>2</sup>, Adi Sutrisman<sup>2</sup>, Aldo Aziiz Putra<sup>3</sup>. (2017). Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih Dan Gas Berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, Dan CH<sub>4</sub> Di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Pseudocode, Volume IV Nomor 2, September 2017, ISSN 2355-5920*.
- [5] Asif Awaludin, Ginaldi Ari Nugroho, Chunaeni Latief, dan Afif Budiyo. (2014). Rancang Bangun Alat Pengukur Dan Sistem Jaringan Data CO<sub>2</sub> Di Indonesia Berbasis Web. *Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim, LAPAN-Bandung, Hal 79-101*.
- [6] Ying.C.S, (2010). *Measurement and Analysis of Carbon Dioxide Concentration in the Outdoor Environment*. Chinese University of Hong Kong.