Monitoring Kualitas Udara Di Kota Pariaman Dengan Mikrokontroler Berbasis IOT Dan WEB

Monitoring Air Quality In Pariaman City With Microcontroller Based IOT And WEB

Oleh:
Wahyu Afandi Agussa

Institut Teknologi Sumatera
Email: wahyu.11116035@student.itera.ac.id

ABSTRACT

Monitoring or observing air quality is an action to see the level of air pollution in an environment. The existence of air pollution that does not have a bad impact on the health of living things around it. For the environment, air pollution, a tool is needed to see the level of air quality in the environment. This tool can measure air pollution in the form of particles and gases such as Particulate Metter 10 (PM10), Carbon Monoxide (CO), and Carbon Dioxide (CO2). The monitoring tool is made with the help of the Arduino Mega2560 module with particle and gas readings using the GP2Y1010AU0F, MQ-7 and MQ-135 sensors. Where observations are made based on IOT and displayed on the webserver. Observations were made on M. Yamin street, Taratak, Central Pariaman, Pariaman City, West Sumatra. The results of air quality observations for particulate matter (PM10) ranged from 2 to 6 µg / m3, while Carbon Monoxide (CO) ranged from 2 to 6 ppm and Carbon Dioxide (CO2) values ranged from 9 to 12 ppm. These results are compared with the Air Pollution Standard Index (ISPU) on the particulate measurement (PM10) which is still in the good category. Meanwhile, Carbon Monoxide (CO) is included in the moderate category, so the air quality in this area is still included in the category not dangerous for living things to breathe.

Keywords: Air Quality, PM10, CO, CO2, Arduino Mega2560, Sensor, IOT, WEB, ISPU.

ABSTRAK

Monitoring atau pengamatan kualitas udara merupakan salah satu tindakan untuk mengetahui tingkat polusi udara di suatu lingkungan. Keberadaan polusi udara yang tidak baik dapat berdampak buruk kepada kesehatan mahluk hidup disekitarnya. Untuk mengetahui tingkat polusi udara, diperlukan alat untuk mengetahui tingkat kualitas udara pada suatu lingkungan. Alat tersebut dapat mengukur polusi udara yang berbentuk partikel dan gas seperti *Partikulat Metter* 10 (PM_{10}), Karbon Monoksida (CO), dan Karbon Dioksida (CO_2). Alat monitoring dibuat dengan bantuan modul Arduino Mega2560 dengan pembacaan partikel dan gas mengunakan sensor GP2Y1010AU0F, MQ-7 dan MQ-135. Dimana pengamatan dilakukan berbasis IOT dan di tampilkan pada webserver. Pengamatan dilakukan di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Hasil pengamatan kualitas udara untuk Partikulat (PM10) rentang nilai 2 - 6 µg/m3, sedangkan Karbon Monoksida (CO) rentang nilai 2 – 6 ppm dan Karbon Dioksida (CO_2) rentang nilai 9 – 12 ppm. Hasil tersebut dibandingkan dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), pada pengukuran Partikulat (PM10) masih termasuk dalam kategori baik, sedangkan Karbon Monoksida (CO) termasuk dalam kategori sedang, jadi kualitas udara di daerah ini masih termasuk kedalam kategori tidak berbahaya untuk dihirup oleh makhluk hidup.

Kata kunci: Kualitas Udara, $PM_{10,}$ CO, $CO_{2,}$ Arduino Mega2560, Sensor, IOT, WEB, ISPU.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Udara merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan, kualitasnya perlu untuk dijaga dan ditingkatkan sehingga dapat mendukung makhluk hidup dalam beraktifitas ataupun bekerja secara optimal, tetapi kenyataannya udara yang kita hirup belum tentu sebaik yang kita harapkan. Hal ini termasuk udara yang dihirup dalam ruangan maupun di luar ruangan, baik dengan pendingin ruangan ataupun tanpa pendingin ruangan, walaupun kita mengira bahwa udara di ruang itu lebih baik untuk dihirup. Akan tetapi, itu tidak bisa menjamin bahwa udara di ruangan tersebut lebih bersih daripada diluar ruangan dan tidak mengandung polusi udara sedikitpun [1].

Dengan menggunakan indera yang ada, manusia bisa saja memperkirakan jika kualitas udara dalam ruangan dalam level normal atau tidak. Namun perkiraan tersebut bisa saja tidak presisi. Hal ini membutuhkan penanganan khusus untuk mendapatkan informasi dan notifikasi mengenai kualitas udara dalam ruangan. Pemantauan indeks kualitas udara (IKU) secara harian merupakan salah satu tindakan evaluasi kesehatan lingkungan yang dilakukan oleh Kementrian Lingkungan Hidup Indonesia. Ada beberapa parameter konsentrasi digunakan dalam pemantauan kualitas udara yaitu bahan partikulat dengan diameter kurang dari 10 μm (PM10), Karbon Monoksida (CO), dan Karbon Dioksida (CO_2) [4]. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat *monitoring* kualitas udara yang dapat memantau kualitas udara setiap saat.

Dengan adanya permasalahan diatas, kami membuat perancangan yang lebih sederhana, *portable* dan murah, yaitu alat *monitoring* kualitas udara berbasis mikrokontroler, dengan pengukuran bahan di udara seperti debu, bahan partikulat dengan diameter kurang dari 10 μm (PM10), Karbon Monoksida (CO), dan Karbon Dioksida (CO_2), dengan menampilkan data melalui web, data *logger* di microSD pada Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat, sehingga dengan alat ini dapat mengetahui tingkat atau konsentrasi kualitas udara dengan mudah.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat sebuah alat yang mampu *memonitoring* kualitas udara di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
2. Bagaimana sistem memberikan informasi secara langsung dan *real time* mengenai kualitas udara di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
3. Bagaimana membuat suatu tampilan data informasi pada website.
4. Bagaimana hasil perbandingan pengukuran dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) untuk mengetahui kondisi kualitas udara yang diukur.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang sebuah alat yang dapat *memonitoring* kualitas udara di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
2. Merancang sistem yang dapat memberikan informasi secara langsung dan *real time* mengenai kualitas udara di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
3. Merancang tampilan data informasi pada website.
4. Membandingkan hasil pengukuran dengan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) untuk wilayah yang diukur.

1.4. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada tugas akhir kali ini agar sistem dalam penelitian lebih terarah, maka pembahasan masalah dalam program ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penulis memfokuskan perancangan alat digunakan di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat.
2. Menggunakan sensor seperti DUTS, sensor DHT11, sensor MQ (7, 135), ESP01- ESP8266 Serial WiFi Module.
3. Monitoring kualitas udara seperti partikel debu ($\mu g/m^3$) diantaranya (PM10) pada gas diantaranya karbon monoksida (CO), Karbon Dioksida

(CO_2) suhu (^oC), kelembapan (%RH).

4. Mengunakan ESP01- ESP8266 Serial WiFi Module sebagai pengirim data ke web.
5. Menggunakan komponen LCD Olet dan WEB untuk menampilkan data berupa karakter teks, angka dan grafik.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Partikel Debu

Debu adalah zat kimia padat, yang disebabkan oleh kekuatan-kekuatan alami atau mekanis seperti pengolahan, penghancuran, pelembutan, pengepakkan yang cepat, peledakan, dan lain-lain dari benda, baik organik maupun anorganik.

Debu yang halus, uap air yang secara umum disebut total kelarutan debu atau partikulat (TSP: *Total Suspended Particulates*) merupakan salah satu bentuk pencemar yang berbahaya. U.S. EPA16 melalui *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS) memberikan nilai ambang batas untuk PM10 sebanyak 150 µgr/m^3 sedangkan WHO memberikan nilai ambang batas 50 µgr/m^3. Bahan-bahan partikel atau debu merupakan bahan-bahan kompleks dan campuran yang terdiri dari partikel-partikel dasar karbon (*carbonbased particles*), debu (*dust*), dan *aerosol asam* (*acid aerosol*). Bahan partikel atau debu yang terbanyak mengganggu paru yaitu PM2,5 dan PM10 [7].

2.2. Udara (*air*)

Udara merupakan salah satu unsur alam yang pokok bagi makhluk hidup yang ada di muka bumi terutama manusia. Udara dikatakan normal dan dapat mendukung kehidupan manusia apabila komposisinya seperti tercantum dalam tabel 2.1. Sedangkan apabila terjadi penambahan gas-gas lain yang menimbulkan gangguan serta perubahan komposisi tersebut, maka dikatakan udara sudah tercemar/terpolusi. Seperti pada table 2.2 kualitas udara ambien dari suatu daerah ditentukan oleh daya dukung alam daerah tersebut serta jumlah sumber pencemaran atau beban pencemaran dari sumber yang ada di daerah tersebut [10].

Tabel 2.1 Komposisi Udara Bersih

Jenis gas	Formula	Konsentrasi(%volume)	Ppm
Nitrogen	N_2	78,08	780,800
Oksigen	O_2	20,95	209,500
Argon	Ar	0,934	9,340
Carbon Dioksida	CO_2	0,0314	314
Neon	Ne	0,00812	18
Herlium	He	0,000524	5
Methana	CH_2	0,0002	2
krypton	Kr	0,000114	1

Sumber: *Environmental Chemistry, Air and Water Pollution*

Tabel 2.2 Udara Bersih dan Udara Tercemar Menurut WHO

Parameter	Udara Bersih	Udara Tercemar
Bahan Partikel	0,01 – 0,02 mg/m^3	0,07 – 0,7 mg/m^3
SO_2	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 2 ppm
CO	< 1 ppm	5 – 200 ppm
NO_2	0,003 – 0,02 ppm	0,02 – 0,1 ppm
CO_2	310 – 330 ppm	350 – 0,1 ppm
Hidrokarbon	< 1 ppm	1 – 20 ppm

Nilai batas ISPU berdasarkan Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No. 107 Tahun 1997 Tanggal 21 November 1997 seperti terlihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4 Parameter yang digunakan untuk menghitung ISPU berdasarkan KEP45/MENLH/10/1997 dan KEP-107/KABAPEDAL/ 11/1997 tentang ISPU adalah partikulat berukuran 10 µm (PM10), sulfur dioksida (SO_2), karbon monoksida (CO), oksidan dalam bentuk ozon (O_3), dan nitrogen dioksida (NO_2) [11].

Tabel 2.3 Batas Indek Standar Pencemar Udara dalam satuan SI

Indek Standar Pencemaran Udara	24 Jam PM10 (µg/m^3)	24 Jam SO 2(µg/m^3)	8 Jam CO (µg/m^3)	1 Jam O_3 (µg/m^3)	1 Jam NO_2 (µg/m^3)
50	50	80	5	120	*)
100	150	365	10	235	*)
200	350	800	17	400	1130
300	420	1600	34	800	2260
400	500	2100	46	1000	3000
500	600	2620	57,5	1200	3750

Tabel 2.4 Angka dan kategori Indek Standar Pencemar Udara (ISPU)

Indek	Kategori
1 -50	Baik
51-100	Sedang
101-199	Tidak Sehat
200-299	Sedang Tidak Sehat
300-lebih	Berbahaya

3. METODOLOGI PENELITIAN

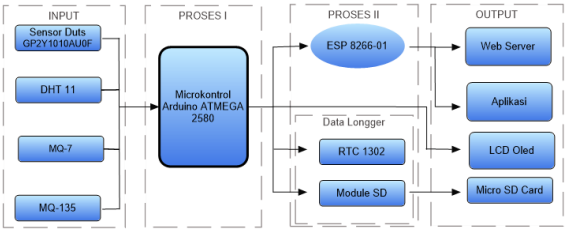
3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dan perancangan tugas akhir yang berjudul Monitoring Kualitas Udara di Kota Pariaman dengan Mikrokontroler Berbasis IOT dan Web dilakukan di Laboratorium Fisika KK Instrumentasi Institut Teknologi Sumatera dan pengambilan data di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Penelitian dan perancangan alat ini dilaksanakan dari bulan November 2019 hingga bulan September 2020.

3.2. Percobaan

3.2.1. Pembuatan Rancangan Sistem

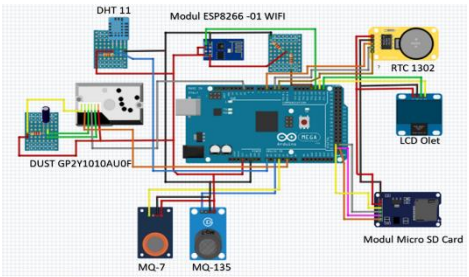
Perancangan sistem bertujuan untuk membuat gambaran dan proses kinerja dari sistem nantinya. Adapun rancangan sistem secara garis besar pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.1 Blok diagram system

3.2.2. Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

Adapun Rangkaian perangkat keras secara garis besar pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:



Gambar 3.2 Rangkaian Perangkat Keras Alat

3.2.2.1 Perancangan Kalibrasi dan Pembacaan Sensor dengan module lainya

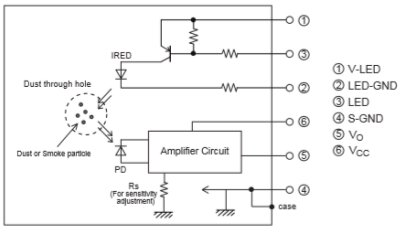
Perancangan kalibrasi sensor yang digunakan yaitu sensor DHT11 yang dihubungkan ke pin digital, sensor Sharp GP2Y1010AU0F dan sensor MQ (7, 135) dihubungka ke pin analog pada Arduino. Cara pengkalibrasian sensor hanya memanfaatkan reverensi dari jurnal, memanfaatkan library sensor yang pernah dibuat orang lain serta hasil diskusi yang dilakukan di website github.com, Arduino.cc, Forumarduino.cc, youtube dan lain-lainnya. Penelitian ini mengalami beberapa kesulitan pada peminjaman alat kalibrasi dan alat pembanding pada BMKG, harganya mahal dan sedang musin pandemi. Untuk penyimpanan data digunakan module SDcard Dan untuk pengiriman data ke webserver digunakan module ESP8266-01 untuk pengiriman data.

3.2.2.1.1 Perancangan Kalibrasi dan Pembacaan Sensor DHT11

Sensor DHT11 sensor yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan, pengunaan sensor DHT11 sangat mudah dioperasikan. Sensor DHT11 itu sendiri merupakan komponen senor atau IC kontroller, dalam sensor terdapat sebuah resistor dengan tipe NTC (*Negative Temperature Coefficent*), dimana jenis resistor ini memiliki karakteristik nilai resistensinya berbanding dengan kenaikan suhu. Artinya semakin tinggi suhu ruangan maka nilai resistensi NTC akan semakin kecil dan sebaliknya. Dengan mengunakan library yang ada di arduino sensor DHT11 dapat terbaca dan tidak membutuhkan proses kalibrasi, hanya melakukan perbandingan dengan thermometer pabrikan untuk melihat sensor berfungsi dengan baik atau tidak.

3.2.2.1.2 Perancangan Kalibrasi dan Pembacaan Sensor GP2Y1010AU0F

Sensor Sharp GP2Y1010AU0F berfungsi untuk mengukur PM10 dimana sensor ini membutuhkan kalibrasi terebih dahulu, output sensor berupa sinyal analog, satuan yang digunakan untuk mengukur PM10 adalah ug/m^3. Sensor debu atau duts memanfaatkan hamburan cahaya dengan sebuah photodiode sebagai penerima hamburan cahaya yang dipantulkan oleh debu. Setelah diterima oleh photodiode kemudian diubah kedalam bentuk sinyal listrik berupa nilai tegangan. Untuk melihat bentuk skematik sensor debu dapat dilikat pada gambar 3.4 dibawah ini.

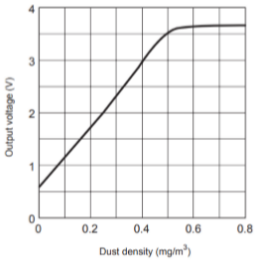


Gambar 3.3 Skematik konfigurasi Pin Sensor Duts [24].

Menghitung nilai tingkat kepadatan PM10 dibuat persamaan rumus dari grafik kurva sensitifitasnya. Didapat persamaan linearitas sensor yang digunakan di codingan sensor yaitu:

$$y = 0.17 * x - 0.1$$

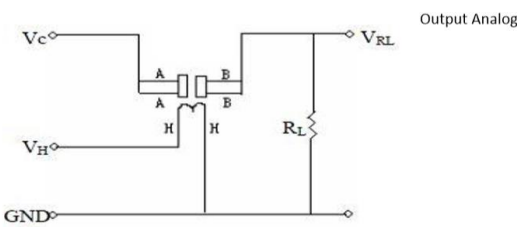
Dengan persamaan ini, dimasukkan ke codingan arduino dengan y = dustDensity, dan x = calcVoltage. Output kenaikan tegangan yang dihasilkan sebanding dengan dust density. Pengkonversian nilai tegangan diatas mengacu kepada *datasheet* dan grafik kalibrasi dari sensor debu oleh sharp coorp dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.4 Kurva Karakteristik perubaha Vo terhadap sensitivitas partikel debu [24].

3.2.2.1.3 Perancangan Kalibrasi dan Pembacaan Sensor MQ

Dalam perancangan sensor gas MQ digunakan module sensor MQ-7 dan MQ-135. Dari sensor tersebut memiliki pembacaan dan kalibrasi yang sama, perbedaannya pada sensitivitas dalam setiap gas yang akan dibaca serta pengaruh dari bahan pembentuk sensor tersebut. Skema rangkaian sensor MQ dalam bentuk umum dapat dilihat pada gambar 3.6 dibawah ini.



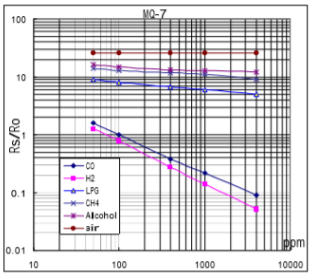
Gambar 3.5 Skema Rangkain Sensor MQ [6].

Dalam sensor mq ada beberapa nilai yang digunakan dalam pembacaan konsentrasi udara yaitu nilai Rs dan Ro, Rs Rs adalah nilai besaran resistansi pada berbagai konsentrasi gas udara dan Ro adalah nilai resistensi sensor pada keadaan udara bersih. Mencari nilai persamaan digunakan rumus dibawah ini:

- Untuk mencari nilai V_{RL}: $V_{RL} = (Output\ Analog) * 5/1023$
- Untuk mencari nilai Rs: $Rs = (5 - V_{RL}) * RL/V_{RL}$
- Untuk mencari nilai Ro: $R_o = Rs/(\frac{Rs}{RoAwal})$
- Dalam mecari kadar konsentrasi gas dari ppm ke mg/m^3 digunakan rumus:

$$\frac{mg}{m^3} = \frac{\text{ppm gas x massa gas}}{\text{nilai molar volume dalam 1 atm dan 25 celcius}}$$

Nilai molar volume 1atm dalam 25 celcius adalah 24.25L, dengan mencari massa gas dapat dilihat pada table periodik. Sensor MQ-7 digunakan untuk membaca gas CO di udara.



Gambar 3.6 Konfigurasi sensitivitas senosr MQ-7 [25].

Untuk mencari nilai ppm pada sensor dilihat kurva karakteristik sensitivitas sensor. Dalam datasheet sensor MQ-7. sensor ini sensitif dengan gas CO dengan persamaan rumus linear dari hasil datasheet yaitu:

$$Y = \log_{10}(ppm) \quad X = \log_{10}(Rs/Ro)$$

Nilai yang digunakan dalam perhitungan CO adalah:

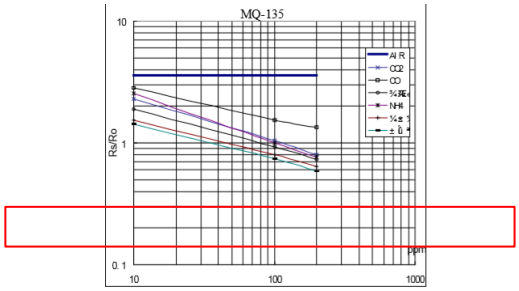
$$Y = -1.525\,X + 1.994$$

Pada senso MQ-135 digunakan untuk membaca gas CO_2 di udara. Untuk mencari nilai ppm pada sensor dilihat kurva karakteristik sensitivitas sensor. Dalam datasheet sensor MQ-135, sensor ini sensitif dengan gas CO_2 dengan persamaan rumus linear dari hasil datasheet yaitu:

$$Y = \log_{10}(ppm) \quad X = \log_{10}(Rs/Ro)$$

Nilai yang digunakan dalam perhitungan CO_2 adalah:

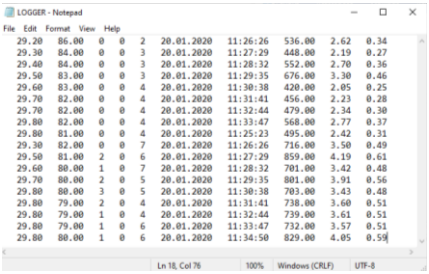
$$Y = -2.890\,X + 2.055$$



Gambar 3.7 Kurva sensitivitas sensor MQ-135 [25].

3.2.2.1.4 Perancangan Module SD Card Sebagai Datalogger

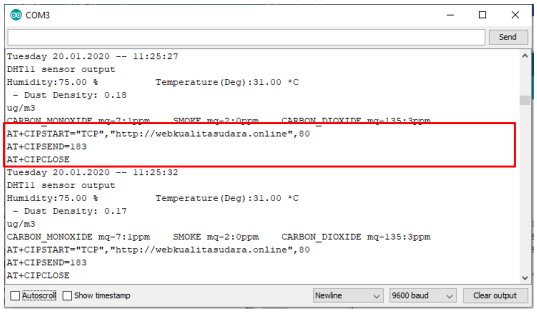
Setelah pembacaan sensor dibuatlah metode perekaman atau penyimpanan data informasi dalam module agar bisa diolah kembali disebut dengan datalogger. Untuk SD Card module memiliki pin MISO, MOSI, SCK, CS dengan dihubungkan ke pin digital arduino mega, pin 50, 51, 52, 53 secara berurutan. Datalonger yang tersimpan berbentuk TextDocument.txt.



Gambar 3.8 Hasil dan bentuk datalongger dalam memori SD card

3.2.2.1.5 Perancangan module ESP8266-01

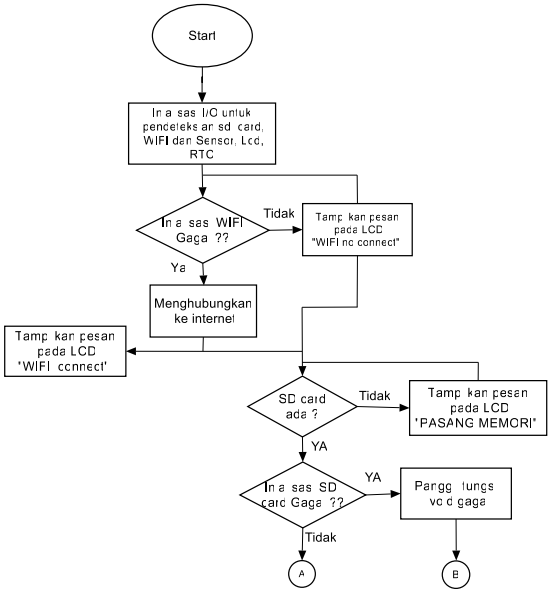
Untuk perancangan pengiriman data ke webserver digunakan module ESP8266-01, pin module tersebut yang terdiri dari RX dan TX dihubungkan ke pin RX18 dan TX19 pada arduino mega. Module ini memungkinkan untuk mengirim data ke webserver dengan mengunakan jaringan wifi. Dan bentuk hasil kinerja dari modul ini dapat dilihat pada gambar 3.10 dibawah ini.



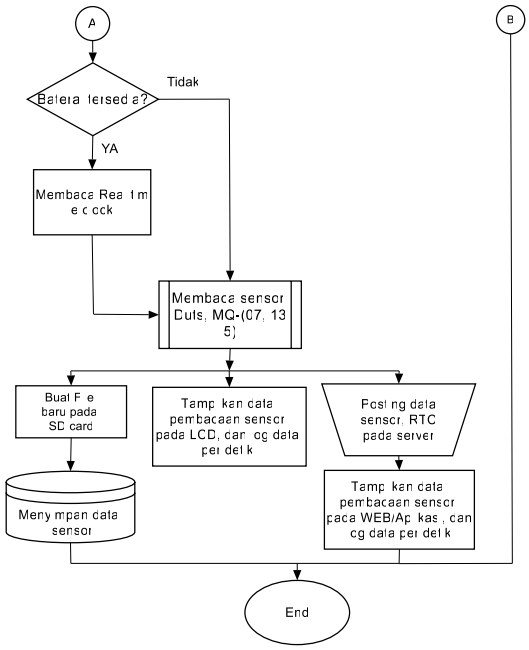
Gambar 3.9 Hasil tampilan kinerja dari ESP8266-01.

3.2.4. Perancangan Sofware (Perangkat Lunak)

Setelah proses perancanngan kalibrasi dan pembacaan sensor perangkat keras, tahap selanjutnya dilakukan perancangan perangkat lunak, Adapun rangkaian dan alur kerja perangkat lunak secara garis besar pada tugas akhir ini, yaitu sebagai berikut:



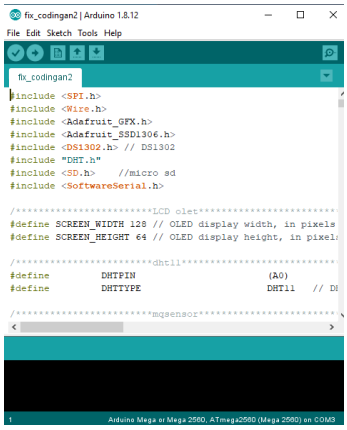
Gambar 3.10 Flowchart Alur Kerja Alat Ukur Kualitas Udara (1).



Gambar 3.11 Flowchart Alur Kerja Alat Ukur Kualitas Udara (2).

3.2.4.1 Perancangan Program Mikrokontroler Arduino

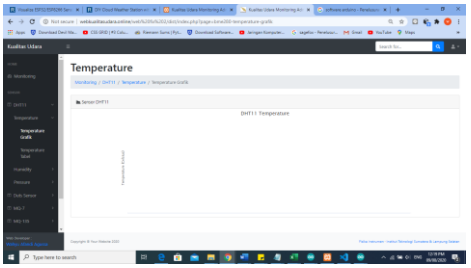
Pada pemograman mikrokontroler digunakan software arduino dengan versi arduino IDE 1.8.12 (*Integrated Development environment*), mengunkan Bahasa C untuk membuat program untuk menjalankan dan mengolah data di dalam arduino mega.



Gambar 3.12 Arduino IDE 1.8.12

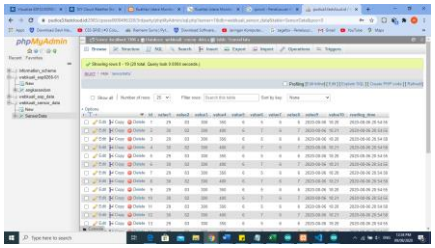
3.2.4.2. Perancangan Tampilan dan Database Webserver

Dalam membuat dan merancang website digunakan bahasa dan aplikasi sebagai pendukung pembuatan website yaitu apliaksi Visual studio, XAMPP, Filezila, GIT dan Github. Bahasa pemograman yang digunakan PHP, HTML, CSS, JavaScript, MySql dan Bootstrap yang memiliki kegunaan yang berbeda-beda. Dalam pembuatan tampilan website bertujuan untuk memudahkan dan memberikan kenyamanan dalam melihat pemantauan hasil pengukuran sensor, bentuk tampilan website, dapat dilihat di gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.13 Tampilan Data Berbentuk Grafik di Website.

Dan untuk pembuatan database server mengunakan domain dan hosting di website Qword penyedia jasa cloud web hosting di indonesia, mengunakan fasilitas yang ada di Qword yaitu perangkat lunak phpMyadmin sebagai *open source* data yang memudahkan menajemen MySQL. Mengunakan phpMyadmin dapat membuat database, table, memasukan data, data menghapus data dengan lebih mudah, bentuk dari perancangan database server apat dilihat pada gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.14 Tampilan pada Database Server.

4. HASIL-HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUJIAN DAN KALIBRASI SENSOR

4.1.1 Sensor DHT 11

Pengujian kalibrasi sensor DHT11 dilakukan untuk melihat pembacaan suhu dan kelembapan apakah sudah sesuai dengan data alat standar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai sensor DHT11 dengan nilai sensor standar (pabrikan). Pengambilan data dilakukan setiap 1 menit, dengan menempatkan sensor pada kondisi dan tempat yang sama. Pengujian dilakukan sebanyak 10

kali, Adapun hasil pengujianya pada table 4.1 dibawah ini.

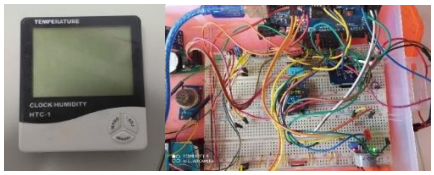
Tabel 4.1 Pengujian Kalibrasi dan Pembacaan Sensor DHT11

NO	Pengujian	Sensor DHT11		Alat Pembanding		%kesalahan	
		Suhu	%RH	Suhu	%RH	Suhu	%RH
1	I	29.8	80	29.8	80	0	0
2	II	29.5	81	29.7	81	0.673401	0
3	III	29.5	80	29.7	80	0.673401	0
4	IV	29.6	80	29.7	80	0.3367	0
5	V	29.7	80	29.8	80	0.33557	0
6	VI	29.8	80	29.8	80	0	0
7	VII	29.8	79	29.8	80	0	1.25
8	VIII	29.8	79	29.8	80	0	1.25
9	IX	29.6	79	29.7	80	0.3367	1.25
10	X	29.8	80	29.8	80	0	0

Perhitungan kesalahan dilakukan untuk melikat jarak kesalahan dari sensor DHT11 dengan mengunakan rumus:

$$\%\text{kesalahan} = \frac{\text{Nilai pembanding} - \text{Nilai sensor}}{\text{Nilai pembanding}} \text{x100\%}$$

Dari hasil yang didapat sensor DHT11 dengan alat sensor pabrikan sebagai pembandingnya, didapatkan nilai yang hampir sama dengan rata-rata kesalahan sebesar ≥1 %. Hal ini menunjukkan bahwa sensor sudah dapat berfungsi dan bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan.



Gambar 4.1 Pengujian sensor DHT11

4.1.2 Sensor Debu (Dust Sharp GP2Y1010AU0F)

Pengujian sensor debu dilakukan untuk melihat apakah sensor dapat bekerja dan berfungsi dengan baik. Pengujian bertujuan untuk melihat perubahan konsentrasi sensor terhadap lingkungan sekitar. Karena saat ini sedang dalam kondisi pandemi, maka sulit untuk dapat peminjaman alat pengujian kalibrasi dari BMKG, maka pengujian dilakukan dengan dua tahap. Pengujian pertama sensor diletakkan di ruangan tertutup, tanpa ada gangguan tambahan yang dilakukan, tujuannya untuk melihat konsistensi dari nilai sensor terhadap lingkungan sekitarnya, pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dengan satuan ug/m^3. Adapun hasil pengujian kalibrasi sensor dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengujian Kalibrasi Sensor Debu Duts Sharp

No	Pengujian	Lama Waktu Pengujian (per 30 detik)						
		0 detik	30 detik	60 detik	90 detik	120 detik	150 detik	180 detik
1	I	2.93	4.91	2.39	5.63	4.91	2.12	5.03
2	II	1.73	2.6	5.41	5.53	2.01	4.41	5.13
3	III	5.62	6.2	6.13	2.94	5.26	3.57	6.68
4	IV	3.12	3.71	6.09	6.33	5.91	3.56	6.42
5	V	2.44	6.52	3.62	6.3	3.02	3.6	5.51

Dari hasil pengujian yang didapat, menunjukkan nilai yang dihasilkan perubahannya tidak terlalu besar masih dalam keadaan yang normal. Hal ini menunjukkan bahwa sensor sudah dapat berfungsi dan bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan.

Pengujian kedua dilakukan dengan meletakkan sensor di ruangan tertutup dengan memanfaatkan emisi dari pembakaran kertas. Pembakaran kertas disesuaikan banyaknya pada saat pengujian, pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, bertujuan untuk melihat perubahan konsentrasi pembacaan sensor terhadap banyaknya kepekatan asap dari pembakaran kertas. Adapun hasil pengujian kalibrasi sensor debu dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Kalibrasi Debu Duts Sharp dengan Pembakaran Kertas

No	Pengujian	Lama Waktu Pengujian (per 30 detik)						
		0 detik	30 detik	60 detik	90 detik	120 detik	150 detik	180 detik
1	I	2.91	14.6	23	27.02	30.01	39.75	42.4
2	II	3.02	13.3	23.11	35.74	31.82	37.5	38.81
3	III	3.52	10.6	25.44	37.76	38.91	37.84	39.04
4	IV	5.24	18.3	27.24	36.19	36.42	35.03	40.06
5	V	6.12	16.8	29.21	35.44	33.46	35.18	38.86

Dari hasil pengujian yang didapat, menunjukkan nilai yang dihasilkan semakin lama pembakaran akan meningkatkan konsentrasi sensor dalam membaca keadaan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa sensor sudah dapat berfungsi dan bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan.

4.1.3 Sensor Gas MQ

Pengujian kalibrasi sensor gas MQ dilakukan untuk melihat apakah sensor dapat

membaca kualitas gas, bekerja dan berfungsi dengan baik, pengujian bertujuan untuk melihat perubahan konsentrasi sensor terhadap emisi kendaraan bermotor. Pengujian sensor dilakukan dengan menempatkan semua sensor gas pada ruangan dimana ruangan tersebut tertutup, sensor gas berfungsi untuk melihat kadar konsentrasi gas. untuk mendapatkan pinjaman alat pengujian dari BMKG terkendala dengan biaya peminjaman yang mahal. Pengambilan data dilakukan dengan memanfaatkan hasil emisi dari kendaraan beromotor untuk menimbulkan gas emisi pemcemaran udara. Karena emisi kendaraan bermotor memiliki kandungan senyawa kimia seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO_2), mitrogen oksida (NOx) dan hidrokarbon (HC). Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali, dengan kadar konsentrasi emisi buang kendaraan. Pengujian bertujuan untuk melihat perubahan konsentrasi sensor terhadap banyak emisi buang kendaraan. Adapun hasil pengujian kalibrasi sensor tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Kalibrasi dan Pembacaan Sensor MQ

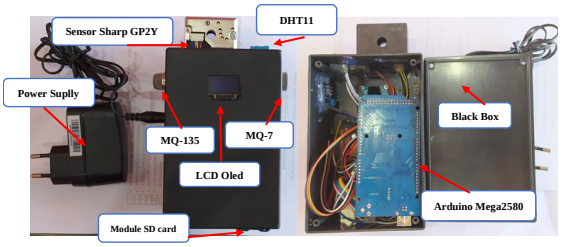
No	Pengujian	Sensor	Lama Waktu Pengujian (per 30 detik)						
			0 detik	30 detik	60 detik	90 detik	120 detik	150 detik	180 detik
1	I	MQ-7 (CO)	0	6	8	11	13	16	18
		MQ-135(CO_2)	2	3	5	7	9	10	12
2	II	MQ-7 (CO)	1	6	7	11	12	16	17
		MQ-135(CO_2)	2	3	6	8	9	10	11
3	III	MQ-7 (CO)	1	5	9	11	13	15	16
		MQ-135(CO_2)	2	3	5	8	9	10	10
4	IV	MQ-7 (CO)	2	6	8	12	12	16	18
		MQ-135(CO_2)	2	4	6	8	9	11	12
5	V	MQ-7 (CO)	1	6	8	11	13	15	18
		MQ-135(CO_2)	2	3	6	9	10	11	11

Pengambilan data diatas diambil setiap selang waktu penambahan 30 detik. Tempat pengujian dilakukan di ruangan tertutup dengan keadaan kendaraan dinyalakan selama pengujian, dengan kondisi dan tempat yang sama. Dari hasil pengujian tersebut melihat dari tabel data di atas menunjukkan setiap peningkatan emisi buang motor nilai pembacaan sensor juga meningkat, menunjukkan bahwa sensor sudah dapat berfungsi dan bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan.

Gambar 4.3 Pengujian sensor MQ

4.2 PENGUJIAN DAN ANALISIS MONITORING KUALITAS UDARA

Pengujian kalibrasi semua sensor sudah dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengaplikasian atau pengujian sistem pada lingkungan itera secara langsung. Dalam pengujian dilakukan di luar ruangan dengan memanfaatkan kepadatan lalu lintas kendaraan, karena situasi sedang pandemi, pengambilan data dilakukan di lingkungan sekitar rumah. Setelah di lakukan perakitan sistem yang terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), perangkat keras terdiri dari sistem minimum mikrokontroler arduino, sensor MQ, sensor Sharp GP2Y1010AU0F, sensor DHT11, module SD card, ESP8266-01, *Power Supply* MB102 3.3V/5V, Adaptor 12V 1A 12Watt dan kotak hitam. Sedangkan untuk perangkat lunak yang digunakan Arduino IDE 1.8.12 untuk pemrograman sensor dan *module*, serta sebagai pengirim data dari masing-masing sensor USB (*Universal Serial Bus)* menuju komputer, wifi *online* atau koneksi internet sebagai program antarmuka atau interface data dari sensor dengan webserver sekaligus sebagai pengirim data ke database MySql website, dan Visual Studio Code sebagai aplikasi program edit *website.* Pada Gambar 4.4 dapat dilihat hasil perakitan dari alat untuk pengukuran kualitas udara.



Gambar 4.4 Bentuk Alat Pengukuran Kualitas Udara.

Pada saat alat dihidupkan data sensor yang telah diolah oleh mikrokontroler *Arduino mega 2560* akan disimpan pada SD Card Module dan dikirim ke website dan database

webkualitasudara.online (atau *http://www.webkualitasudara.online*).

Setelah alat dihidupkan sensor mulai membaca kondisi udara dan mikrokontroker melakukan pengolahan data, hasilnya akan ditampilkan di *LCD Oled*, data akan disimpan pada *SD Card Module* yang berfungsi untuk merekap data agar ketika terjadi gangguan pada sambungan jaringan atau wifi data monitoring tidak akan hilang, setelah itu data akan dikirim ke *database server* dan data ditampilkan pada webserver.

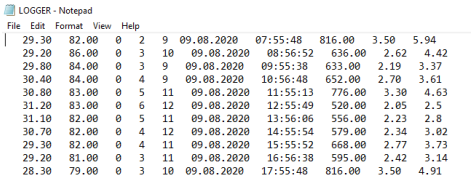
Pada pengujian dilakukan di luar ruangan dengan memanfaatkan kepadatan lalu lintas kendaraan, dilakukan di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat, pada hari Minggu tangal 9 Agustus 2020 dimulai pada pukul 08:56:52 WIB sampai 17:55:48 WIB. Pengujian dilakukan di pinggir jalan diletakkan di atas tembok rumah.

Gambar 4.5 Posisi alat diletakkan.

Kemudian dari hasil pengukuran monitoring kualitas udara akan ditampilkan di layar lcd oled. Tampilan yang dilihatkan berupa tulisan kualitas udara, tanggal, waktu, temperature, kelembapan, PM10, CO, dan CO_2. Berikut hasil tampilan data di LCD Oled:

Gambar 4.2 Tampilan Data Pada LCD Oled

Hasil pengukuran disimpan di sd card oleh module sd card dan dikirim ke database *MySql* serta ditampilkan kedalam website secara *real time*.



LOGGER - Notepad

File Edit Format View Help

29.30	82.00	0	2	9	09.08.2020	07:55:48	816.00	3.50	5.94
29.20	86.00	0	3	10	09.08.2020	08:56:52	636.00	2.62	4.42
29.80	84.00	0	3	9	09.08.2020	09:55:38	633.00	2.19	3.37
30.40	84.00	0	4	9	09.08.2020	10:56:48	652.00	2.70	3.61
30.80	83.00	0	5	11	09.08.2020	11:55:13	776.00	3.30	4.63
31.20	83.00	0	6	12	09.08.2020	12:55:49	520.00	2.05	2.5
31.10	82.00	0	5	11	09.08.2020	13:56:06	556.00	2.23	2.8
30.70	82.00	0	4	12	09.08.2020	14:55:54	579.00	2.34	3.02
29.30	82.00	0	4	11	09.08.2020	15:55:52	668.00	2.77	3.73
29.20	81.00	0	3	11	09.08.2020	16:56:38	595.00	2.42	3.14
28.30	79.00	0	3	10	09.08.2020	17:55:48	816.00	3.50	4.91

Gambar 4.3 Tampilan Data Pada SD Card.

Berikut hasil tampilan data sensor pada website selama pengambilan data:

Gambar 4.4 Hasil Tampilan Temperatur Sensor DHT11

Gambar 4.5 Hasil Tampilan Kelembapan Sensor DHT11.

Gambar 4.6 Hasil Tampilan PM10 Sensor Sensor Debu.

Gambar 4.7 Hasil Tampilan CO Sensor MQ-7.

Gambar 4.8 Hasil Tampilan CO_2 Sensor MQ-135.

Website *monitoring* menampilkan data kualitas

udara berbentuk grafik, hasil tampilan website mengikuti data yang dikirim oleh arduino dan di tampilkan dalam bentuk grafik.

Dalam pengujian dan pengambilan data, hasil data diambil tiap satu jam, Pengujian pertama dilakukan pada hari Minggu tangal 9 Agustus 2020 dimulai pukul 07:55:48 WIB sampai 17:55:48 WIB, hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4.5 Pengujian Pertama Alat Secara Keseluruhan

NO	Tanggal /Waktu	Sensor DHT11		Sensor Debu	Sensor MQ	
		Suhu (°C)	%RH	PM10 (µg/m3)	MQ-7 (ppm)	MQ-135 (ppm)
1	09.08.2020/08:56:52	29.2	86	4.42	3	10
2	09.08.2020/09:55:38	29.8	84	3.37	3	9
3	09.08.2020/10:56:48	30.4	84	3.61	4	9
4	09.08.2020/11:55:13	30.8	83	4.63	5	11
5	09.08.2020/12:55:49	31.2	83	2.5	6	12
6	09.08.2020/13:56:06	31.1	82	2.8	5	11
7	09.08.2020/14:55:54	30.7	82	3.02	4	12
8	09.08.2020/15:55:52	29.3	82	3.73	4	11
9	09.08.2020/16:56:38	29.2	81	3.14	3	11
10	09.08.2020/17:55:48	28.3	79	4.91	3	10

Pengujian kedua dilakukan pada hari Senin tangal 24 Agustus 2020 dimulai pukul 08:15:55 WIB sampai 18:17:01 WIB, hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.6 Pengujian Kedua Alat Secara Keseluruhan

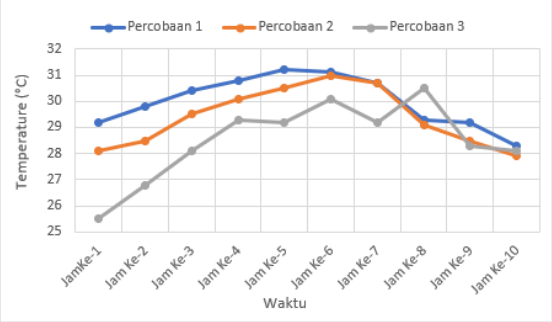
NO	Tanggal /Waktu	Sensor DHT11		Sensor Debu	Sensor MQ	
		Suhu (°C)	%RH	PM10 (µg/m3)	MQ-7 (ppm)	MQ-135 (ppm)
1	24.08.2020/08:15:55	28.1	84	4.63	4	9
2	24.08.2020/10:16:08	28.5	86	3.82	4	9
3	24.08.2020/11:16:14	29.5	84	5.73	4	9
4	24.08.2020/12:16:20	30.1	82	4.89	5	10
5	24.08.2020/13:16:27	30.5	82	4.04	5	12
6	24.08.2020/14:16:34	31	83	3.82	6	11
7	24.08.2020/15:16:40	30.7	82	3.27	3	11
8	24.08.2020/16:16:46	29.1	83	3.53	4	10
9	24.08.2020/17:16:52	28.5	84	3.11	3	10
10	24.08.2020/18:17:01	27.9	85	3.82	2	9

Dan pengujian ketiga dilakukan pada hari Selasa tangal 25 Agustus 2020 dimulai pada pukul 08:03:26 WIB sampai 18:04:45 WIB, hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.7 dibawah ini

Tabel 4.7 Pengujian Ketiga Alat Secara Keseluruhan

NO	Tanggal /Waktu	Sensor DHT11		Sensor Debu	Sensor MQ	
		Suhu (°C)	%RH	PM10 (µg/m3)	MQ-7 (ppm)	MQ-135 (ppm)
1	25.08.2020/09:03:32	25.5	85	2.42	2	7
2	25.08.2020/10:03:40	26.8	85	2.63	3	7
3	25.08.2020/11:03:58	28.1	86	3.22	3	9
4	25.08.2020/12:04:05	29.3	84	4.97	5	10
5	25.08.2020/13:04:11	29.2	84	4.21	6	12
6	25.08.2020/14:04:18	30.1	83	3.42	6	10
7	25.08.2020/15:04:25	29.2	83	3.62	5	10
8	25.08.2020/16:04:31	30.5	81	3.82	5	11
9	25.08.2020/17:04:37	28.3	81	3.26	4	11
10	25.08.2020/18:04:45	28.1	82	3.66	3	9

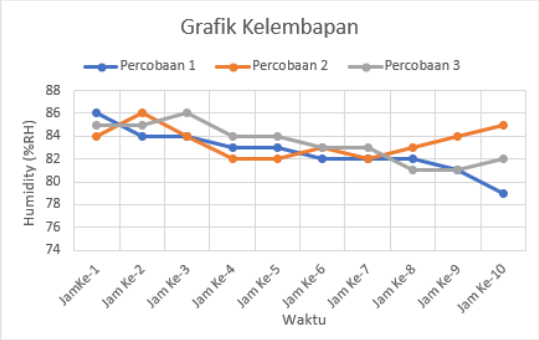
Pengambilan data kualitas udara diambil dalam selang waktu 1 jam per pengukuran, tujuannya untuk mempermudah pengukuran dan pengambilan data. Data yang telah di ambil akan di simpan ke penyimpanan yang memiliki *delay* rata-rata 5 detik.Setelah dilakukan pengujian sistem bekerja dan berfungsi dengan baik dengan menampilkan data informasi pada area yang diletakkaan alat. Hasil pengukuran yang sudah didapat dimasukkan ke dalam bentuk grafik untuk menganalisis kinerja dari setiap sensor dan tiap percobaan.



Gambar 4.13 Grafik Waktu dengan Suhu

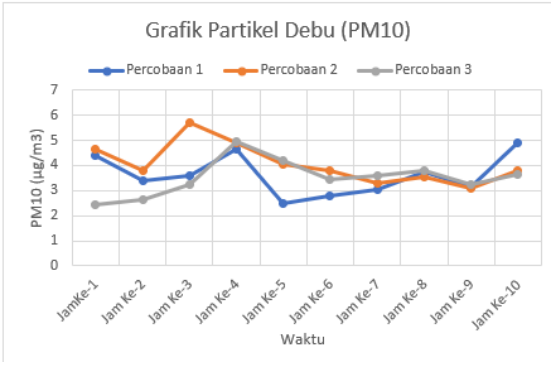
Gambar 4.13 menunjukkan data suhu yang terukur di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Percobaan pertama didapatkan hasil rata-rata suhu pada hari minggu tangal 9 Agustus 2020 yaitu 28-31°C dimana kondisi cuaca cerah, nilai suhu terendah terjadi pada sore hari jam 17:55:48 dengan suhu 28.3°C dan nilai suhu tertinggi terjadi pada siang hari jam 12:55:49 dengan suhu 31.2°C. Percobaan kedua didapatkan hasil rata-rata suhu pada hari senin tangal 24 Agustus 2020 yaitu 27-31°C dimana kondisi cuaca cerah berawan, nilai suhu terendah terjadi pada sore hari jam 18:17:01 dengan suhu 27.9°C dan nilai suhu tertinggi terjadi pada siang hari jam 14:16:34 dengan suhu 31.00°C. Percobaan ketiga didapatkan hasil rata-rata suhu pada hari Selasa tangal 25

Agustus 2020 yaitu 25-31°C dimana kondisi cuaca pada pagi hari jam 08:03:32 - 10:03:40 hari hujan dan pada siang sampai sore cuaca cerah berawan, , nilai suhu terendah terjadi pada pagi hari jam 09:03:32 dengan suhu 25.5°C dan nilai suhu tertinggi terjadi pada siang menjelang sore hari jam 16:04:31 dengan suhu 30.5°C. Dari grafik peningkatan suhu dari ketiga percobaan terjadi pada siang hari kisaran jam 11:55:13-13:56:06. Dari hasil pengujian didapatkan rata-rata suhu di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat berkisaran 25-31°C. Dilihat dari perbandingan tiap waktunya memiliki kemiripan dengan kondisi wilayah tersebut, dilihat pada website weather.com dan id.meteotrend.com kisaran suhu di daerah ini sekitaran 25-31°C, karena daerah pengukuran berada di dataran rendah yaitu dekat daerah pantai.



Gambar 4.14 Grafik Waktu dengan Kelembapan.

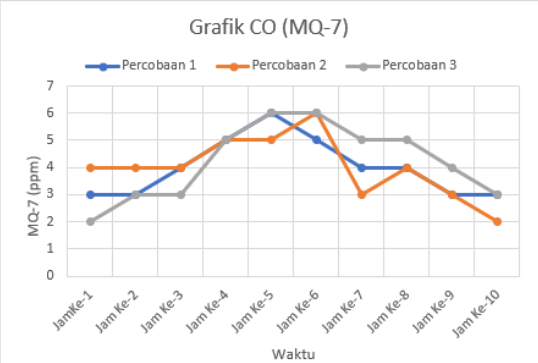
Gambar 4.14 menunjukkan data kelembapan yang terukur di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Percobaan pertama didapatkan hasil rata-rata kelembapan pada hari minggu tangal 9 Agustus 2020 yaitu 80-86%RH dimana kondisi cuaca cerah. Percobaan kedua didapatkan hasil rata-rata kelembapan pada hari senin tangal 24 Agustus 2020 yaitu 82-86%RH dimana kondisi cuaca cerah berawan. Percobaan ketiga didapatkan hasil rata-rata kelembapan pada hari selasa tangal 25 Agustus 2020 yaitu 82-86%RH dimana kondisi cuaca pada pagi hari jam 08:03:32 - 10:03:40 hari hujan dan pada siang sampai sore cuaca cerah berawan. Dilihat dari perbandingan tiap waktunya memiliki kemiripan dengan kondisi wilayah tersebut, dilihat pada website weather.com dan id.meteotrend.com kisaran kelembapan di daerah ini sekitaran 79-90%, tergantung kondisi di wilayah tersebut.



Gambar 4.15 Grafik Waktu dengan Partikel Debu.

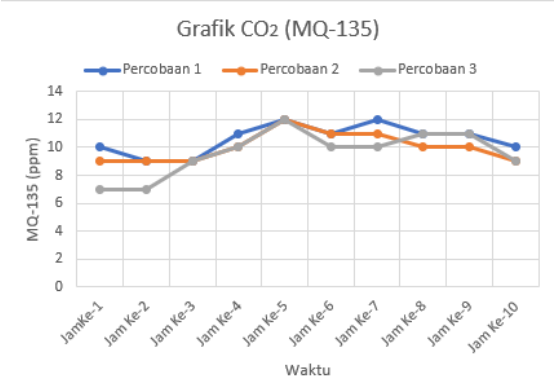
Gambar 4.15 menunjukkan data PM10 yang terukur di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Percobaan pertama pada hari minggu tangal 9 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 2 - 5 µg/m^3, peningkatan nilai terjadi pada jam 8:56:52, 11:55:13, dan 17:55:48 dengan konsentrasi mencapai 4 – 4.63 µg/m^3 dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 12:55:49 dengan konsentrasi mencapai 2.50 µg/m^3 dimana pada jam tersebut lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Percobaan kedua pada hari senin tangal 24 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 3 - 6 µg/m^3, peningkatan nilai terjadi pada jam 9:15:55 dan 11:16:14 dengan konsentrasi mencapai 4 – 5.73 µg/m^3 dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk kerja dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 17:16:52 dengan konsentrasi mencapai 3.11 µg/m^3 dimana pada jam tersebut lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Percobaan ketiga pada hari selasa tangal 25 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 2 - 5 µg/m^3, peningkatan nilai terjadi pada jam 12:04:05 dan 13:04:11 dengan konsentrasi mencapai 4 – 4.97 µg/m^3 dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 9:03:32 dengan konsentrasi mencapai 2.42 µg/m^3 dimana pada jam ini kondisi cuaca hujan. Dilihat dari perbandingan tiap waktunya peningkatan nilainya tidak terlalu besar. Range konsentrasi yang dihasilkan tidak berbahaya bagi mahluk hidup yang menghirupnya dengan rata-rata konsentrasi setiap percobaan mencapai 2 - 6 µg/m^3. Adapun parameter

kesehatan yang berdampak dalam kehidupan sehari hari yaitu 0-50 µg/m^3 (baik), 51-150 µg/m^3 (sedang), 151-350 µg/m^3 (tidak sehat), 351-420 µg/m^3 (sangat tidak sehat), >421 µg/m^3 (berbahaya) [11].



Gambar 4.16 Grafik Waktu dengan CO.

Gambar 4.16 menunjukkan data gas CO yang terukur di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Percobaan pertama pada hari minggu tangal 9 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 3 - 6 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 11:55:13 - 13:56:06 dengan konsentrasi mencapai 5 - 6 ppm, dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 8:56:52 dan 17:55:48 dengan konsentrasi mencapai 3 ppm dimana pada jam tersebut lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Percobaan kedua pada hari senin tangal 24 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 2 – 6 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 12:16:20 - 14:16:34 dengan konsentrasi mencapai 4 - 6 ppm dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk kerja dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 18:17:01 dengan konsentrasi mencapai 2 ppm dimana pada jam tersebut lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Percobaan ketiga pada hari selasa tangal 25 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 2 - 6 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 12:04:05 - 16:04:31 dengan konsentrasi mencapai 5 – 6 ppm dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 9:03:32 dengan konsentrasi mencapai 2 ppm dimana pada jam ini kondisi cuaca hujan serta lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai dan pada jam 18:04:45 dengan konsentrasi mencapai 3 ppm dimana pada jam tersebut lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Dilihat dari perbandingan tiap waktunya peningkatan nilai tidak terlalu besar. Range konsentrasi yang dihasilkan tidak berbahaya bagi mahluk hidup yang menghirupnya dengan rata-rata konsentrasi setiap percobaan mencapai 2 – 6 ppm. Adapun parameter kesehatan yang berdampak dalam kehidupan sehari hari yaitu 0-5 ppm (baik), 6-10 (sedang), 11-17 ppm (tidak sehat), 18-34 ppm (sangat tidak sehat), >40 ppm (berbahaya) [11].



Gambar 4.17 Grafik Waktu dengan CO_2.

Gambar 4.17 menunjukkan data gas CO_2 yang terukur di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat. Percobaan pertama pada hari minggu tangal 9 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 9 - 10 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 11:55:13 - 14:55:54 dengan konsentrasi mencapai 11 - 12 ppm, dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan. Percobaan kedua pada hari senin tangal 24 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 9 – 12 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 13:16:27 - 15:16:40 dengan konsentrasi mencapai 11 - 12 ppm dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk kerja dan ramai lalu lintas kendaraan, Percobaan ketiga pada hari selasa tangal 25 Agustus 2020 rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 7 - 12 ppm, peningkatan nilai terjadi pada jam 13:04:11 dengan konsentrasi mencapai 12 ppm dimana pada jam tersebut termasuk waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan, penurunan nilai terjadi pada jam 9:03:32 - 10:03:40 dengan konsentrasi mencapai 7 ppm dimana pada jam ini kondisi cuaca hujan serta lalu lintas kendaraan tidak terlalu ramai. Dilihat dari perbandingan tiap waktunya peningkatan nilai tidak terlalu besar. Untuk rentang nilai pengukuran yang dihasilkan antara 9 – 12 ppm.

Karena parameter CO_2 tidak terdapat pada buku mutu Indeks Standar Pencemaran Udara (ISUP), sehingga nilai yang sudah didapat tidak dapat dibandingkan.

Berdasarkan Indek Standar Pencemar Udara (ISPU) terdapat beberapa jenis polutan yang dapat diukur seperti Partikulat (PM10), Karbon Monoksida (CO), Sulfur dioksida (SO2), Nitrogen dioksida (NO2) dan Ozon (O3). Untuk detail selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2.2, 2.3 dan 2.4. Pada penelitian ini yang diukur hanya Partikulat (PM10), Karbon Monoksida (CO), dan Karbon Dioksida (CO_2). Untuk Karbon Dioksida (CO_2) tidak dapat dibandingkan karena CO_2 tidak terdapat di dalam ISPU. Dari hasil semua pengukuran yang diperoleh dapat dijelaskan bahwa pada waktu sibuk dan ramai lalu lintas kendaraan peningkatan nilai tidak terlalu besar dan masih termasuk ke dalam kategori tidak berbahaya untuk dihirup oleh manusia. Untuk melihat perbandinganya dapat dilihat pada tabel 4.8 dibawah ini.

Tabel 4.8 Tabel Perbandingan Pengukuran dengan ISPU

No	Nama Polutan	Rentang Pengukuran	Rentang ISPU	Nilai ISPU	Kategori
1	Partikulat (PM10)	2 - 6 µg/m^3	0-50 µg/m3	0-50	Baik
2	Karbon Monoksida (CO)	2 - 6 ppm	6-10 ppm	51-100	Sedang
3	Karbon Dinoksida (CO_2)	9 -12 ppm	tidak ada	tidak ada	tidak ada

Dalam Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk setiap parameter pencemar terdapat kategori yang menjelaskan bahwa suatu kualitas udara bisa dibilang baik jika tidak ada efek buruk ke tubuh mahluk hidup. Dari tabel 4.6 dapat dilihat kategori Partikulat (PM10) baik dengan pengaruh terhadap mahluk hidup tidak ada efek, untuk Karbon Monoksida (CO) kategorinya sedang yang didalam ISPU kategori sedang pengaruhnya terjadinya perubahan kimia darah tetapi tidak terdeteksi, dan untuk Karbon Dioksida (CO_2) tidak ada kategori karena tidak terdapat di dalam buku ISPU.

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPILAN

Dari hasil setelah melakukan perancangan, pembuatan sistem, pengujian, kalibrasi dan Analisa, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perancangan, pengkalibrasian dan pengukuran sensor dengan mengunakan modul Arduino Mega2650, dengan pengunaan sensor seperti debu GP2Y1010AU0F, DHT11, MQ-7 dan MQ-135, pengunaan module RTC-1307 sebagai pencatat waktu, LCD Oled sebagai tampilan, modul SD Card sebagai penyimpanan dan Esp8266-01 sebagai pengirim data ke webserver yang telah dikemas ke dalam kotak sudah dapat bekerja, berfungsi dengan baik dan sudah sesuai yang diharapkan.
2. Hasil pengukuran alat ditampilkan pada LCD Olet dalam bentuk angka, website dalam bentuk grafik dan tabel, pada micro SD Card dalam bentuk data yang dilakukan secara langsung dan *real time*. Sistem database dan datalogger pada alat bekerja dengan baik, sehingga data yang tersimpan dapat diolah kembali untuk di teliti.
3. Perancangan sistem website mengunakan bahasa PHP, dan MySql sebagai perancangan tampilan dan peyimpanan data di website. Webserver yang dibuat telah dapat menampilkan, memberikan informasi secara baik dan dapat dilihat secara online di HP, PC dan lainnya.
4. Berdasarkan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU), Pengukuran di Jalan M. Yamin, Taratak, Pariaman Tengah, Kota Pariaman, Sumatera Barat, pada pengukuran Partikulat (PM10) rentang nilai 2 - 6 µg/m3 masih termasuk dalam kategori baik, sedangkan Karbon Monoksida (CO) rentang nilai 2 – 6 ppm termasuk dalam kategori sedang dan Karbon Dioksida (CO2) rentang nilai 9 – 12 ppm, tidak dapat dibandingkan karena CO_2 tidak terdapat di dalam ISPU, Kualitas udara di daerah ini masih termasuk kedalam kategori tidak berbahaya untuk dihirup oleh makhluk hidup.

5.2 SARAN

Dari hasil penelitian ini saran dari peniliti untuk memperbaiki kinerja dari sistem monitoring kualitas udara berbasis web serta untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut:

1. Untuk pengukuran kualitas udara tidak hanya partikulat meter, CO dan CO_2 bisa ditambahkan dengan pengukuran SO2,

NO2, O3 dan lainnya, dengan memperhatikan faktor meterologi data seperti arah angin, kecepatan angin dan banyak kendaraan.

2. Untuk penelitian selanjutnya lebih baik mengunakan alat pengkalibrasian yang benar dan sudah terstandarisasi dari BMKG agar nilai yang dihasilkan benar-benar sudah sesuai standar.
3. Untuk pengkalibrasian sensor sebaiaknya di buat dengan chamber khusus dan mengunakan gas murni untuk pengkalibrasian.
4. Untuk tampilan dan fitur pada website dapat dikembangkan lagi agar dapat membantu dalam pengukuran dan monitoring kualitas udara.
5. Untuk pengukuran diharapkan dilakukan penelitian di banyak tempat agar dapat melihat perbedaan dan kinerja dari alat monitoring kualitas udara ini.

DAFTRAR PUSTAKA

Adhi Irvan e. P., A. I. (2012). *RANCANG BANGUN ALAT UKUR EMISI GAS BUANG, STUDI KASUS: PENGUKURAN GAS KARBON MONOKSIDA (CO), Institut Teknologi Sepuluh November.* Surabaya: imam@ep.its.ac.id.

Apriawati Eka, A. A. (April 2017). KAJIAN INDEKS STANDAR POLUSI UDARA (ISPU) NITROGEN DIOKSIDA (NO2), Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung, Bandar Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry,, Volume 2, No. 01*,(E-ISSN 2540-8267).

Association., A. L. (2003. [diambil 23 Mei 2003]). *Outdoor air pollution.* [homepage on the Internet]. Available from: http://www.who.int/outdoorairpollution.

Bruce N, P. R. (2002 [diambil 23 Maret 2003].). *Protection of Human Environment. WHO.* [homepage on the Internet]. Available at: http//www.who.int.gov.id.

Cahyono, W. E. (2009). *PENELITIAN OZON DI JAKARTA,Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta* . Yogyakarta: waluyo@bdg.lapan.go.id.

Copper, C. D. (1986). *Air Pollution Control A Design Approach 2nd Edition.* . Maveland Press Inc, Illinois.

Corporation, S. (2006). GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor. Sheet No.: E4-A01501EN Date Dec. 1.

Fardiaz, S. (1992). *Polutan Air dan Polusi Udara.* Bogor: Fak. Pangan dan Gizi IPB,.

Halmas, F. (2015). *SISTEM MONITORING PM10 DAN GAS CO, PROGRAM SARJANA TERAPAN INSTRUMENTASI SEKOLAH TINGGI MKG dan GEOFISIKA TANGERANG SELATAN* . Tangerang Selatan.

HANWEI ELECTRONICS CO ., L. (n.d.). TECHNICAL DATA MQ-7 GAS SENSOR. http://www.hwsensor.com.

Hendro martono, N. s. (2004). KONDISI PENCEMARAN GAS NITROGEN DIOKSIDA DI UDARA JAKARTA PADA TITIK NOL METER DAN 120 METER DARI JALAN RAYA . *Bul. Penel. Kesehatan , 32, No. 1*, 35-42.

Juhan, M. (n.d.). *RANCANG BANGUN ALAT PENCATAT BIAYA PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK PADA KAMAR KOS MENGGUNAKAN MODUL GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATIONS(GSM) 800L BERBASIS ARDUINO UNO, Universitas Negeri Surabaya.*

Kho, D. (2018). *Komponen elektronika.* (Teknik Elektronika) Retrieved 2018 from https://teknikelektronika.com/pengertian-transducer-jenis-jenis-transduser/

Kristanto, P. A. (2002). *Ekologi Industri.* Yogyakarta.

Muhammad Arifin Ardi, F. H. (JUL 2019). Rancang Bangun Monitoring Gas Belerang Oksida Berbasis Internet of Things Studi Kasus Gunung Ijen. *JOURNAL OF TELECOMMUNICATION, ELECTRONICS, AND CONTROL ENGINEERING (JTECE) , 01, NO. 02*,(ISSN: 2654-8275 (ONLINE)), PP.19-24.

Nanda Rezki, M. Y. (2013). *RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGURANG BAHAYA GAS POLUTAN DALAM RUANGAN DENGAN METODE ELEKTROLISIS BERBASIS MIKROKONTROLER* . Padang: Universitas Andalas, Politeknik Negeri Padang.

Nugroho, A. (2005). *Bioindikator Kualitas Udara. Penerbit Universitas Trisakti.* Jakarta.

Organization, W. H. (2010). *"WHO Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutant".* Copenagen Denmark.

Purbakawaca Rady, N. K. (November 2017). RANCANG BANGUN ALAT UKUR PM10 RENDAH BIAYA MENGGUNAKAN SENSOR DEBU GP2Y1010AU0F. *JoP, Vol. 3 N0. 1*(ISSN: 2502-2016), 6 – 13.

S. Samsugi, A. D. (2017). INTERNET OF THINGS (IOT): Sistem Kendali Jarak Jauh Berbasis Arduino Dan Modul Wifi Esp8266, Bandar Lampung, Indonesia 35145. *Prosiding Seminar Nasional XII*

"Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2017 Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta, 295.

Sinawang Atik W. (2017). *[Skripsi] RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING EMISI KADAR GAS SULFUR DIOKSIDA MENGGUNAKAN SENSOR MQ136 BERBASIS MIKROKONTROLER STM32F4 DISCOVERY, Institut Teknologi Sepuluh November.* Surabaya.

Slamet Widodo, M. M. (September 2017). RANCANG BANGUN ALAT MONITORING KADAR UDARA BERSIH DAN GAS BERBAHAYA CO, CO2, DAN CH4 DI DALAM RUANGAN BERBASIS MIKROKONTROLER, Politeknik Negeri Sriwijaya,Palembang. *Jurnal Pseudocode, Volume IV Nomor 2*(ISSN 2355-5920, www.ejournal.unib.ac.id/index.php/pseudocode).

Supriyanto, L. R. (2016). PEMODELAN KINETIKA DAN PEMANTAUAN OZON TROPOSFER DI PARKIR DEPAN GEDUNG REKTORAT UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA YOGYAKARTA . *SEMINAR NASIONAL RISET INOVATIF (SENARI)* (ISBN 978-602-6428-04-2), 114-119.

Suryono, A. S. (April 2016). WIRELESS SENSOR SYSTEM UNTUK MONITORING KONSENTRASI DEBU MENGGUNAKAN ALGORITMA RULE BASED . *Youngster Physics Journal, , Vol. 5*(ISSN : 2302 - 7371 , No. 2,), Hal 43 – 50.

T, I. A. (2017). *Prototipe Detektor Denyut Jantung dan Suhu Tubuh Portable Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno.* Universitas Sumatera Utara: http://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/3452 Downloaded from Repositori Institusi USU, Univsersitas Sumatera Utara.

Ubaidillah, M. (2015). *[Skripsi] ALAT UKUR KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN SENSOR GAS MQ 135 BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMega16A, PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.* MEDAN.

Wanda Suwarno, D. A. (Oktober 2017). PENGUKURAN PRODUKTIVITAS OZON SEBAGAI OKSIDATOR SENYAWA ORGANIK PENCEMAR,Universitas Riau. *Jom FTEKNIK, 4 No. 2*, 1.

Waworundeng, J. M. (n.d.). Implementasi Sensor dan Mikrokontroler sebagai Detektor Kualitas Udara, Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Klabat. *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu*(p-ISSN = 2598-4969 e-ISSN = 2598-5191).

Wicaksono, H. A. (2017). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING KONSENTRASI GAS NITROGEN OKSIDA (NOx) SEBAGAI EMISI GAS BUANG MENGGUNAKAN SENSOR GAS MQ – 135 BERBASIS MIKROKONTROLLER STM32F4 DISCOVERY, INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBE* . SURABAYA : haryoarifw@gmail.com.

Yuliansyah, H. (Mei 2016). Uji Kinerja Pengiriman Data Secara Wireless Menggunakan Modul ESP8266 Berbasis Rest Architecture, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan 35365. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro, 10, No. 2*, 67.

Yusuf Muanzir, Z. M. (2016). SISTEM PEMANTAUAN INDEKS KUALITAS UDARA DAN KEADAAN CUACA PADA LINGKUNGAN BERBASIS WEBSERVER, Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,. *Jurnal Mahasiswa Teknik Komputer Kendali Elektronika (TKKE)* .

Zulfa, A. (2016). *PROTOTIPE SISTEM MONITORING CO DAN O3 UNTUK INFORMASI KUALITAS UDARA.* Jakarta: Sekolah Tinggi meteorologi Klimatologi dan Geofisika Publishing,ahmad.zulfa@bmkg.go.id .