

Sistem *Monitoring* Kualitas Udara Di Ruangan Tertutup Berbasis IoT Menggunakan Sensor MQ-135 dan GP2Y1014AU0F

(*Air Quality Monitoring System in a Closed Room Based on IoT Using MQ-135 and GP2Y1014AU0F Sensors*)

Ardi Sujiarta, I Gede Putu Wirarama Wedashwara W*, Ariyan Zubaidi

Dept Informatics Engineering, Mataram University

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: ardisujiarta11@gmail.com, : [wirarama, zubaidi13]@unram.ac.id

**Penulis Korespondensi*

Abstract Air quality is now decreasing, mainly in urban areas and industrial centers. Decreasing air quality can occur indoors, especially in a closed room such as a kitchen room. Conditions like this will certainly be very detrimental because it can interfere with health, disturbing comfort and can damage property. In this study, a system was made to monitor air quality, especially in closed rooms by utilizing IoT technology using MQ-135 and GP2Y1014AU0F sensors. Based on tests conducted in the kitchen room, when cooking the gas status was in the medium category and the dust status was in the good category, whereas after cooking the gas and dust status were in the good category. Then in the warehouse room, the gas status is in the medium category and the dust status is in the unhealthy category. Based on the test results, the system built has been running well and is possible to be implemented.

Key words: Air Quality, Closed Room, Monitoring, Internet of Things, Sensor.

I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya adalah udara. Udara adalah suatu campuran gas yang terdapat pada lapisan yang mengelilingi bumi dan komponen campuran gas tersebut tidak selalu konstan [1].

Udara bersih adalah udara yang mengandung beberapa macam gas dengan komposisi yang normal [2]. Penyimpangan dari kondisi normal pada waktu dan tempat tertentu berdampak pada pencemaran udara yang berdampak bermakna terhadap status kesehatan [3]. Seperti yang diketahui kondisi udara sekarang ini sudah mulai tercemar terutama di daerah perkotaan dan pusat-pusat industri. Pencemaran udara ini, bersumber dari beberapa kegiatan seperti kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Berbagai kegiatan tersebut memberikan kontribusi besar bagi pencemaran udara apabila dibuang ke udara bebas [4].

Turunnya kualitas udara tidak hanya bisa terjadi diluar ruangan namun juga bisa terjadi di dalam ruangan, khususnya ruangan yang cukup tertutup seperti ruangan

dapur. Pada tahun 2012, ilmuwan dari Universitas Sheffield menegaskan bahwa polusi udara dari dapur sebenarnya jauh lebih buruk dibanding asap jalanan, apalagi jika dapur di rumah atau restoran pengap. Hal ini sangat mungkin akan membuat orang terpapar polusi udara tiga kali jauh lebih tinggi dibanding berjalan kaki di trotoar pusat kota [5].

Dampak pencemaran udara dalam ruangan terhadap tubuh terutama pada organ tubuh yang kontak langsung dengan udara yaitu iritasi selaput lendir, iritasi mata, iritasi hidung, gangguan paru dan pernapasan dan lain-lain [6]. Kondisi seperti ini tentu akan sangat merugikan karena dapat mengganggu kesehatan terutama orang yang berada di dalam ruangan, mengganggu kenyamanan, serta dapat merusak properti atau benda [7], untuk mengantisipasi hal-hal yang merugikan tersebut terjadi dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti dengan melakukan pemantauan kualitas udara di ruangan tersebut untuk menjaga kualitas udara tetap stabil. Pemantauan kualitas udara tentu tidak dapat dilakukan dengan baik oleh manusia, karena keterbatasan waktu dan kemampuan yang dimiliki oleh manusia itu sendiri, untuk itu perlu adanya pemanfaatan teknologi yang dapat melakukan hal tersebut, salah satunya dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT).

Istilah IoT sering disebut sebagai teknologi masa kini, yaitu teknologi yang memanfaatkan perangkat komputer berukuran mini dan dapat terhubung dengan jaringan lokal ataupun *internet* [8]. Ada beberapa protokol yang sering digunakan untuk komunikasi data di IoT, salah satunya adalah protokol *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT). Protokol MQTT merupakan sebuah protokol komunikasi data *machine to machine* (M2M). Protokol MQTT memiliki keunggulan yaitu menjamin semua pesan terkirim meski koneksi terputus sementara [9]. Sistem berbasis *web* saat ini merupakan sistem yang paling sering digunakan untuk menyajikan atau menampilkan data dari perangkat IoT ke pengguna. Tampilan yang *user friendly*, mudah diakses kapanpun dan dimanapun merupakan keunggulan utama dari sistem berbasis *web*.

Penelitian ini memanfaatkan teknologi IoT dengan pengiriman data menggunakan protokol MQTT. Kemudian menggunakan sensor MQ-135 untuk mendeteksi kadar gas dan sensor GP2Y1014AU0F untuk mendeteksi kadar debu di udara serta menggunakan sistem berbasis *web* sebagai media penyampaian informasi data kualitas udara kepada pengguna.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian terkait mengenai sistem monitoring kualitas udara yang pernah dilakukan. Pertama, Pada tahun 2016 dilakukan penelitian dengan judul sistem monitoring dan notifikasi kualitas udara dalam ruangan dengan platform IoT yang dilakukan oleh J. Waworundeng dan O. Lengkong. Sistem monitoring ini terdiri dari mikrokontroler Wemos, sensor MQ-135, *blink notification*, dan *thingspeak* monitoring. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, sistem ini sudah berfungsi sesuai tujuan-nya, namun sistem ini masih memiliki kekurangan yaitu hanya bisa mendeteksi kualitas udara berdasarkan kandungan gas berbahaya (alkohol) yang terkandung dalam udara saja [10].

Kedua, Pada tahun 2018 N. Arminahrahman dan M. Rasyidan melakukan penelitian tentang *prototype* pengukur kualitas udara PM10 berbasis *internet of things* (IoT). Peneliti merancang *prototype* pengukur kualitas udara dengan menggunakan sensor DSM501a untuk mendeteksi kandungan debu di udara, sensor MQ-8 dan MQ-2 untuk mendeteksi gas berbahaya di udara. Selain menggunakan tiga sensor tersebut pada penelitian juga menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan media sosial *twitter* sebagai wadah untuk menyampaikan informasi kualitas udara tersebut. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa *prototype* yang dirancang sudah dapat mendeteksi adanya polusi udara dan dapat mengirimkan pemberitahuan ke media sosial *twitter*. Kekurangan dari penelitian ini yaitu terdapat pada media penyampaian informasi yang kurang efektif dan data dari kualitas udara tidak tersimpan [11].

Ketiga, Z. Iqbal dan L. Hermanto melakukan penelitian tentang sistem *monitoring* tingkat pencemaran udara berbasis teknologi jaringan sensor nirkabel pada tahun 2017. Peneliti merancang sistem monitoring tingkat pencemaran udara berbasis jaringan sensor nirkabel dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328, sensor gas MQ-7 sebagai detektor pencemaran udara dan modul wireless NRF24L01. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat yang dirancang bekerja sesuai dengan yang diinginkan, namun penelitian ini masih memiliki kekurangan yaitu sensor yang digunakan hanya sensor gas dan juga memiliki keterbatasan dalam mendeteksi gas berbahaya, dimana sensor MQ-7 hanya sensitif terhadap gas karbon monoksida [12].

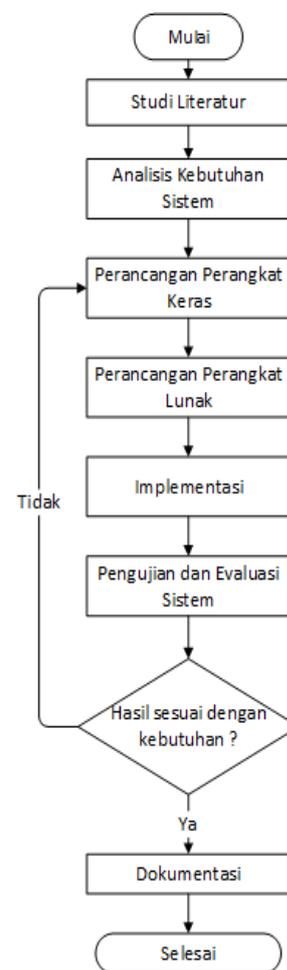
Berdasarkan tinjauan pustaka di atas, sistem yang dibuat akan menggunakan sensor gas dan sensor debu untuk mendeteksi kadar gas dan debu di udara dengan menggunakan protokol MQTT sebagai protokol

pengiriman data dan sistem berbasis *web* sebagai media penyampaian informasi kualitas udara kepada pengguna.

III. METODE PERANCANGAN

A. Alur Penelitian

Tahap pertama pada penelitian ini yaitu melakukan studi literatur, kemudian melakukan analisa kebutuhan sistem. Setelah itu, dilakukan perancangan terhadap perangkat keras sistem, kemudian melakukan perancangan untuk perangkat lunak sistem. Selanjutnya akan dilakukan tahap implementasi dari perancangan yang sudah dilakukan dan dilanjutkan dengan melakukan pengujian dan evaluasi. Apabila pada tahap pengujian dan evaluasi sistem hasilnya sudah sesuai dengan kebutuhan maka akan dilanjutkan ke tahap dokumentasi. Adapun alur tahap penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



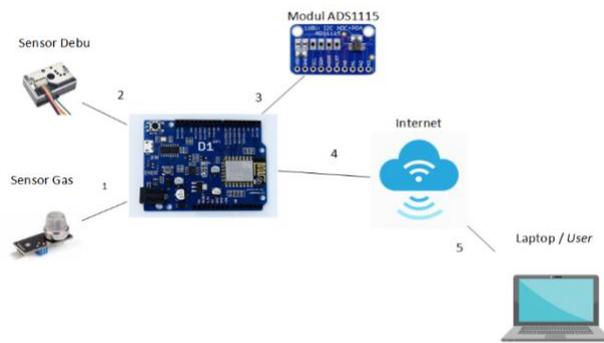
Gambar 1. Alur Tahap Penelitian

B. Perancangan Perangkat Keras

Pada tahap perancangan perangkat keras, akan dilakukan perancangan terhadap arsitektur sistem dan gambaran rangkaian dari sistem *monitoring* kualitas udara di ruangan tertutup berbasis IoT menggunakan sensor MQ-135 dan GP2Y1014AU0F.

B.1. Rancangan Arsitektur Sistem

Gambaran dari arsitektur sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 2.



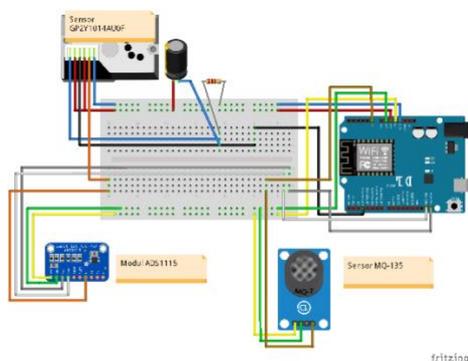
Gambar 2. Arsitektur Sistem

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing proses yang terdapat pada Gambar 2.

1. Sensor gas MQ-135 pada rangkaian elektronika, digunakan untuk mendeteksi kadar gas berbahaya yang terdapat di udara.
2. Sensor debu GP2Y1014AU0F pada rangkaian elektronika, digunakan untuk mendeteksi kandungan debu yang terdapat di udara.
3. Modul ADS1115 pada rangkaian elektronika, digunakan untuk menambahkan pin analog pada mikrokontroler Wemos D1.
4. Mikrokontroler Wemos pada rangkaian elektronika digunakan untuk mengambil data dari kedua sensor dan mengirim data tersebut ke *internet* untuk dapat diakses oleh sistem monitoring berbasis *web* yang dibuat.
5. Sistem *monitoring* berbasis *web*, digunakan sebagai penerima data dari rangkaian elektronika yang dibuat untuk ditampilkan ke pengguna sistem.

B.2. Rangkaian Elektronika Sistem

Gambaran dari rangkaian elektronika sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Elektronika Sistem

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing rangkaian yang terdapat pada Gambar 3.

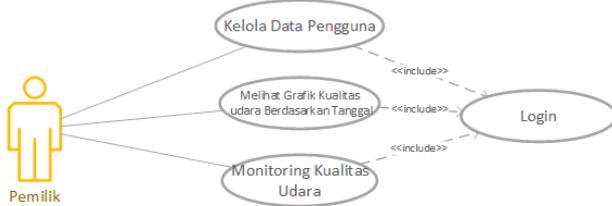
1. Sensor debu GP2Y1014AU0F pada rangkaian elektronika menggunakan resistor 220 Ω dan kapasitor serta mempunyai enam buah kabel yang terhubung dengan mikrokontroler Wemos D1. Kabel pertama pada sensor debu dihubungkan di antara kaki resistor dan kapasitor yang dimana sebelumnya resistor sudah terhubung dengan pin 3.3V dari mikrokontroler Wemos D1 dan kapasitor terhubung dengan pin GND. Untuk kabel kedua dan keempat dihubungkan dengan GND dan kabel keenam dihubungkan dengan pin 3.3V dari mikrokontroler Wemos D1. Kemudian untuk kabel ketiga dihubungkan dengan pin digital 3 sedangkan kabel kelima dihubungkan dengan pin analog 0 dari modul ADS1115.
2. Sensor MQ-135 pada rangkaian elektronika mempunyai 3 kabel yang terhubung dengan mikrokontroler Wemos D1. Kabel pertama pada sensor MQ-135 yaitu kabel VCC dihubungkan dengan pin 5V, kemudian kabel kedua dihubungkan dengan GND dan kabel ketiga dihubungkan pin analog 1 masing-masing ke mikrokontroler Wemos D1.
3. Modul ADS1115 pada rangkaian elektronika mempunyai 4 kabel yang terhubung dengan mikrokontroler Wemos D1. Kabel pertama pada modul ADS1115 yaitu VCC dihubungkan dengan pin 5V, kabel kedua yaitu kabel GND dihubungkan dengan pin GND, kabel ketiga yaitu kabel SCL dihubungkan dengan pin SCL/D15, kemudian kabel keempat kabel SDA dihubungkan dengan pin SDA/D14 masing-masing ke mikrokontroler Wemos D1.

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada tahap perancangan perangkat lunak, dilakukan perancangan *web* sistem monitoring kualitas udara. Selain merancang *web*, pada tahap ini juga akan dilakukan pemrograman pada mikrokontroler dan perancangan alur komunikasi data antara perangkat keras dan perangkat lunak sistem.

C.1. Use Case Diagram

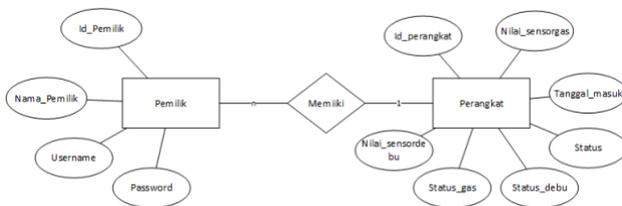
Use case pada sistem *monitoring* berbasis *web* yang akan dibangun yaitu pemilik alat harus melakukan *login* terlebih dahulu untuk dapat melakukan *monitoring* kualitas udara mengelola data pengguna dan melihat grafik kualitas udara berdasarkan tanggal. Adapun Rancangan *use case* sistem *monitoring* berbasis *web* yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Use Case Diagram

C.2. Entity Relationship Diagram

Entity Relationship Diagram (ERD) pada sistem monitoring berbasis web yang akan dibangun memiliki dua entitas yaitu pemilik dan perangkat. Rancangan ERD untuk sistem berbasis web yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 5.



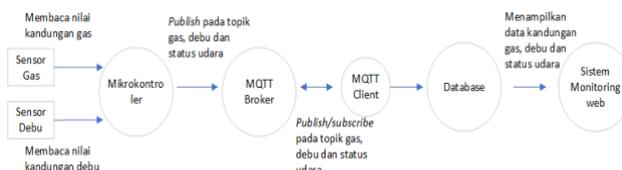
Gambar 5. Entity Relationship Diagram

C.3. Program Pada Mikrokontroler

Selain merancang web, pada tahap ini juga akan dilakukan pemrograman pada mikrokontroler untuk mengambil data nilai dari sensor-sensor yang digunakan dan pengambilan keputusan mengenai status kualitas udara. Selain itu, mikrokontroler juga akan diprogram untuk bisa terhubung dengan jaringan internet dan mengirimkan data yang telah diperoleh ke MQTT broker. Proses pemrograman mikrokontroler ini akan dilakukan di aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C.

C.4. Arsitektur Komunikasi Data

Alur proses arsitektur komunikasi data MQTT ini dimulai dari sensor gas dan sensor debu yang melakukan pembacaan data melalui mikrokontroler. Kemudian mikrokontroler akan mem-publish pada topik gas, debu dan status udara ke MQTT broker. Pada MQTT broker akan melakukan proses publish data ke database melalui MQTT client yang berperan sebagai publisher dan subscriber pada topik gas, debu dan status udara. Data gas, kelembaban dan status udara pada MySQL akan ditampilkan pada sistem monitoring web. Gambaran alur komunikasi data MQTT dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Arsitektur Komunikasi Data MQTT

D. Implementasi

Pada tahap implementasi, akan dilakukan tiga proses yaitu:

1. Melakukan penyusunan perangkat keras berupa mikrokontroler Wemos D1, sensor gas MQ-135, modul ADS1115, Modul LCD I2C dan sensor debu GP2Y1014AU0F menjadi satu rangkaian perangkat keras sistem, yang disesuaikan dengan rancangan pada tahap rancangan perangkat keras sistem.
2. Melakukan pembangunan sistem monitoring berbasis web dengan menggunakan HTML, PHP, MySQL, framework codeIgniter dan bootstrap dan pemrograman pada mikrokontroler.
3. Melakukan pembangunan komunikasi data antara sistem web dengan perangkat keras yang telah disusun sebelumnya. Protokol komunikasi data yang digunakan yaitu menggunakan protokol MQTT dengan platform mosquitto.

E. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, dilakukan pengujian terhadap sistem yang sudah dibangun dan evaluasi dari hasil pengujian yang dilakukan tersebut. Proses pengujian pertama akan dilakukan pada sistem pada rangkaian elektronika dan sistem monitoring berbasis web yang terhubung dengan protokol MQTT sebagai protokol komunikasi data. Kemudian untuk kalibrasi sensor akan diuji dan dibandingkan dengan alat indeks standar pencemaran udara yang ada di kota Mataram. Selanjutnya untuk pengujian perangkat atau sistem yang telah dibangun akan di uji pada ruangan tertutup yaitu dapur dari restoran atau rumah makan pada saat proses memasak dan setelah memasak serta di uji di ruangan gudang. Jika sistem sudah berjalan sesuai dengan kebutuhan maka akan dilanjutkan ke tahap berikutnya, namun jika sistem belum berjalan sesuai dengan kebutuhan maka akan dilakukan perbaikan dari tahap perancangan perangkat keras sistem.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini akan membahas hasil dari penelitian yang dilakukan. Realisasi yang dilakukan telah dibuat sesuai dengan perancangan yang telah dijelaskan sebelumnya, selain membahas mengenai realisasi sistem, pada tahap ini juga akan membahas mengenai hasil kalibrasi dan pengujian sistem serta mengevaluasi sistem yang telah berjalan.

A. Realisasi Perangkat Keras

Realisasi penyusunan perangkat keras mengacu pada rancangan perangkat keras yang terdapat pada tahap sebelumnya. Pada realisasi penyusunan perangkat keras ini ada penambahan modul yaitu modul LCD I2C dan buzzer. Penambahan modul ini bertujuan untuk memberikan atau menampilkan data kualitas udara kepada pengguna secara lebih realtime tanpa harus membuka web terlebih dahulu

dan sebagai *alarm* peringatan kepada pengguna. Realisasi perangkat keras yang telah dibuat dapat dilihat pada Gambar 7.



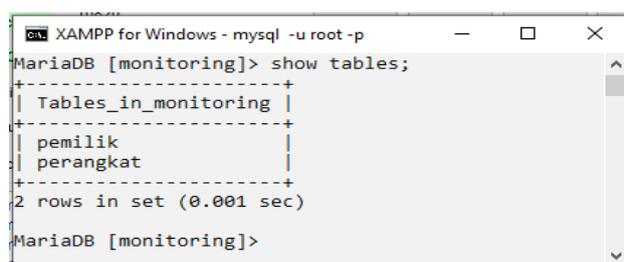
Gambar 7. Realisasi Perangkat Keras

Terdapat enam perangkat keras yang dihubungkan menjadi sebuah alat di Gambar 7, yang terdiri dari Wemos D1, modul ADS1115, modul LCD I2C, *buzzer*, sensor MQ-135 dan sensor GP2Y1014AU0F. Fungsi dari masing-masing perangkat keras tersebut adalah sebagai berikut :

1. Wemos D1, digunakan sebagai mikrokontroler dari sistem *monitoring* kualitas udara, yang dimana mikrokontroler ini sudah memiliki modul ESP8266 untuk terhubung ke jaringan *internet*.
2. Modul ADS1115, digunakan sebagai tambahan pin *analog* pada mikrokontroler Wemos D1.
3. Modul LCD I2C, digunakan untuk menampilkan data kualitas udara dari sensor yang digunakan secara *realtime* kepada pengguna.
4. Modul *buzzer*, digunakan untuk menghasilkan bunyi atau *alarm* peringatan kepada pengguna.
5. Sensor MQ-135, digunakan untuk mengambil data kandungan gas.
6. Sensor GP2Y1014AU0F, digunakan untuk mengambil data kandungan debu.

B. Realisasi Pembangunan Database

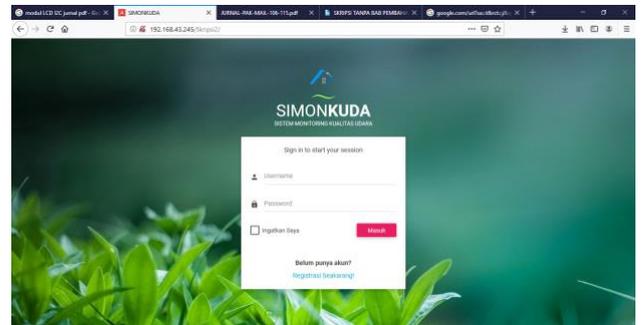
Realisasi pembangunan *database* dibuat sesuai dengan perancangan *database* pada tahap sebelumnya. Pembangunan *database* untuk sistem ini menggunakan MySQL. Realisasi pembangunan *database* dapat dilihat pada Gambar 8.



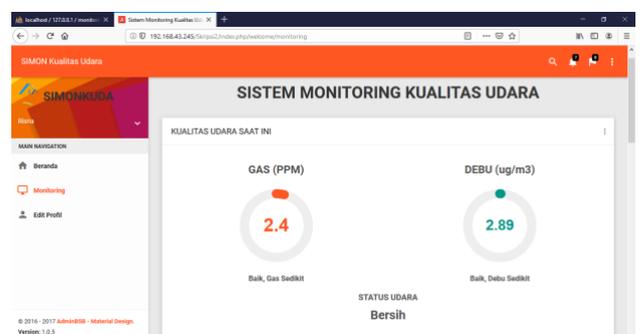
Gambar 8. Realisasi Database

C. Realisasi Pembangunan Interface Sistem

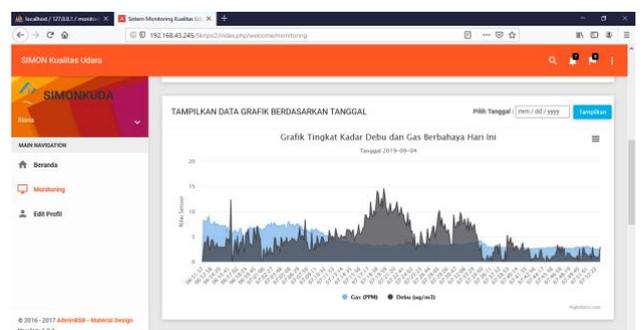
Realisasi *interface* yang dibangun yaitu halaman *login*, halaman *monitoring*, dan halaman ubah data pengguna. Berikut merupakan hasil realisasi *interface* sistem yang telah dibangun sesuai dengan rancangan *interface*.



Gambar 9. Interface Halaman Login



Gambar 10. Interface Halaman Monitoring Kualitas Udara Saat Ini



Gambar 11. Interface Halaman Grafik Udara Berdasarkan Tanggal

D. Realisasi Pembangunan Program Pada Mikrokontroler

Realisasi pembangunan program pada mikrokontroler ini dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman C menggunakan aplikasi Arduino IDE. Berikut merupakan penjelasan *source code* program pada mikrokontroler.

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "Adafruit_ADS1015.h"
#include "MQ135.h"
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
    
```

Script di atas merupakan *script* untuk memasukkan *library* yang akan digunakan dalam program.

```
const char* ssid = "Udah";
const char* password = "ardil234";
const char* mqtt_server = "broker.hivemq.com";
const char* clientID = "ESP8266";
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
```

Script di atas merupakan script untuk mendeklarasikan variable-variabel *wifi* dan MQTT yang akan digunakan mikrokontroler Wemos D1 dengan modul ESP8266 untuk terhubung dengan jaringan *internet* dan MQTT *broker*.

```
void loop() {
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();
  int16_t Volthasil;
  float ppm = analogRead(ANALOGAS);
  float adc0 = gasSensor.getPPM();
  digitalWrite(pinDigitaldebu, LOW);
  delayMicroseconds(280);
  Volthasil = ads.readADC_SingleEnded(0);
  digitalWrite(pinDigitaldebu, HIGH);
  delayMicroseconds(9620);
  float Voltdapat = Volthasil;
  #ifdef USE_AVG
  VoltTotal += Volthasil;
  VoltHitung++;
  if (VoltHitung >= N) {
    Voltdapat = 1.0 * VoltTotal / N;
    VoltHitung = 0;
    VoltTotal = 0;
  } else {
    return;
  }
  #endif
  Voltdapat = Voltdapat / 1024.0*5.0;
  float Voltdebu = Voltdapat - Volt;
  if (Voltdebu < 0){
    Voltdebu = 0; Volt = Voltdapat;}
  float dustDensity = (Voltdebu / Sensitive) *
  100.0;
```

Script di atas merupakan bagian script fungsi “void loop()” yang digunakan untuk melakukan perhitungan dan membaca nilai sensor debu dan gas dari variabel dan *library* yang telah dideklarasikan sebelumnya.

```
if (Ispudebu > 300 && Ispugas > 300){
  status = "Berbahaya";}
else if (Ispudebu > 200 && Ispugas > 200) {
  status = "SangatTidakSehat";}
else if (Ispudebu > 100 && Ispugas > 100){
  status = "TidakSehat";}
else if (Ispudebu > 50 && Ispugas > 50){
  status = "sedang";}
else if (Ispudebu > 0 && Ispugas > 0){
  status = "Bersih";}
}
```

Script di atas merupakan bagian script fungsi “void loop()” yang digunakan untuk menentukan status udara yang ditampung dalam variabel “status”.

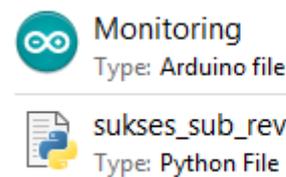
```
String debu = ""; debu += dustDensity;
String gas = ""; gas += adc0;
client.publish("test/debu", (char*)
debu.c_str());
client.publish("test/gas", (char*)
gas.c_str());
client.publish("test/statusudara", (char*)
status.c_str());
client.publish("test/statusgas", (char*)
statusgas.c_str());
```

```
client.publish("test/statusdebu", (char*)
statusdebu.c_str());
delay(5000); }
```

Script di atas merupakan bagian script fungsi “void loop()” pada program mikrokontroler yang digunakan untuk mem-publish hasil perhitungan nilai sensor dan status kualitas udara ke MQTT *broker*.

E. Realisasi Pembangunan Komunikasi Data MQTT

Realisasi pembangunan komunikasi data MQTT ini dilakukan pada mikrokontroler untuk *publish* data ke *broker* dan menggunakan program *python* untuk *subscribe* atau mengambil data dari *broker* dan menyimpannya ke *database*. Berikut merupakan file yang digunakan untuk membangun komunikasi data menggunakan protokol MQTT.



Gambar 12. File Komunikasi Data MQTT

F. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan melakukan percobaan terhadap perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Untuk Pengujian perangkat keras sistem, akan dilakukan pengujian terhadap fungsional sensor dan melakukan kalibrasi terhadap sensor yang digunakan. Kemudian pengujian perangkat lunak sistem dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap fungsi dari sistem monitoring kualitas udara berbasis *web*. Metode yang digunakan dalam pengujian sistem ini adalah dengan menggunakan metode *black box*. Kemudian untuk pengujian keseluruhan sistem akan di lakukan di dapur restoran pada saat proses memasak dan setelah memasak serta di gudang.

F.1. Pengujian Sensor Gas

Pengujian yang dilakukan adalah mengukur tingkat kadar gas yang dapat dibaca oleh sensor dalam dalam sebuah kotak dengan keadaan normal dan dengan menyemprotkan gas ke dalam kotak tersebut. Pengujian masing-masing keadaan dilakukan selama 1 menit dengan *delay* 10 detik. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa sensor gas sudah dapat berjalan dengan baik, dimana sensor sudah dapat mendeteksi adanya gas di udara, seperti pada Tabel I.

TABEL I. PENGUJIAN SENSOR GAS

Waktu	Keadaan dan Nilai Sensor (ppm)	
	Normal	Disemprotkan Gas
Detik ke 10	7,4	426,1
Detik ke 20	7,5	405,4
Detik ke 30	7,2	379,5
Detik ke 40	7,4	325,1

Detik ke 50	7,3	304,5
Detik ke 60	7,2	256,3

F.2. Pengujian Sensor Debu

Pengujian yang dilakukan adalah mengukur tingkat kadar debu yang dapat dibaca oleh sensor dalam sebuah kotak dengan keadaan normal dan dengan menaburkan debu atau pasir menggunakan kipas angin ke dalam kotak tersebut. Pengujian masing-masing keadaan dilakukan selama 1 menit dengan delay 10 detik. Berdasarkan pengujian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa sensor debu sudah dapat berjalan dengan baik, dimana sensor sudah dapat mendeteksi adanya debu di udara, seperti pada Tabel II.

TABEL II. PENGUJIAN SENSOR DEBU

Waktu	Keadaan dan Nilai Sensor ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
	Normal	Ditaburkan Debu
Detik ke 10	2,1	18,8
Detik ke 20	1,4	15,2
Detik ke 30	1,1	13,1
Detik ke 40	1,6	13,9
Detik ke 50	2,4	16,4
Detik ke 60	2,1	15,8

F.3. Kalibrasi Nilai Sensor Gas dan Sensor Debu

Proses kalibrasi nilai sensor gas dan debu ini dibandingkan dengan nilai alat indeks standar pencemaran udara yang ada di kota Mataram. Proses kalibrasi ini dilakukan selama 30 menit. Berdasarkan kalibrasi yang telah dilakukan didapatkan hasil rata-rata nilai sensor gas sebesar 1,45 ppm sedangkan nilai alat indeks standar pencemaran udara sebesar 1 ppm dan rata-rata nilai sensor debu sebesar 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sedangkan nilai alat indeks standar pencemaran udara sebesar 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Berdasarkan hasil kalibrasi tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor debu dan sensor gas yang digunakan dalam pembuatan sistem monitoring kualitas udara ini sudah dapat mendeteksi adanya polusi di udara dengan selisih nilai yang tidak terlalu jauh.

F.4. Pengujian Fungsi Fitur Web Sistem

Pengujian fungsi fitur web ini dilakukan untuk mengetahui apakah fungsi ini sudah berjalan dengan baik dan benar. Adapun fungsi yang diuji adalah fungsi login, fungsi mengubah data pemilik dan menampilkan grafik kualitas udara berdasarkan tanggal. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tiga fungsi tersebut sudah berjalan dengan baik dan benar.

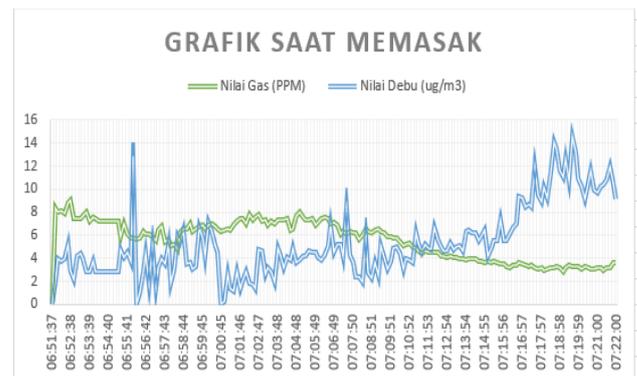
G. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Proses pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan di dua dapur restoran atau rumah makan. Pengujian ini dilakukan dengan skenario yaitu dengan menempatkan alat monitoring kualitas udara di ruangan dapur restoran tersebut selama 30 menit saat memasak dan 30 menit setelah selesai memasak serta 30 menit pada gudang dengan delay waktu pengambilan data per 10 detik. Berikut

merupakan hasil pengujian keseluruhan sistem yang telah dilakukan.

G.1. Hasil Pengujian Dapur Rumah Makan Bu Marlina

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat monitoring kualitas udara telah berhasil mendapatkan data kualitas udara di ruangan dapur tersebut. Grafik kualitas udara tingkat kadar debu dan gas di ruangan dapur saat proses memasak dapat dilihat pada Gambar 13.



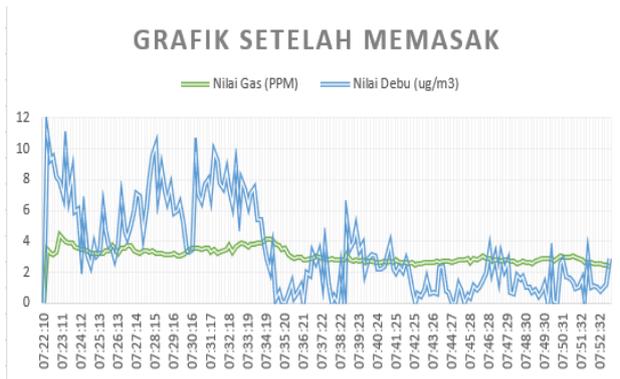
Gambar 13. Grafik Kualitas Udara Saat Memasak

Berikut merupakan statistik dari data yang didapatkan dari ruangan dapur tersebut saat proses memasak.

TABEL III. STATISTIK DATA PENGUJIAN SAAT MEMASAK

Statistik	Gas (ppm)	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rata-rata	5,60	5,30
Median	6,09	4,58
Modus	7,2	2,89
Rentang Nilai	6,14	14,56
Nilai Minimum	2,9	0
Nilai Maksimum	9,04	14,56
Total Nilai	1009,7	955,66
Jumlah Data	180	180

Tabel III merupakan tabel statistik data pengujian di dapur saat memasak. Berdasarkan statistik tersebut didapatkan nilai gas tertinggi yaitu 9,04 ppm dan terendah 2,9 ppm dengan rata-rata gas di ruangan tersebut adalah 5,60 ppm, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara sedang. Sedangkan nilai debu tertinggi yaitu 14,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata debu di ruangan tersebut adalah 5,30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara baik. Berdasarkan nilai rata-rata debu dan gas tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di ruangan tersebut saat proses memasak masuk dalam kategori bersih atau baik.



Gambar 14. Grafik Kualitas Udara Setelah Memasak

Gambar 14 merupakan grafik kualitas udara tingkat kadar debu dan gas di ruangan dapur setelah proses memasak. Berikut merupakan statistik dari data yang didapatkan dari ruangan dapur tersebut setelah proses memasak.

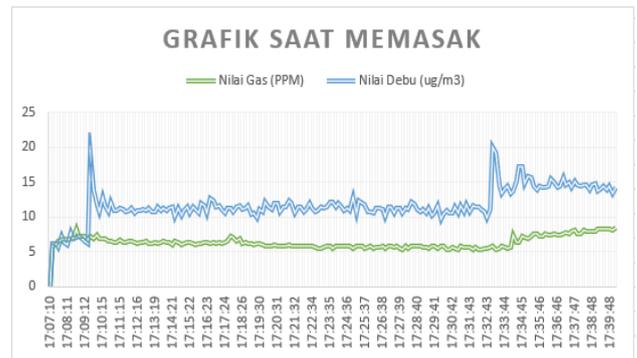
TABEL IV. STATISTIK DATA PENGUJIAN SETELAH MEMASAK

Statistik	Gas (ppm)	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rata-rata	3,08	3,48
Median	2,95	2,79
Modus	2,71	0
Rentang Nilai	1,97	10,86
Nilai Minimum	2,4	0
Nilai Maksimum	4,37	10,86
Total Nilai	565,41	638,64
Jumlah Data	183	183

Tabel IV merupakan tabel statistik data pengujian di dapur setelah memasak. Berdasarkan statistik tersebut didapatkan nilai gas tertinggi yaitu 4,37 ppm dan terendah 2,4 ppm dengan rata-rata gas di ruangan tersebut adalah 3,08 ppm, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara baik. Sedangkan nilai debu tertinggi yaitu 10,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata debu di ruangan tersebut adalah 3,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara baik. Berdasarkan nilai rata-rata gas dan debu tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di ruangan tersebut setelah memasak masuk dalam kategori bersih atau baik.

G.2. Hasil Pengujian Dapur Restoran Quick Chicken

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat monitoring kualitas udara telah berhasil mendapatkan data kualitas udara di ruangan dapur tersebut. Grafik kualitas udara tingkat kadar debu dan gas di ruangan dapur saat proses memasak dapat dilihat pada Gambar 15.



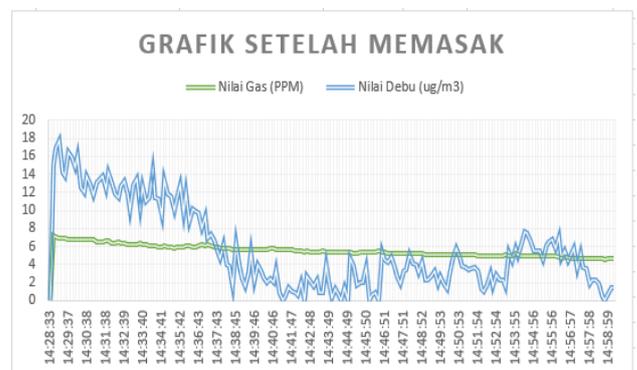
Gambar 15. Grafik Kualitas Udara Saat Memasak

Berikut merupakan statistik dari data yang didapatkan dari ruangan dapur tersebut saat proses memasak.

TABEL V. STATISTIK DATA PENGUJIAN SAAT MEMASAK

Statistik	Gas (ppm)	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rata-rata	6,36	11,76
Median	6,17	11,36
Modus	5,78	11,41
Rentang Nilai	3,28	14,37
Nilai Minimum	5,25	5,75
Nilai Maksimum	8,53	20,12
Total Nilai	1235,51	2282,49
Jumlah Data	194	194

Tabel V merupakan tabel statistik data pengujian di dapur saat memasak. Berdasarkan statistik tersebut didapatkan nilai gas tertinggi yaitu 8,53 ppm dan terendah 5,25 ppm dengan rata-rata gas di ruangan tersebut adalah 6,36 ppm, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara sedang. Sedangkan nilai debu tertinggi yaitu 20,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah 5,75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata debu di ruangan tersebut adalah 11,76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara baik. Berdasarkan nilai rata-rata debu dan gas tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di ruangan tersebut saat proses memasak masuk dalam kategori bersih atau baik.



Gambar 16. Grafik Kualitas Udara Setelah Memasak

Gambar 16 merupakan grafik kualitas udara tingkat kadar debu dan gas di ruangan dapur setelah proses memasak. Berikut merupakan statistik dari data yang didapatkan dari ruangan dapur tersebut setelah proses memasak.

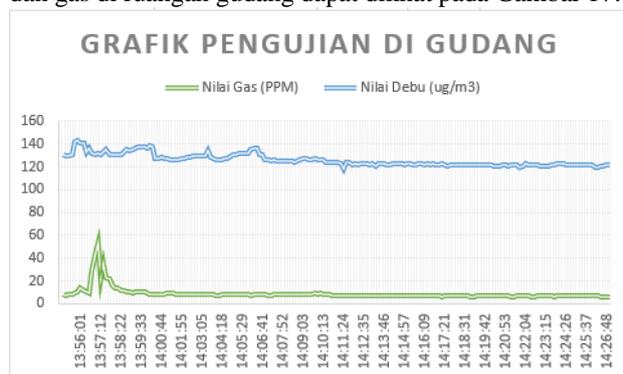
TABEL VI. STATISTIK DATA PENGUJIAN SETELAH MEMASAK

Statistik	Gas (ppm)	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rata-rata	5,53	5,74
Median	5,33	4,17
Modus	5,33	0
Rentang Nilai	2,64	17,70
Nilai Minimum	4,56	0
Nilai Maksimum	7,20	17,70
Total Nilai	1007,36	1046,38
Jumlah Data	183	183

Tabel VI merupakan tabel statistik data pengujian di dapur setelah memasak. Berdasarkan statistik tersebut didapatkan nilai gas tertinggi yaitu 7,20 ppm dan terendah 4,56 ppm dengan rata-rata gas di ruangan tersebut adalah 5,53 ppm, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara sedang. Sedangkan nilai debu tertinggi yaitu 17,70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah 0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata debu di ruangan tersebut adalah 5,74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara baik. Berdasarkan nilai rata-rata gas dan debu tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di ruangan tersebut setelah memasak masuk dalam kategori bersih atau baik.

G.3. Hasil Pengujian Ruangan Gudang

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa alat monitoring kualitas udara telah berhasil mendapatkan data kualitas udara di ruangan gudang tersebut. Grafik kualitas udara tingkat kadar debu dan gas di ruangan gudang dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Pengujian Ruangan Gudang

Berikut merupakan statistik dari data yang didapatkan dari ruangan gudang tersebut.

TABEL VII. STATISTIK DATA PENGUJIAN RUANGAN GUDANG

Statistik	Gas (ppm)	Debu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Rata-rata	8,70	125,95
Median	7,29	124,15
Modus	6,59	122,2
Rentang Nilai	47,11	24,9
Nilai Minimum	6,17	118,4
Nilai Maksimum	53,28	143,3
Total Nilai	1653,1	23931,3
Jumlah Data	190	190

Tabel VII merupakan tabel statistik data pengujian di ruangan gudang. Berdasarkan statistik tersebut didapatkan nilai gas tertinggi yaitu 53,28 ppm dan terendah 6,17 ppm dengan rata-rata gas di ruangan tersebut adalah 8,70 ppm, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara sedang. Sedangkan nilai debu tertinggi yaitu 143,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dan terendah 118,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan nilai rata-rata debu di ruangan tersebut adalah 125,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kualitas udara tidak sehat. Berdasarkan nilai rata-rata gas dan debu tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas udara di ruangan tersebut masuk dalam kategori sedang.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rangkaian elektronika sistem monitoring kualitas udara yang dibuat sudah dapat mendeteksi kadar gas dan debu di udara terutama di ruangan tertutup seperti dapur menggunakan sensor gas MQ135 dan sensor debu GP2Y1014AU0F serta mikrokontroler Wemos D1 dan memungkinkan untuk diterangkan.
2. Web sistem monitoring kualitas udara yang dibangun sudah dapat menampilkan data kualitas udara yang didapatkan dari rangkaian elektronika dalam bentuk tabel dan grafik kepada pengguna. Selain menampilkan data kualitas udara secara *realtime* atau saat ini, web ini juga dapat menampilkan data kualitas udara pada hari-hari sebelumnya berdasarkan tanggal yang dipilih oleh pengguna.
3. Protokol MQTT yang digunakan sebagai protokol komunikasi data antara rangkaian elektronika dan web sistem monitoring kualitas udara sudah berjalan dengan baik. Adapun broker yang digunakan adalah broker online yaitu "broker.hivemq.com" yang dapat diakses secara gratis.
4. Setiap sensor memiliki tingkat ketelitian yang berbeda-beda, sehingga perlu dilakukan kalibrasi dengan alat yang sudah ada sebelumnya yaitu alat ISPU Kota Mataram. Berdasarkan kalibrasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa sensor yang digunakan sudah mampu mendeteksi adanya kadar gas dan debu di udara dengan nilai yang tidak berbeda jauh dengan alat ISPU Kota Mataram.

5. Pengujian yang dilakukan pada ruangan dapur saat proses memasak menghasilkan nilai kadar gas pada kategori udara sedang dan debu pada kategori udara baik namun secara keseluruhan kualitas udara di ruangan tersebut adalah baik atau bersih. Sedangkan setelah proses memasak menghasilkan nilai kadar gas pada kategori baik dan debu pada kategori baik juga.
6. Pengujian yang dilakukan di ruangan gudang menghasilkan nilai kadar gas pada kategori sedang dan nilai kadar debu pada kategori tidak sehat dengan status kualitas udara di ruangan tersebut adalah sedang.
7. Perbedaan nilai kadar gas dan debu pada saat proses memasak dan setelah memasak dikarenakan perbedaan jumlah asap atau gas dan debu yang tertinggal di ruangan tersebut. Beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah kelembaban udara, angin dan ventilasi udara di ruangan tersebut.

B. Saran

1. Untuk menampilkan data kualitas udara yang lebih *realtime* kepada pengguna, diharapkan *web* yang dibangun dapat dikembangkan dengan menggunakan *database* yang lebih *realtime* dan bahasa pemrograman *web* lain.
2. Diharapkan sistem yang dibangun dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor terutama sensor gas untuk mendeteksi jenis gas yang ada pada suatu ruangan.
3. Pada prakteknya kondisi kualitas udara dalam suatu ruangan bisa berubah berdasarkan frekuensi aktivitas yang menghasilkan asap atau gas dan debu seperti memasak dan merokok di ruangan tersebut. Sehingga kedepan diharapkan ada penelitian lanjutan untuk mengevaluasi pola tersebut pada jangka waktu yang lebih lama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. B. D. Putra and H. A. Sudibyakto, "Pengaruh Kepadatan Kendaraan Bermotor Terhadap Konsentrasi Karbon Monoksida Ambien (Studi Kasus Jalan Taman Siswa Yogyakarta)," *Jurnal Bumi Indonesia*, vol. 2, no. 4, pp. 1–10, 2013.
- [2] P. Ramadhani, "Aplikasi Deteksi Dini dalam Sistem Sirkulasi Udara Terhadap Polusi Asap," Politeknik Negeri Sriwijaya, 2015.
- [3] A. A. Zainuddin, "Kebijakan Pengelolaan Kualitas Udara Terkait Transportasi di Provinsi DKI Jakarta," *Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional*, vol. 4, no. 6, pp. 281–288, 2010.
- [4] E. S. Nugroho, "Analisis Kualitas Udara di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) Tahun 2002-2008 Sebagai Sumber Belajar Siswa Kelas VII SLTP/MTs," Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, 2009.
- [5] S. W. Wibawa, "Waspada, Polusi Udara Asap Dapur Jauh Lebih Bahaya Dibanding Jalanan," *Kompas.com*, 2019. [Online]. Available: <https://sains.kompas.com/read/2019/04/16/094932623/waspada-polusi-udara-asap-dapur-jauhlebih-bahaya-dibanding-jalanan>. [Accessed: 26-Jun-2019].
- [6] C. R. Candrasari and J. Mukono, "Hubungan Kualitas Udara Dalam Ruang Dengan Keluhan Penghuni Lembaga Pemasarakatan Kelas Ila Kabupaten Sidoarjo," *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 7, no. 1, pp. 21–25, 2013.
- [7] R. F. Rasjid, "Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Iot," Universitas Telkom, 2017.
- [8] S. Al Farizi, E. S. Pramukantoro, and H. Nurwasito, "Pengembangan Sistem Deteksi Karbon Monoksida Berbasis IoT," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 10, pp. 4164–4170, 2018.
- [9] Z. Mindriawan, I. W. A. Arimbawa, and I. G. P. S. Wijaya, "Implementasi Internet of Things Pada Sistem Monitoring Suhu dan Kontrol Air Pada Kandang Burung Puyuh Petelur dengan Menggunakan Protokol MQTT," pp. 1–8, 2018.
- [10] J. Waworundeng and O. Lengkong, "Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas udara dalam ruangan dengan Platform IoT," *Cogito Smart Journal*, vol. 4, no. 1, pp. 94–103, 2018.
- [11] N. Arminahrahman and M. Rasyidan, "Prototype Pengukur Kualitas Udara PM10 berbasis Internet Of Things (IoT)," *Technologia*, vol. 9, no. 2, pp. 101–104, 2018.
- [12] Z. Iqbal and L. Hermanto, "Sistem Monitoring Tingkat Pencemaran Udara Berbasis Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel," *Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 22, no. 1, pp. 10–20, 2017.