

*AIR QUALITY MONITORING AND PURIFYING SYSTEM*  
FINAL PROJECT REPORT



Disusun oleh

Aditya Rizki Dwi Putra	1806194782 – Teknik Elektro
Alamsyah Jeremy Hasudungan	1806147810 – Teknik Elektro
Bahtiar Syahroni	1806147836 – Teknik Elektro
Moch. Farid Salahuddin	1806194965 – Teknik Elektro
Ralfi Wibowo Rachmad	1806148025 – Teknik Elektro

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**

**DEPOK**

**JANUARI 2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL DESAIN PROYEK : *Air Quality Monitoring and Purifying System*

JENIS DOKUMEN : *Final Project Report*

TANGGAL : 2 Januari 2021

### KETUA TIM

- a. Nama Lengkap : Alamsyah Jeremy Hasudungan
- b. NPM : 1806147810
- c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Elektronika
- d. Telp – Email : 081806298176 – [alamsyah.jeremy@ui.ac.id](mailto:alamsyah.jeremy@ui.ac.id)

Tanda Tangan



### ANGGOTA 1

- a. Nama Lengkap : Mochammad Farid Salahudin
- b. NPM : 1806194965
- c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Elektronika
- d. Telp – Email : 082111389373 – [mochammad.farid@ui.ac.id](mailto:mochammad.farid@ui.ac.id)

Tanda Tangan



### ANGGOTA 2

- a. Nama Lengkap : Aditya Rizki Dwi Putra
- b. NPM : 1806194782
- c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Elektronika
- d. Telp – Email : 082112358606 – [aditya.rizki81@ui.ac.id](mailto:aditya.rizki81@ui.ac.id)

Tanda Tangan



### ANGGOTA 3

- a. Nama Lengkap : Ralfi Wibowo Rachmad
- b. NPM : 1806148025
- c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Elektronika
- d. Telp – Email : 08119500368 – [ralfi.wibowo@ui.ac.id](mailto:ralfi.wibowo@ui.ac.id)

Tanda Tangan



### ANGGOTA 4

- a. Nama Lengkap : Bahtiar Syahroni
- b. NPM : 1806147836
- c. Prodi – Peminatan : Teknik Elektro – Elektronika
- d. Telp – Email : 087872821829 – [Bahtiar.syahroni@ui.ac.id](mailto:Bahtiar.syahroni@ui.ac.id)

Tanda Tangan



TEMPAT PELAKSANAAN : Hybrid (Sebagian WFH dan Sebagian di Kampus FTUI)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
DAFTAR ISI.....	ii
ABSTRAK.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Proyek .....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Target Proyek .....	2
BAB 2 DESKRIPSI PROYEK .....	3
2.1. Aspek Bisnis.....	3
2.2. Implementasi .....	3
2.3. Kontribusi.....	4
2.4. Aspek Finansial .....	5
2.5. Kelayakan.....	5
2.6. Manajemen Proyek.....	6
BAB 3 SPESIFIKASI DESAIN .....	9
3.1. Spesifikasi Perangkat Keras .....	9
3.1.1. Sensor PMS5003.....	9
3.1.2. Sensor MQ135 .....	10
3.1.3. HEPA Filter .....	10
3.1.4. 12V DC Fan .....	10
3.1.5. Relay .....	11
3.1.6. ESP32.....	11
3.1.7. Arduino Nano.....	11
3.1.8. Breadboard.....	12
3.1.9. PCB.....	12
3.1.10. Casing .....	12
3.1.11. 12V DC Adaptor .....	13
3.2. Spesifikasi Perangkat Lunak .....	13
3.2.1. Arduino IDE.....	13
3.2.2. Thingspeak.....	14
3.2.3. Telegram .....	14

3.2.4.	MIT App Inventor.....	15
3.2.5.	Fusion 360.....	15
3.2.6.	Microsoft Excel.....	16
BAB 4 DESKRIPSI SUBSISTEM BESERTA FUNGSI.....		17
4.1.	Subsistem Pembacaan Sensor .....	17
4.1.1.	Pembacaan Sensor MQ135 .....	17
4.1.2.	Pembacaan Sensor PMS5003 .....	17
4.2.	Subsistem Pemrosesan Data.....	17
4.2.1.	Arduino .....	17
4.2.2.	ESP32.....	17
4.3.	Subsistem Tampilan Antarmuka .....	18
4.3.1.	Integrasi Tampilan Antarmuka dengan Telegram .....	18
4.3.2.	Tampilan Antarmuka pada Perangkat Pengguna.....	18
BAB 5 DESKRIPSI SISTEM TERINTEGRASI .....		19
5.1	Integrasi Sisi Perangkat Keras .....	19
5.2	Integrasi Sisi Perangkat Lunak .....	19
BAB 6 HASIL DAN PROGRES SISTEM.....		20
6.1.	Perakitan Prototipe .....	20
6.1.1.	Perancangan Desain Prototipe pada EasyEDA.....	20
6.1.2.	Perakitan Alat Testing pada Breadboard .....	21
6.1.3.	Perakitan Prototipe pada PCB.....	21
6.2.	Pembuatan Program .....	24
6.2.1.	Program Arduino Nano .....	24
6.2.2.	Program ESP32.....	25
6.2.3.	Pembuatan Tampilan Antarmuka pada MIT App Inventor .....	29
BAB 7 RANCANGAN PENGUJIAN FUNGSI SUBSISTEM .....		31
7.1.	Pengujian Alat Testing pada Breadboard.....	31
7.2.	Pengujian pada Ruang Kapasitas Minimum .....	31
7.3.	Pengujian pada Ruang Kapasitas Sedang.....	32
7.4.	Pengujian di dekat Kendaraan Bermotor .....	32
7.5.	Target Pengujian .....	33
7.5.1.	Kadar CO <sub>2</sub> .....	33
7.5.2.	Kadar PM2.5 .....	33
7.5.3.	Kadar PM10 .....	33
BAB 8 RENCANA PENGUJIAN SISTEM TERINTEGRASI .....		35

8.1.	Pengujian Sistem Terintegrasi Sisi Perangkat Keras .....	35
8.2.	Pengujian Sistem Terintegrasi Sisi Perangkat Lunak .....	35
8.2.1.	Pengujian Arduino IDE.....	35
8.2.2.	Pengujian Thingspeak.....	36
8.2.3.	Pengujian Telegram Bot .....	36
BAB 9 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN FUNGSI SUBSISTEM .....		38
9.1.	Hasil Pengujian CO <sub>2</sub> .....	38
9.1.1.	Ruangan Kapasitas Minimum.....	38
9.1.2.	Ruangan Kapasitas Sedang .....	38
9.1.3.	Dekat Kendaraan Bermotor .....	39
9.2.	Hasil Pengujian PM1.0.....	39
9.2.1.	Ruangan Kapasitas Minimum.....	39
9.2.2.	Ruangan Kapasitas Sedang .....	40
9.2.3.	Dekat Kendaraan Bermotor .....	40
9.3.	Hasil Pengujian PM2.5.....	41
9.3.1.	Ruangan Kapasitas Minimum.....	41
9.3.2.	Ruangan Kapasitas Sedang .....	41
9.3.3.	Dekat Kendaraan Bermotor .....	42
9.4.	Hasil Pengujian PM10.....	42
9.4.1.	Ruangan Kapasitas Minimum.....	42
9.4.2.	Ruangan Kapasitas Sedang .....	43
9.4.3.	Dekat Kendaraan Bermotor .....	43
9.5.	Kesimpulan Analisis .....	44
BAB 10 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN SISTEM TERINTEGRASI.....		45
10.1.	CO <sub>2</sub> .....	45
10.2.	PM 1.0 .....	45
10.3.	PM 2.5 .....	46
10.4.	PM 10 .....	46
10.5.	Kesimpulan Analisis.....	47
BAB 11 ANALISIS POTENSI INTEGRASI SISTEM .....		48
11.1.	Potensi Pengembangan Masa Depan .....	48
11.2.	Potensi Integrasi Sistem.....	48
11.2.1.	Area Dengan Udara Kotor .....	48
11.2.2.	Luas Ruangan.....	48
11.2.3.	Aliran Udara.....	49

11.2.4. Pintu dan Jendela Terbuka .....	49
BAB 12 RENCANA PERBAIKAN .....	50
12.1. Peningkatan sisi perangkat lunak .....	50
12.2. Peningkatan sisi perangkat keras.....	50
BAB 13 KAJIAN PEMANFAATAN.....	51
13.1. Segi Sosial .....	51
13.2. Segi Ekonomis.....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	53

## ABSTRAK

Pada saat ini, manusia tinggal di bumi yang telah beragam jenis kondisi lingkungan disebabkan oleh kondisi cuaca pada suatu lingkungan yang tidak menentu di setiap harinya baik karena faktor alam atau buatan. Hal tersebut salah satunya dapat menyebabkan dampak pencemaran udara di suatu lingkungan yang ditinggali dengan keberadaan terganggu oleh asap-asap dari kegiatan industri, transportasi, perkantoran, dan perumahan. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan dari tingkat efektivitas seseorang dalam melakukan aktivitasnya dan juga berdampak pada kualitas tidur seseorang, karena ketika kualitas udara sedang buruk, saat bangun tidur badan akan terasa lemas.

Maka untuk menghindari dampak yang terjadi, diperlukan sistem yang dapat memonitoring kualitas udara di lingkungan yang ditempati. Dengan penggunaan sensor PM5003 dan sensor MQ-135 serta Arduino UNO sebagai pembaca kualitas udara. Pada sensor PM5003 akan mendeteksi kadar partikel PM1.0, PM2.5, dan PM10. Sedangkan sensor MQ-135 dapat kadar gas CO<sub>2</sub> dalam udara sekitar sebagai indikasi udara sehat. Pada proposal ini akan diusulkan *“Air Quality Monitoring and Purifying System”* yang merupakan peralatan yang dapat melakukan pendeteksian kondisi udara di ruangan serta melakukan tindakan filtrasi terhadap adanya polutan di udara dengan sebuah sistem purifier berbiaya rendah.

**Kata kunci:** Kualitas udara, Monitoring, Sensor, CO<sub>2</sub>, PM1.0, PM2.5, PM10

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Lingkungan yang sehat sangat berpengaruh terhadap kesehatan fisik makhluk hidup. Faktor penting penunjang lingkungan yang sehat adalah kualitas udara yang memenuhi standar kesehatan. Udara mengandung oksigen yang dibutuhkan untuk hidup. Namun selain oksigen, terdapat zat – zat lain yang dapat mengganggu komponen udara bersih yang dapat mengganggu kegiatan manusia menjadi pengurangan tingkat produktivitas bahkan hingga mengganggu Kesehatan manusia.

Kebutuhan atas kualitas lingkungan yang sehat merupakan bagian pokok di bidang kesehatan untuk semua makhluk hidup, terutama manusia. Komponen udara menjadi komponen yang paling penting sebagai komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan perlu diperhatikan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal. Timbulnya pencemaran pada udara menyebabkan kualitas udara yang buruk dalam ruangan umumnya disebabkan oleh beberapa hal, yaitu kurangnya ventilasi udara (52%), adanya sumber kontaminasi di dalam ruangan (16%), kontaminasi dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%), dan lain-lain (13%) [1].

Oksigen di dalam maupun di luar ruangan dapat terkontaminasi dengan zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan. Dalam batasan tertentu kadar zat-zat tersebut masih dapat dinetralisir namun jika melampaui batas normal maka dapat mengganggu kesehatan. World Health Organization (WHO) menyatakan bahwa terdapat zat berbahaya yang berasal dari bangunan, material konstruksi, peralatan, proses pembakaran atau pemanasan dapat memicu masalah kesehatan [2].

Dalam manusia melakukan aktivitasnya yang dapat menimbulkan pencemaran yang telah memicu permasalahan pada pencemaran udara yang terjadi di lingkungan sekitar, terutama pada ruangan tertutup di mana sulit terjadi sirkulasi udara apabila desain dari bangunan tidak memenuhi standar untuk terjadinya sirkulasi udara masuk sehingga terjadi tingkat kepekatan dari kadar partikel PM1.0, PM2.5, dan PM10, yang merupakan PM itu singkatan dari *Particulate Matter* yaitu komponen polutan udara terdiri dari campuran partikel padat dan cair yang terdapat pada udara bebas [3]. Pada umumnya, indikator PM menjelaskan pengaruh kesehatan makhluk hidup yang merujuk kepada konsentrasi massa partikel dengan diameter sesuai dengan penamannya, dengan artian jika PM1.0 maka ukuran partikel tersebut 1  $\mu\text{m}$  di udara bebas. Walaupun pada kondisi tertentu, manusia dapat menggunakan indera penciumannya untuk memfiltrasi udara yang dihirup, namun apakah partikel tersebut dapat dikatakan dalam ukuran level normal dan tidak tercemar ataupun tercemar. Maka dari itu, manusia tidak senantiasa melakukan hal itu terus menerus karena dapat mengganggu Kesehatan apabila udara di sekitarnya buruk dan terjadi keterbatasan yang menjadi hambatan untuk melakukannya secara manual.

Dalam hal tersebut, dibutuhkan perancangan yang baik untuk mengatasi permasalahan dari pencemaran udara yang terjadi dalam ruangan dimana tempat sebagai manusia untuk melakukan kegiatannya dan ruangan tertutup juga menjadi resiko tingkat pencemaran udaranya dapat mengganggu kesehatan manusia yang beraktivitas di ruangan tersebut. Untuk mengatasi hal tersebut, solusi yang ditawarkan dengan merancang suatu sistem yang dapat memonitoring udara dalam ruangan sekaligus memberikan suatu tindakan yang dapat meningkatkan kebersihan udara yang disertai pewangi yang dapat menyegarkan udara pada suatu ruangan. Selain itu, alat menggunakan IoT yang dapat memantau keadaan udara dari posisi manapun dengan gawai yang digunakan sebagai pemantauan kondisi udara ketika ditempatkan alat ini.



## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka perumusan masalah dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana realisasi pendeteksi kadar CO<sub>2</sub> dalam udara dengan sensor MQ-135?
2. Bagaimana realisasi pendeteksi kadar partikel PM1.0, PM2.5, PM10 dalam udara dengan sensor PMS5003?
3. Bagaimana sistem dapat meminimalisir udara yang tercemar dari partikel PM1.0, PM2.5, PM10?
4. Bagaimana sistem *IoT* dapat diterapkan pada alat yang dibuat?

## 1.3. Tujuan Proyek

Tujuan dari proyek ini adalah merancang sebuah sistem monitoring kondisi udara dengan menggunakan sensor pendeteksi kadar PM1.0, PM2.5, PM10 dan sensor yang mendeteksi kadar CO<sub>2</sub>, yang dilengkapi teknologi *IoT*. Sistem yang dibuat diharapkan dapat menjaga kondisi kebersihan dan kesegaran udara agar makhluk hidup, terutama manusia tidak mengalami gangguan kesehatan akibat pencemaran udara di sekitarnya. Selain itu, penggunaan *IoT* diharapkan dapat melakukan pemantauan kualitas udara secara *remote*.

## 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada proyek yang kita buat meliputi ruang lingkup dari proses *testing* dari prototipe yang di kembangkan, diantaranya:

1. Ruang yang dijadikan tempat uji coba butuh memenuhi kriteria yang ideal, yaitu tidak terlalu besar dan tidak terlalu kecil. Ukuran ruangan dapat memengaruhi keakuratan pembacaan kadar CO<sub>2</sub> dan juga jumlah partikel yang ada di udara.
2. Kondisi partikel akan berubah sesuai dengan musim yang sedang berlangsung di tempat pengujian. Percobaan akan dilakukan di sekitar bulan November dan Desember di Kampus FTUI.
3. Sistem akan menggunakan 1 sensor partikel PM dan 1 sensor CO<sub>2</sub> sehingga penempatan sensor harus ideal di tempat yang terpapar banyak udara dan tidak pengap. Penempatan juga tidak dilakukan di sudut ruangan sehingga mendapat hasil yang akurat.
4. Percobaan akan membandingkan kondisi saat ada orang di dalam ruangan dan saat ruangan kosong.
5. Percobaan juga akan dilakukan dengan mensimulasikan keadaan saat jumlah partikel tinggi, sedang, dan rendah.

## 1.5. Target Proyek

Target dari proyek ini secara umum adalah membuat sebuah sistem yang mampu memonitor kualitas udara meliputi kadar polusi partikulat (PM) dari ruangan yang di tempati kemudian melakukan filtrasi jika terdeteksi adanya polutan. Prototipe dinyatakan sukses jika kadar polusi partikulat yang terdeteksi mengalami penurunan.

## **BAB 2 DESKRIPSI PROYEK**

### **2.1. Aspek Bisnis**

Seiring dengan perkembangan teknologi, informasi yang dimiliki oleh masyarakat pada aspek kesehatan akan semakin meningkat, khususnya pada dampak kualitas udara terhadap kesehatan manusia. Informasi tersebut ada karena tidak lepasnya perhatian masyarakat sekarang terhadap Internet, dimana banyak informasi yang dapat diakses baik secara sengaja atau tidak sengaja. Informasi tersebut tentunya merupakan sesuatu yang positif bagi masyarakat karena akan timbul rasa kepedulian akan kualitas udara di sekitar.

Rasa kepedulian yang dimiliki masyarakat akan berujung kepada kekhawatiran akan kualitas udara. Masyarakat akan melihat bahwa banyak objek yang dapat menjadi sumber polusi udara. Masyarakat akan berusaha mencari cara untuk mengetahui hingga mencari solusi akan besarnya polusi udara di lingkungan tempat tinggalnya. Oleh karena itu, proyek kami dapat menjadi alat penyaluran kekhawatiran masyarakat akan kualitas udara.

Di sisi lain, produk komersil untuk monitoring kualitas udara yang dapat mendeteksi Particulate Matter, memiliki harga yang tinggi di pasaran. Harga tersebut dapat merupakan hasil dari biaya promosi, pemasaran, dan pengemasan yang dibutuhkan perusahaan elektronik dalam produksi barangnya. Harga tinggi tersebut dapat diperkecil dengan implementasi proyek kami. Proyek kami akan menggunakan sensor sensor yang dibutuhkan untuk monitoring kualitas udara lalu digabungkan menjadi satu kesatuan beserta output sistemnya. Dengan pendekatan tersebut, produk akan memiliki harga yang lebih ekonomis.

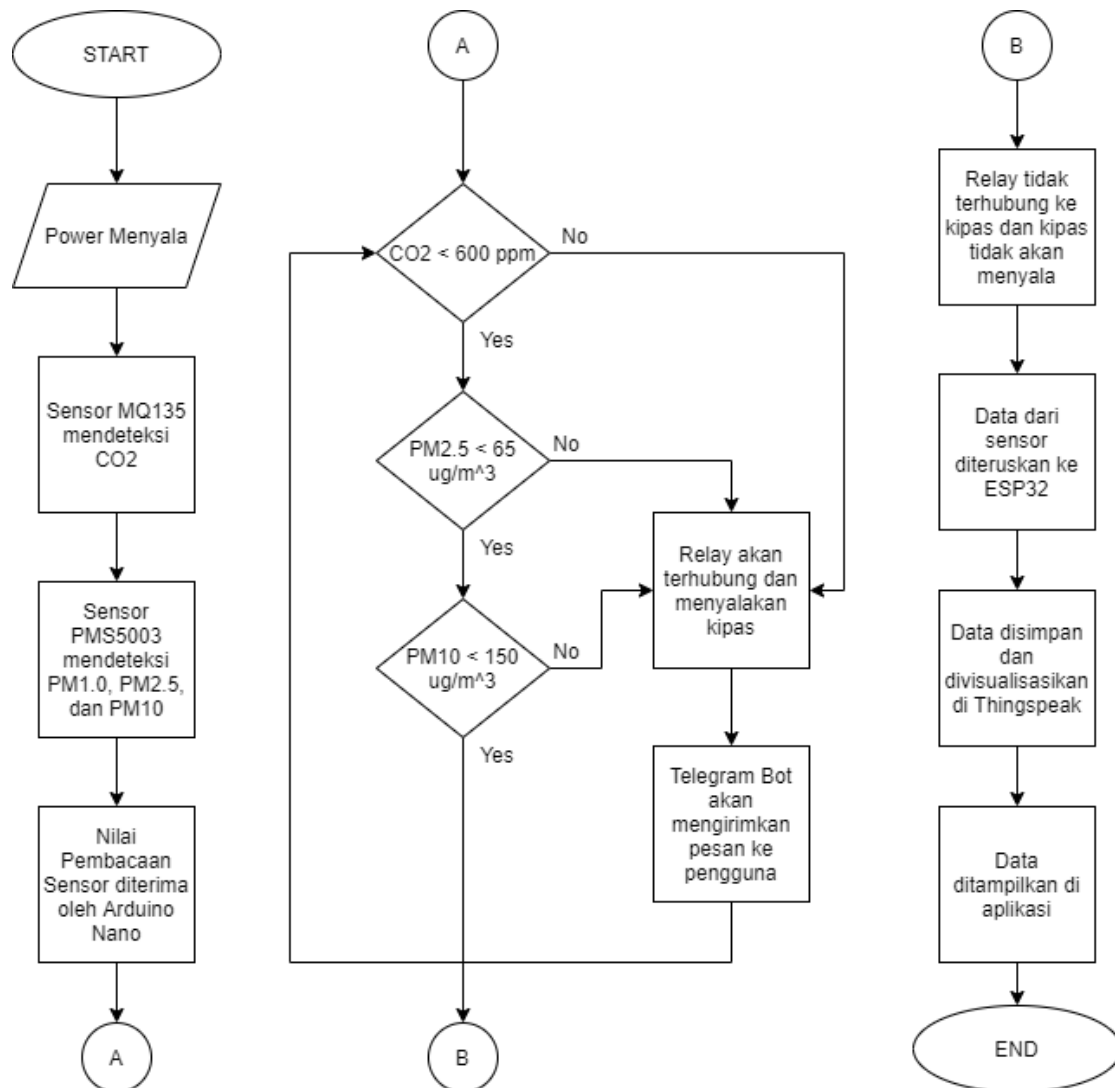
### **2.2. Implementasi**

Penyegar ruangan dan sistem monitor ini dapat diimplementasikan pada ruangan yang berukuran sekitar 3 x 3 meter, sangat cocok untuk penggunaan di kamar tidur pribadi. Untuk mendapatkan data yang akurat dan representatif dari keadaan ruangan, alat monitoring harus diletakan di bagian ruangan yang paling banyak terkena paparan, jadi penempatan terbaik adalah diatas meja terbuka yang tidak memiliki banyak penghalang, tinggi penempatan bisa ditempatkan antara setinggi pinggang manusia sampai kepala manusia (100-180cm dari lantai). Penempatan ini diharapkan dapat memberikan deteksi partikel dan CO<sub>2</sub> yang paling akurat karena karakteristik yang sudah disebutkan akan menempatkan alat deteksi di area yang paling banyak partikel beterbangan.

Saat divais dinyalakan, hal yang akan dilakukan pertama kali adalah sensor akan mendeteksi konsentrasi partikel dan kadar CO<sub>2</sub> pada ruangan. Hasil pembacaan sensor kemudian akan diteruskan ke Arduino Nano untuk dilihat kondisi nya. Apabila kadar CO<sub>2</sub> melebihi 60 ppm atau kadar PM2.5 melebihi 65 µg/m<sup>3</sup> atau kadar PM10 melebihi 150 µg/m<sup>3</sup>, maka Arduino akan memberikan sinyal ke relay untuk menyalakan kipas. Kemudian, Telegram Bot akan mengirimkan pesan ke pengguna. Keberadaan kipas diharapkan dapat menurunkan kadar CO<sub>2</sub> dan partikel-partikel mikroskopis di udara. Apabila kadar CO<sub>2</sub>, PM2.5, dan PM10 yang dideteksi oleh sensor sudah berada dibawah nilai yang ditetapkan, maka relay akan terputus dari kipas, sehingga kipas akan mati.

Data hasil pembacaan sensor kemudian akan diteruskan oleh Arduino Nano ke ESP32, lalu ESP32 dengan menggunakan Wi-Fi akan mengirimkan data tersebut ke Thingspeak untuk

disimpan dan divisualisasikan, serta ke aplikasi untuk ditampilkan ke pengguna. Berikut merupakan flowchart dari alur kerja alat.



Gambar 2.2. Flowchart Kerja Sistem

### 2.3. Kontribusi

Produk akhir dari proyek yang kita buat diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup individu yang memiliki sensitivitas tinggi pada udara kotor. Alat ini akan memberikan data dari keadaan jumlah partikel yang ada di ruangan, juga secara otomatis membersihkannya, dan dengan deteksi kadar CO<sub>2</sub> pengguna dapat mendeteksi kebutuhan oksigen di ruangan. Hal ini dapat meningkatkan kesehatan dan mencegah munculnya reaksi alergi, juga menyampaikan kualitas udara yang ada di ruangan. Kelebihan dari alat ini dibandingkan dengan alat yang berada dipasaran diantaranya kemudahan dari sistem monitoringnya, juga kelengkapan fitur dan data monitoring yang ditawarkan. Dengan update nilai secara *realtime* yang bisa diakses dimanapun membuat pengguna dapat dengan mudah melihat keadaan ruangan tempat menyimpan alat di setiap saat.

#### 2.4. Aspek Finansial

Pendanaan pembuatan prototipe akan menggunakan sumber dana yang berasal dari Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia yaitu maksimal sebesar Rp 2.000.000 dengan sistem *reimburse*. Anggaran yang telah diberikan akan digunakan mengembangkan prototipe agar sampai menjadi sebuah produk jadi siap untuk dikomersialisasikan. Pengembangan prototipe akan menggunakan rencana anggaran biaya sebagai berikut.

No	Nama Barang	Tanggal	Harga Barang	Jumlah	Biaya Pengiriman	Biaya Asuransi Pengiriman	Total Belanja
1	MQ135 Sensor	18 Juni 2021	Rp22,000	1	Rp5,000	Rp200	Rp27,200
2	ESP32	28 Sep 2021	Rp70,000	1	Rp0	Rp400	Rp70,400
3	Female Jack DC Socket	30 Sep 2021	Rp5,250	3	Rp0	Rp1,939	Rp17,689
4	Relay 5V	30 Sep 2021	Rp11,000	2	Rp0	Rp1,939	Rp22,000
5	12V DC Cooling Fan	30 Sep 2021	Rp24,900	1	Rp10,000	Rp0	Rp34,900
6	10 Pcs HEPA Filter	30 Sep 2021	Rp15,900	4	Rp0	Rp300	Rp63,900
7	PMS5003 Sensor	5 Okt 2021	Rp487,000	1	Rp8,000	Rp2,000	Rp497,000
8	Adaptor DC 12V / 1A	16 Nov 2021	Rp10,500	1	Rp7,000	Rp200	Rp17,700
9	PCB FR4	29 Nov 2021	Rp94,000	1	Rp18,000	Rp0	Rp112,000
10	3D Printing untuk Casing	30 Nov 2021	Rp116,000	1	Rp0	Rp0	Rp116,000
TOTAL BELANJA							Rp978,789

Tabel 2.1. Rencana Anggaran Biaya Proyek

#### 2.5. Kelayakan

Alat yang kami kembangkan dapat diimplementasikan pada tempat-tempat yang membutuhkan monitoring kualitas udara yang baik. Apabila dibandingkan dengan alat yang sudah ada, seperti air purifier, tentu nya alat kami memilih keunggulan dari segi fitur, dikarenakan alat ini tidak hanya menjernihkan udara dari gas-gas atau partikel berbahaya, tetapi juga terhubung secara langsung dengan user melalui sebuah aplikasi berbasis IoT, serta bekerja secara otomatis dan terhubung secara langsung dengan sensor.

Akan tetapi, apabila meninjau dari segi ukuran, alat kami dapat dikatakan kurang compact dikarenakan memiliki ukuran yang masih cukup besar. Hal ini tentu nya menjadi tantangan sekaligus peluang untuk pengembangan lebih lanjut dari alat.

## **2.6. Manajemen Proyek**

Tahapan proyek meliputi dengan tahap awal dilakukan analisis permasalahan, perencanaan, dan desain alat. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap permasalahan, identifikasi permasalahan, dan dilakukan *solving* permasalahan dengan melakukan desain dari rancangan alat yang digunakan. Selanjutnya memasuki fase *approval* dari konsep desain perancangan yang telah dibuat. Setelah *approved*, dilakukan tahap pengembangan perancangan sistem, analisis pasar terhadap kebutuhan komponen, dan melakukan instalasi atau perakitan sistem. Setelah itu, akan jadi *prototype* alat yang harus dilakukan uji performa terlebih dahulu, dilakukan analisis performa, dan evaluasi untuk pengembangan performa menjadi yang terbaik. Dilakukannya uji performa karena pembacaan sensor yang sangat sensitif terhadap objek ataupun gerak dari alat masih harus diketahui efektivitasnya dan agar pergerakannya lebih efisien sehingga penyemprotan dapat dilakukan secara merata, apabila hal tersebut tidak dilakukan maka akan terjadi kegagalan *prototyping* sehingga dapat menimbulkan kerugian dari segala hal. Berikut merupakan timeline tahapan proyek yang dilakukan pada Tabel 2.3:

No	Kegiatan Pelaksanaan	Target Kegiatan	Bulan 1				Bulan 2				Bulan 3				Bulan 4				Bulan 5				Bulan 6			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Identifikasi Masalah Proyek	1. Pencarian dan Penentuan Objek Penelitian																								
		2. Menentukan problem set dan tujuan																								
		3. Perumusan masalah dan Batasan proyek																								
2.	Studi Literatur	1. Melakukan pembelajaran dan pencarian informasi mengenai proyek																								
		2. Penyusunan Informasi berkaitan dengan proyek																								
3.	Perancangan Desain	1. Penentuan Spesifikasi komponen proyek yang dibuat																								
		2. Pembuatan Simulasi desain rangkaian menggunakan software																								
		3. Melakukan Evaluasi dan perbaikan simulasi																								
4.	Perancangan Alat dan bahan proyek	1. Studi mengenai pemasaran produk komponen yang cocok dengan simulasi																								
		2. Melakukan penyiapan dan pembelian komponen yang telah ditentukan																								
5.	Pembuatan Alat	1. Melakukan pemesanan PCB yang sesuai dengan desain																								
		2. Melakukan perangkaian terhadap PCB yang telah dibuat																								
6.	Pengujian Alat	Pengujian alat terhadap dengan percobaan alat untuk mendapatkan data, analisis, dan dokumentasi																								
7.	Evaluasi dan Perbagikan Alat	1. Membandingkan hasil data dengan alat yang ada dikomersial																								

[illegible]

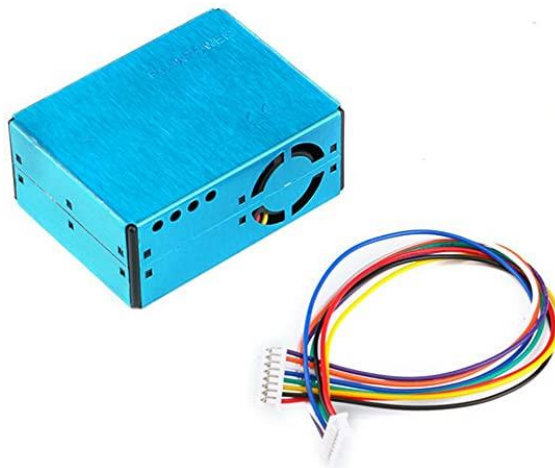
Tabel 2.2. Timeline Tahapan Proyek

## BAB 3 SPESIFIKASI DESAIN

### 3.1. Spesifikasi Perangkat Keras

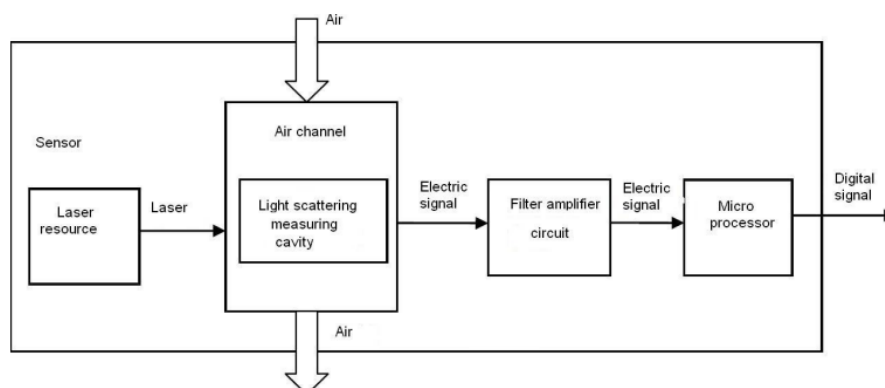
#### 3.1.1. Sensor PMS5003

Sensor PMS5003 merupakan sebuah sensor yang mampu mendeteksi kadar *particulate matters* yang berada di dalam maupun diluar ruangan. Pada proyek ini, sensor tersebut akan digunakan untuk mendeteksi serta membaca kadar PM yang memiliki ukuran sebesar 1 micron (PM1.0), 2.5 micron (PM2.5), dan 10 micron (PM10).



Gambar 3.1. Sensor PMS5003

Cara kerja sensor ini adalah dengan menghasilkan scattering menggunakan laser yang diradiasikan ke partikel partikel yang ada di udara. Sensor lalu mengumpulkan cahaya scattering yang dihasilkan dan mendapatkan kurva scattering cahaya terhadap waktu. Diameter partikel yang ada dan jumlah partikel yang ada dengan diameter berbeda per unit volume akan dikalkulasikan pada mikrokontroller menggunakan teoriMIE[4].



Gambar 3.2. Gambaran Cara Kerja Sensor PMS5003



### 3.1.2. Sensor MQ135

Sensor MQ135 merupakan sebuah sensor yang memiliki kemampuan untuk mendeteksi kadar berbagai gas di udara. Beberapa gas yang dapat dideteksi oleh sensor ini adalah gas f NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, alcohol, Benzene, smoke, CO<sub>2</sub> [5]. Pada proyek ini, sensor tersebut digunakan untuk mendeteksi kadar CO<sub>2</sub> di udara.



Gambar 3.3. Sensor MQ135

### 3.1.3. HEPA Filter

HEPA (High-Efficiency Particulate Absorbing) Filter adalah sebuah filter dalam bentuk lembaran yang digunakan untuk menyaring partikel-partikel berukuran mikroskopis yang ada di udara. Pada proyek ini, HEPA filter akan digunakan pada sistem penjernih udara bersih.



Gambar 3.4. HEPA Filter

### 3.1.4. 12V DC Fan

Pada proyek ini digunakan sebuah kipas 12V DC untuk menyedot partikel-partikel mikroskopis di udara serta menyejukan ruangan. Kipas akan menyala apabila kadar partikel yang terdeteksi oleh sensor sudah melebihi batas yang ditentukan.



Gambar 3.5. Kipas 12V DC

### 3.1.5. Relay

Relay merupakan sebuah sistem switching elektrik. Pada proyek ini, relay digunakan untuk mengatur nyala dan mati nya kipas.



Gambar 3.6. Relay

### 3.1.6. ESP32

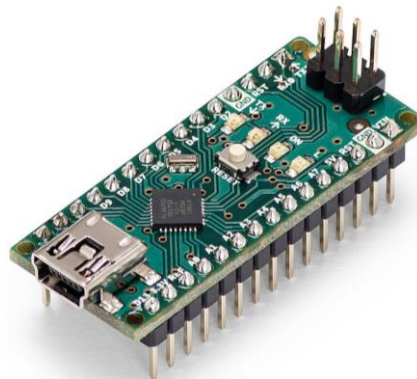
ESP32 merupakan sebuah mikrokontroler berdaya dan berbiaya rendah yang dilengkapi dengan modul *bluetooth* dan Wi-Fi. Pada proyek ini, ESP32 akan dihubungkan ke Arduino Nano untuk menerima data dari sensor dan kemudian mengirimkannya ke Thingspeak.



Gambar 3.7. ESP32

### 3.1.7. Arduino Nano

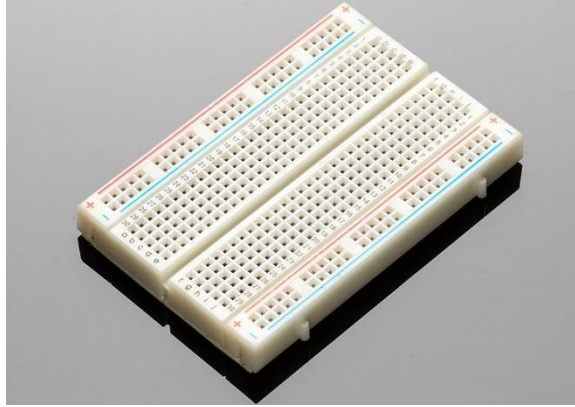
Arduino Nano merupakan sebuah mikrokontroler berukuran kecil berbasis Atmega328 dan multifungsi yang sangat cocok untuk digunakan pada breadboard. Pada proyek ini, Arduino Nano akan dihubungkan ke sensor untuk mengambil data dan meneruskannya ke ESP32.



Gambar 3.8. Arduino Nano

### 3.1.8. Breadboard

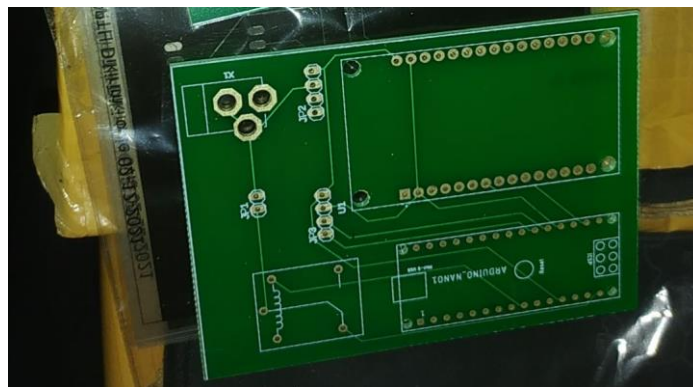
Breadboard merupakan sebuah papan bersifat sementara yang digunakan untuk mensimulasikan sebuah rangkaian elektronika sebelum direalisasikan pada PCB. Pada proyek ini, breadboard akan digunakan untuk pengujian alat testing.



Gambar 3.9. Breadboard

### 3.1.9. PCB

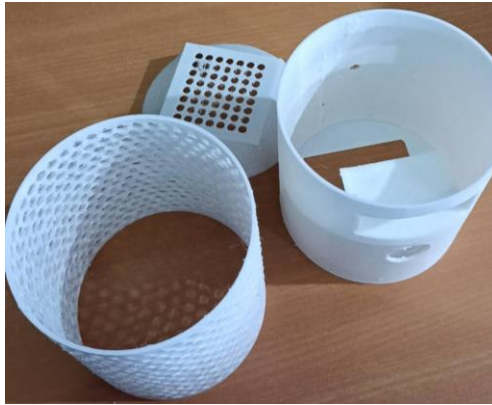
PCB (*Printed Circuit Board*) merupakan sebuah papan yang digunakan untuk mengintegrasikan seluruh komponen dalam suatu rangkaian elektronika. Pada proyek ini, PCB digunakan untuk mengintegrasikan seluruh komponen yang digunakan menjadi sebuah prototipe.



Gambar 3.10 *Printed Circuit Board*

### 3.1.10. Casing

Casing merupakan bagian luar dari prototipe yang menutupi seluruh komponen elektronika yang digunakan pada proyek ini.



Gambar 3.11. *Casing*

### 3.1.11. 12V DC Adaptor

Adaptor 12V digunakan untuk menghasilkan tegangan suplai sebesar 12V dan berfungsi untuk menyalakan seluruh rangkaian pada prototipe.

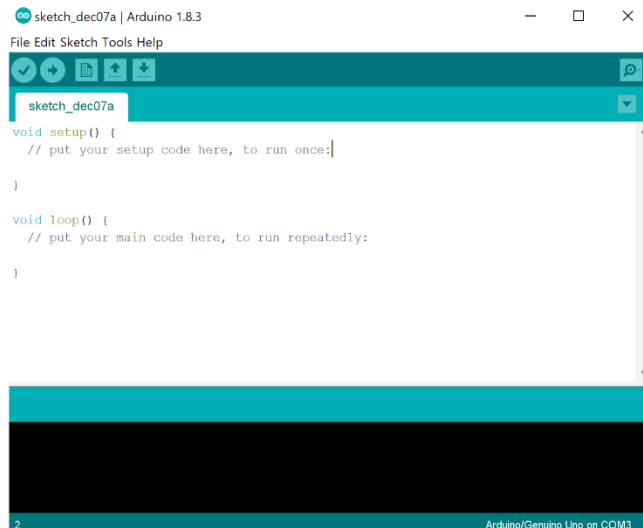


Gambar 3.12. Adaptor 12V DC

## 3.2. Spesifikasi Perangkat Lunak

### 3.2.1. Arduino IDE

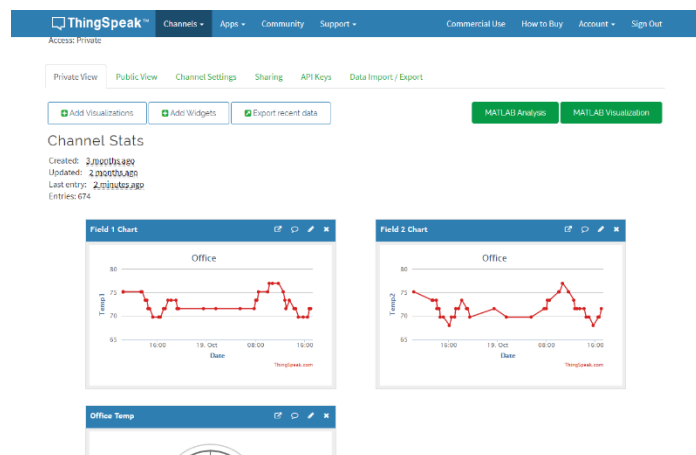
Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) merupakan sebuah perangkat lunak berbasis C/C++ yang digunakan untuk menuliskan dan mengunggah *source code* ke papan Arduino. Perangkat lunak ini juga dapat digunakan untuk memprogram ESP32. Pada proyek ini, Arduino IDE digunakan untuk menuliskan program untuk menghubungkan Arduino Nano ke sensor, Arduino Nano ke ESP32, dan ESP32 ke Thingspeak.



Gambar 3.13. Tampilan Antarmuka Arduino IDE

### 3.2.2. Thingspeak

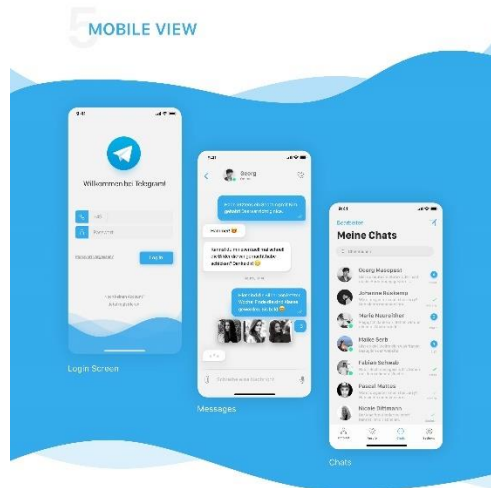
Thingspeak adalah sebuah perangkat lunak *open source* berbasis Ruby yang memungkinkan pengguna untuk menghubungkan perangkat keras yang mendukung penggunaan internet. Pada proyek ini, Thingspeak dihubungkan dengan ESP32 untuk menyimpan dan menampilkan data dari sensor.



Gambar 3.14. Tampilan Antarmuka Thingspeak

### 3.2.3. Telegram

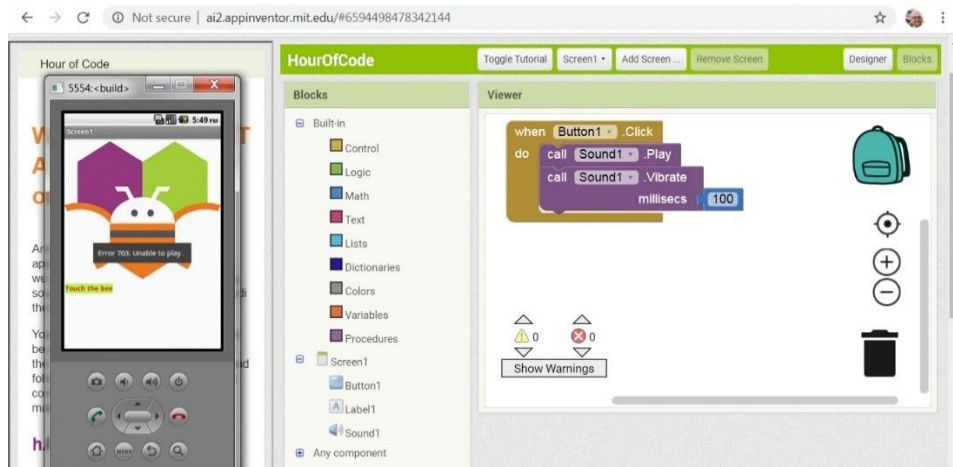
Telegram merupakan perangkat lunak yang melayani pengiriman pesan gratis, lintas perangkat, dan berbasis cloud. Telegram memiliki fitur Bot yang akan mengirimkan pesan secara otomatis. Pada proyek ini, telegram digunakan sebagai Bot untuk mengirimkan informasi ke pengguna.



Gambar 3.15. Tampilan Antarmuka Telegram

### 3.2.4. MIT App Inventor

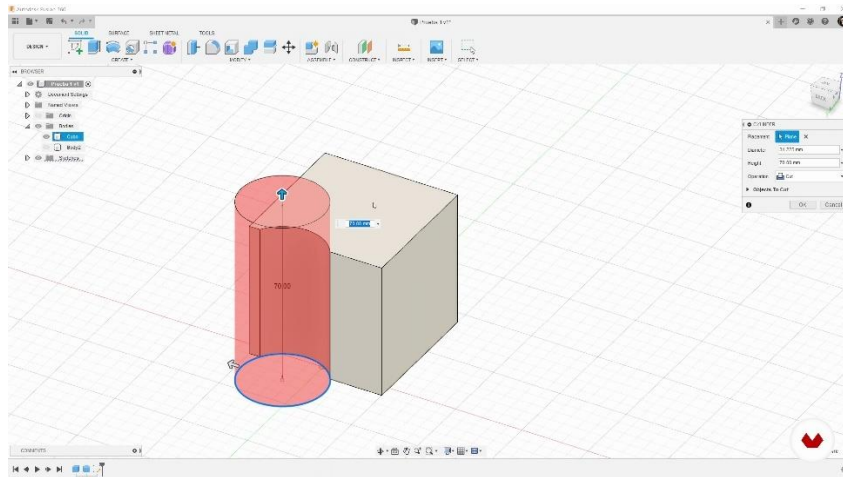
MIT App Inventor merupakan sebuah perangkat lunak berbasis web yang mendukung pengembangan suatu aplikasi. Pada proyek ini, MIT App Inventor digunakan untuk mengembangkan aplikasi yang menampilkan informasi terkait kualitas udara ke pengguna.



Gambar 3.16. Tampilan Antarmuka MIT App Inventor

### 3.2.5. Fusion 360

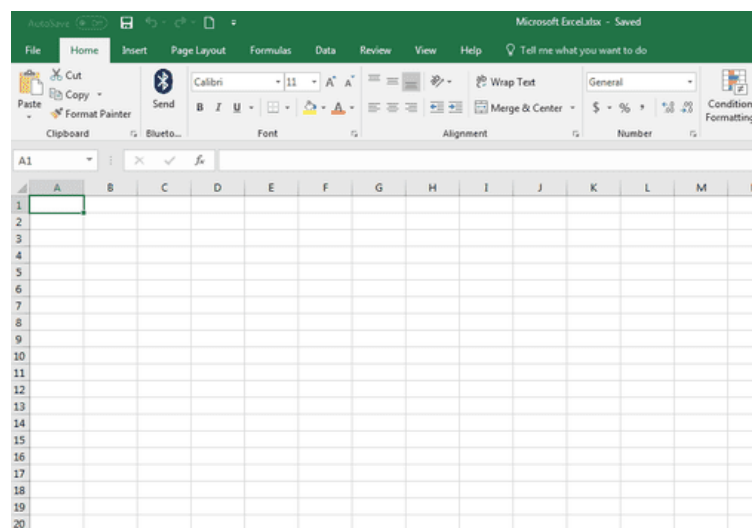
Fusion 360 merupakan sebuah perangkat lunak berbasis cloud yang digunakan untuk membuat pemodelan CAD, CAM, dan PCB. Pada proyek ini, Fusion 360 digunakan untuk mendesain casing dari prototipe, perancangan PCB, dan desain diagram rangkaian.



Gambar 3.18. Tampilan Antarmuka Fusion 360

### 3.2.6. Microsoft Excel

Microsoft Excel merupakan sebuah perangkat lunak berbasis spreadsheet yang digunakan untuk melakukan operasi matematika, visualisasi data, dan pembuatan tabel. Pada proyek ini, Microsoft Excel digunakan untuk pengolahan data yang didapat dari sensor PMS5003 dan MQ135.



Gambar 3.19. Tampilan Antarmuka Microsoft Excel

## **BAB 4 DESKRIPSI SUBSISTEM BESERTA FUNGSI**

### **4.1. Subsistem Pembacaan Sensor**

Subsistem ini menggunakan 2 sensor untuk mengambil input dari udara sekitar yaitu MQ 135 dan PMS 5003

#### **4.1.1. Pembacaan Sensor MQ135**

Sensor MQ 135 dapat digunakan untuk mendeteksi beberapa jenis gas. Namun pada proyek ini dikhususkan untuk mendeteksi CO<sub>2</sub> di udara. Sensor ini dapat dihubungkan menggunakan pin digital maupun analog, dalam rangkaian dihubungkan menuju A0 arduino dan vcc 5 volt. Ketika sensor ini dipaparkan dengan gas pada konsentrasi khusus pin digital akan menjadi high, jika tidak akan low.

#### **4.1.2. Pembacaan Sensor PMS5003**

Sensor PMS5003 digunakan untuk mendeteksi kadar particulate matter untuk ukuran 10 mikron, 2.5 mikron dan 1 mikron. Sensor ini memiliki 4 koneksi dengan arduino yaitu pin 1 dengan 5V, pin 2 dengan GND, pin 3 tidak digunakan, pin 4 Rx dengan pin 3 arduino dan pin 5 tx dengan pin 4 arduino. Sensor ini bekerja dengan meradiasikan laser menuju udara sekitar kemudian mengumpulkan cahaya hasil scatteringnya untuk mengklasifikasikan jenis PM yang terkandung pada udara sekitar.

### **4.2. Subsistem Pemrosesan Data**

Data yang diambil pada subsistem sebelumnya akan diproses menggunakan 2 mikrokontroler yaitu Arduino dan ESP 32

#### **4.2.1. Arduino**

Arduino digunakan untuk menghubungkan seluruh komponen termasuk sensor MQ135, PMS5003, relay hingga kipas.

#### **4.2.2. ESP32**

ESP 32 digunakan untuk mengirim informasi yang dikumpulkan Arduino melalui sensor-sensor menuju tampilan antarmuka. Arduino dan esp 32 dihubungkan secara serial melalui. Proses Pengiriman informasi ke thingspeak dimulai pada website ThingSpeak.com, membuat channel baru hingga mendapatkan API Keys. Setelah itu pindah menuju ESP dengan mengatur string ssid dengan wifi yang sedang digunakan, string pass dengan password wifi yang digunakan dan string write APIKey yang didapatkan pada website.



```

String wifiID = "POCO F3";
String wifiPASS = "ralfirachmad";
char ssid[] = SECRET_SSID; // your network SSID (name)
char pass[] = SECRET_PASS; // your network password

unsigned long myChannelNumber = SECRET_CH_ID;
const char * myWriteAPIKey = SECRET_WRITE_APIKEY;

```

Gambar 4.1. Konfigurasi ESP32 ke Thingspeak

Sedangkan untuk telegram proses pengiriman informasi dimulai dengan membuat bot dan memasukkannya kedalam group telegram. Kemudian pada ESP 32 ada beberapa library yang perlu dimasukkan diantaranya Universal Telegram Bot Library dan ArduinoJson Library.

### 4.3. Subsistem Tampilan Antarmuka

Subsistem ini berfungsi untuk menampilkan data hasil proses data menuju bentuk yang dipahami user. Dalam subsistem ini digunakan 2 tampilan antar muka yaitu melalui aplikasi android dan telegram

#### 4.3.1. Integrasi Tampilan Antarmuka dengan Telegram

Telegram digunakan untuk menampilkan status udara yang berada disekitar, khususnya bila terdeteksi udara disekitar dalam keadaan kotor.

#### 4.3.2. Tampilan Antarmuka pada Perangkat Pengguna

Data yang telah diperoleh pada thingspeak diteruskan menuju aplikasi android dengan menggunakan MIT App Inventor untuk mempermudah akses oleh user.

## **BAB 5 DESKRIPSI SISTEM TERINTEGRASI**

### **5.1 Integrasi Sisi Perangkat Keras**

Sistem perangkat keras terintegrasi untuk melaksanakan filterasi dan monitoring, dimana digunakan berbagai perangkat keras yang terhubung, yaitu sensor, relay, dan kipas. Perangkat perangkat ini terintegrasi melalui 2 mikrokontroler yang keduanya terhubung menggunakan pin TX dan RX masing masing.

Integrasi perangkat keras bergantung kepada program yang diberikan kedalam mikrokontroler, dimana saat sensor mendeteksi bahwa partikel yang berada di udara lingkungan mencapai nilai tertentu, maka mikrokontroler akan memberikan logika high ke pin yang tersambung ke relay, sehingga kipas akan menyala.

### **5.2 Integrasi Sisi Perangkat Lunak**

Sistem perangkat lunak bertanggung jawab atas mayoritas kerja dari alat, dimana dari subsistem subsistem yang sudah disebutkan, fungsi masing masing subsistem akan disatukan sehingga alat bisa bekerja secara lancar. Alat bekerja secara bertahap sehingga pengaturan melalui perangkat lunak sangat penting, dimana tahap pertama akan menentukan apa yang terjadi di tahap selanjutnya.

Tahap pertama dari tugas perangkat lunak dilakukan di mikrokontroler arduino, dimana dilakukannya deteksi nilai jumlah partikel dan juga karbon dioksida di udara. Nilai yang didapatkan dari sensor akan diterima oleh arduino dan untuk tiap ukuran partikel dan jumlah CO<sub>2</sub>, dimana bila nilai melebihi suatu nilai pada masing masing kategori, akan dilakukan pemberian nilai high pada relay, dan bila nilai dibawah parameter yang sudah di atur, akan memberikan nilai low pada pin relay yang terhubung kipas.

Pada fungsi yang sama, arduino juga mengirimkan nilai partikel dan karbon dioksida yang diterima sensor dan meneruskannya ke ESP32, berapapun nilainya. Hal ini akan membuat ESP32 bisa mengolah data lebih lanjut. ESP32 melaksanakan lebih banyak tugas yang berhubungan dengan medium eksternal diantaranya telegram dan thinkspeak.

Data data yang diterima oleh ESP32 akan kemudian digunakan dan diolah supaya bisa diteruskan ke dua media, yaitu ke aplikasi telegram dan ke thinkspeak. ESP32 juga memberikan nilai kualitas udara yaitu “good air” dan “bad air” tergantung kepada pemenuhan parameter dari nilai hasil deteksi sensor. Untuk pengiriman ke aplikasi telegram bisa dilaksanakan secara langsung melalui coding ESP32.

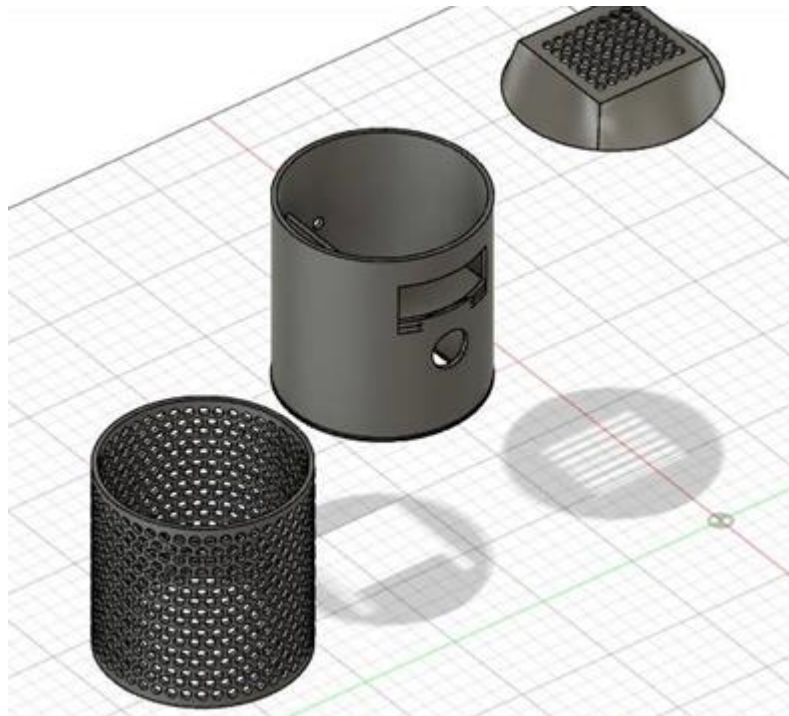
Tahapan terakhir dari sistem terintegrasi adalah proses pengaturan antarmuka, dimana aplikasi android yang telah dibuat akan menerima data dari thinkspeak dan menampilkannya pada aplikasi sehingga pengguna dapat melihat dan memantau keadaan udara lewat aplikasi tersebut.

## BAB 6 HASIL DAN PROGRES SISTEM

### 6.1. Perakitan Prototipe

#### 6.1.1. Perancangan Desain Prototipe pada EasyEDA

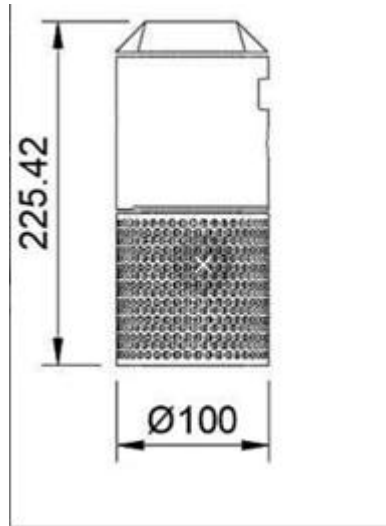
Pembuatan desain prototipe di Fusion 360 menghasilkan rangka 3 dimensi dari alat yang berhasil diprint dan digunakan sebagai casing dari prototipe. Desain yang dibuat berbentuk silinder yang terbagi menjadi 3 bagian terpisah yang dapat di susun menjadi satu rangka utuh.



Gambar 6.1 Desain 3D Kerangka

3 bagian yang terpisah memiliki peran masing masing bagi alat yang dibuat. Bagian paling atas berperan sebagai tempat udara masuk ke alat untuk dilakukan filterasi. Bagian tengah berperan paling penting, dimana menjadi tempat di taruhnya berbagai alat. Terdapat tatakan berbentuk kotak yang berfungsi untuk menempatkan PMS5003 yang dibawah tatakan tersebut terdapat lingkaran yang dapat digunakan untuk menempatkan MQ135. Terdapat juga lubang kecil yang digunakan sebagai tempat keluarnya kabel sumber tenaga. Dibagian bawah juga terdapat kotak untuk tempat ditaruhnya kipas. Bagian bawah dari kerangka hanya terbentuk dari silinder yang memiliki lubang di seluruh badan rangka, bertujuan sebagai tempat terjadinya sirkulasi udara dan tempat ditempatkannya filter hepa berbentuk silinder.

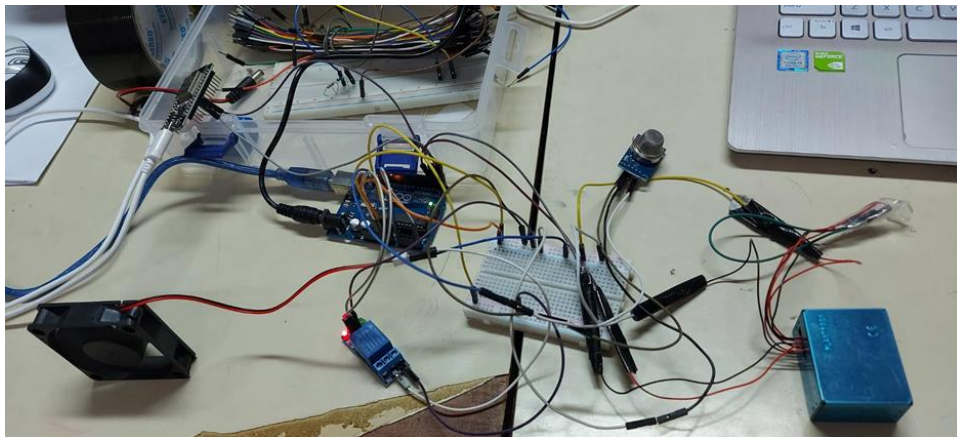
Rangka yang telah dibuat memiliki dimensi yang berukuran sedang, dimana rangka memiliki diameter lingkaran 10 CM dan tinggi alat 22.5 CM, sehingga sangat cocok untuk ditempatkan di atas meja dan tidak mengganggu pemandangan. Kerangka alat dibuat menggunakan bahan dasar dari filament abs



Gambar 6.2 dimensi dari kerangka alat

### 6.1.2. Perakitan Alat Testing pada Breadboard

Demi kemudahan proses testing dan karena terus terjadinya perkembangan desain, dibutuhkan media tatakan dan penempatan komponen yang bersifat fleksibel dan mudah untuk dibongkar pasang, sehingga digunakan breadboard untuk media penempatan berbagai komponen.



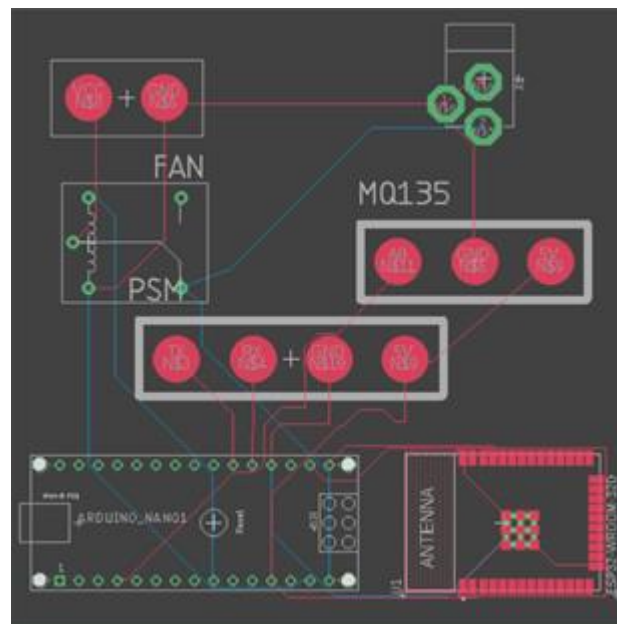
Gambar 6.3 Prototipe Rangkaian pada Breadboard

Dengan menggunakan breadboard, percobaan berhasil dilakukan dengan lancar, tetapi tidak terlalu stabil dikarenakan sifat breadboard yang koneksi hanya terbentuk dari kontak antara konduktor di kabel dan di breadboard secara sementara dan tidak permanen, sehingga perlu dilakukan pembuatan prototipe yang lebih stabil dan permanen.

### 6.1.3. Perakitan Prototipe pada PCB

Pembuatan PCB dilakukan secara bertahap dan terdapat beberapa prototipe yang tidak digunakan. Objektif dari pembuatan PCB adalah perlu dibuatnya media penempatan dan penyatuan berbagai komponen yang bersifat permanen dan mengedepankan kemudahan kontak antara sumber daya, mikrokontroler, dan semua komponen.

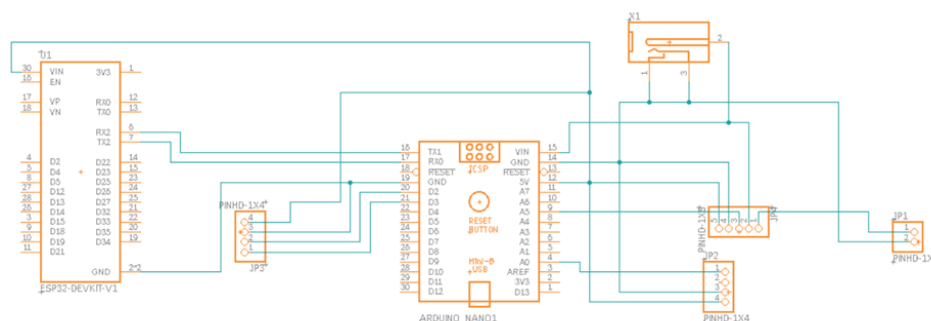
Rencana awal adalah pembuatan pad untuk tempat solder dari berbagai komponen sensor dan kipas, sehingga dibuat beberapa solder pad yang terhubung ke mikrokontroler sehingga kabel penyambung dapat disolder ke papan.



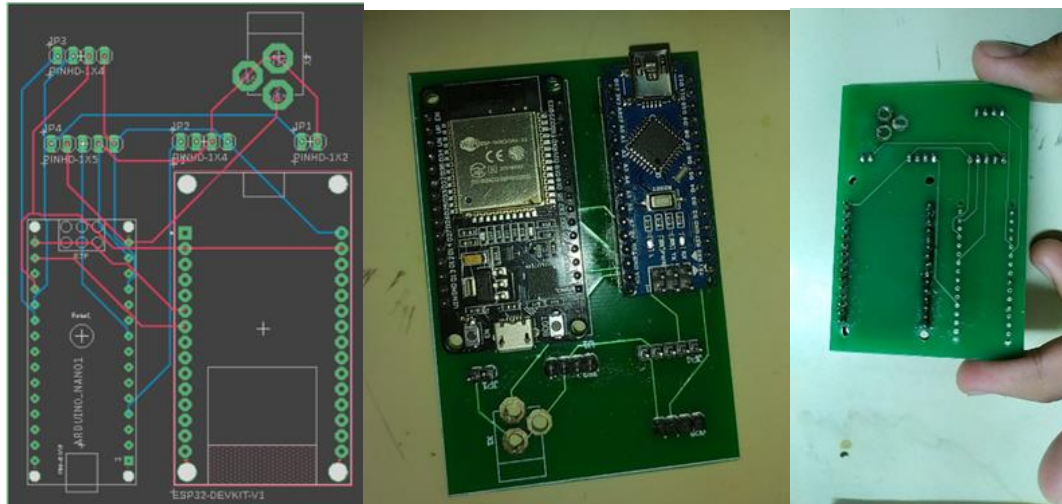
Gambar 6.4 Prototipe PCB awal

Desain diatas sudah dapat digunakan, tetapi setelah deliberasi lebih dalam, dibutuhkan pembentukan koneksi yang lebih mudah untuk diganti dan dibongkar pasang demi kenyamanan penggantian komponen, sehingga dibuat lagi prototipe PCB yang lebih mengakomodasi kebutuhan tersebut dan akhirnya digunakan header pin sebagai pengganti solder pad, sehingga didapatkan desain PCB yang akhirnya digunakan.

Pertama dilakukan pembuatan diagram rangkaian dari alat yang akan dibuat, dimana digunakan pin header yang bersesuaian dengan kebutuhan masing masing komponen, dengan penjelasan JP1 adalah header untuk kipas, JP2 adalah header untuk MSQ315, JP3 adalah header untuk PMS5003, dan JP4 adalah header untuk relay.

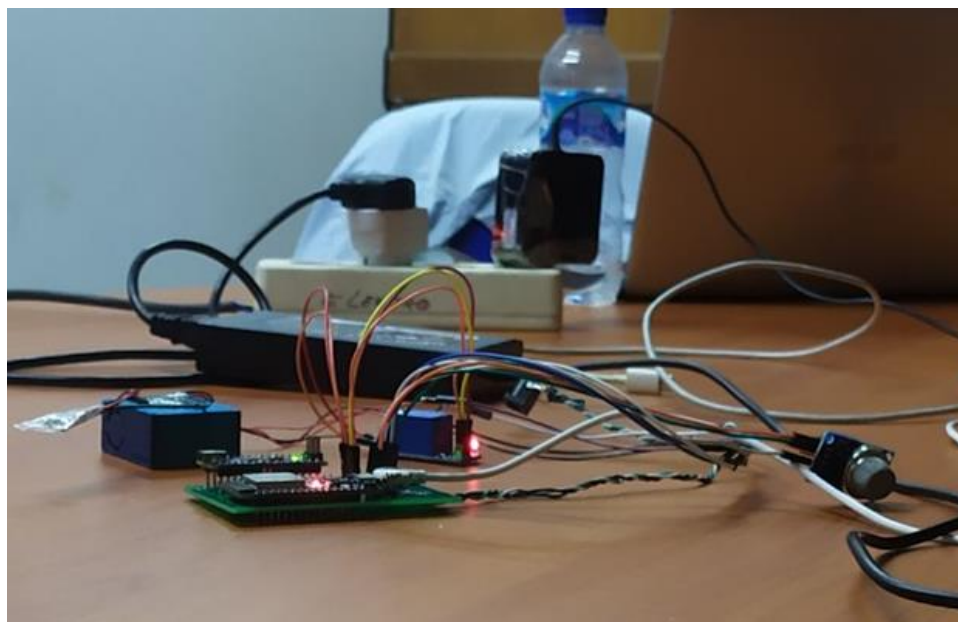


Dari diagram yang telah dibuat, bisa dimulai proses pembuatan prototipe PCB yang jalur dan rangkaiannya mengikuti diagram yang telah dibuat. Pembuatan prototipe PCB dilakukan menggunakan aplikasi Fusion 360. Penjaluran dan jarak antara jalur di papan PCB harus memenuhi prasyarat dari tempat manufaktur, dimana lebar jalur dan jarak jalur minimal 0.254 mm dan diameter lubang minimal 0.6 mm.



Gambar 6.6 Bentuk dan Desain PCB akhir

Bisa terlihat dari gambar diatas, PCB yang sudah di desain di tempelkan pin header, mikrokontroler, dan jack input daya dengan mengikuti jalur sesuai desain dimana garis merah untuk papan bagian atas dan jalur biru untuk papan bagian bawah.



Gambar 6.7 Papan PCB yang sudah ditempelkan berbagai komponen



## 6.2. Pembuatan Program

### 6.2.1. Program Arduino Nano

Program Arduino dibuat menggunakan Arduino IDE, dan terbagi menjadi beberapa bagian. Arduino nano memiliki fungsi utama untuk menerima data data dari sensor, mengatur relay yang menentukan nyala matinya kipas, dan mengirimkannya ke esp32 untuk diolah lebih lanjut.

```
//float pm1, pm2_5, pm10;
const int relayPin = A5;

void setup() {
  // our debugging output
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensor, INPUT);
  // sensor baud rate is 9600
  pmsSerial.begin(9600);
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, LOW);
}

struct pms5003data {
  uint16_t framelen;
  uint16_t pm10_standard, pm25_standard, pm100_standard;
  uint16_t pm10_env, pm25_env, pm100_env;
  uint16_t particles_03um, particles_05um, particles_10um, particles_25um, particles_50um, particles_100um;
  uint16_t unused;
  uint16_t checksum;
};

struct pms5003data data;

void loop() {
  esp_send();
}
```

Potongan kode diatas adalah proses inisialisasi dari Arduino nano, dengan menentukan pin untuk relay, menentukan inisialisasi kode untuk sensor PMS5003 dan pada fungsi loop hanya ada fungsi esp\_send() yang didalamnya berisi:

```
void esp_send()
{
  // float gasLevel = analogRead(sensor);
  float co2 = gasSensor.getPPM();
  // Serial.print(co2);
  if (readPMSdata(&pmsSerial))
  {
    // reading data was successful!
    if (data.pm25_env >= 35 || data.pm100_env >= 50 || co2 >= 601) { //based on standarization air quality
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
      String send_to_esp = String(co2) + "#" + String(data.pm10_env) + "#" + String(data.pm25_env) + "#" + String(data.pm100_env);
      Serial.println(send_to_esp);
    }
    else {
      digitalWrite(relayPin, LOW);
      String send_to_esp = String(co2) + "#" + String(data.pm10_env) + "#" + String(data.pm25_env) + "#" + String(data.pm100_env);
      Serial.println(send_to_esp);
    }
  }
}
```

Pada program untuk Arduino nano ini juga terdapat fungsi untuk membaca data dari sensor PMS, dengan fungsi sebagai berikut:

```

boolean readPMSdata(Stream *s) {
    if (! s->available()) {
        return false;
    }

    // Read a byte at a time until we get to the special '0x42' start-byte
    if (s->peek() != 0x42) {
        s->read();
        return false;
    }

    // Now read all 32 bytes
    if (s->available() < 32) {
        return false;
    }

    uint8_t buffer[32];
    uint16_t sum = 0;
    s->readBytes(buffer, 32);

    // get checksum ready
    for (uint8_t i = 0; i < 30; i++) {
        sum += buffer[i];
    }

    // The data comes in endian'd, this solves it so it works on all platforms
    uint16_t buffer_u16[15];
    for (uint8_t i = 0; i < 15; i++) {
        buffer_u16[i] = buffer[2 + i * 2 + 1];
        buffer_u16[i] += (buffer[2 + i * 2] << 8);
    }

    // put it into a nice struct :)
    memcpy((void *)&data, (void *)buffer_u16, 30);

    if (sum != data.checksum) {
        // Serial.println("Checksum failure");
        return false;
    }
    // success!
    return true;
}

```

### 6.2.2. Program ESP32

Program ESP32 memiliki beberapa fungsi utama, yaitu menerima data dari sensor yang dibaca oleh Arduino nano, dan mengirimkan datanya ke 2 tujuan, yaitu ke telegram dan ke thinkspeak untuk diolah datanya. ESP32 terhubung dengan nano menggunakan pin TX dan RX dimana TX2 terhubung ke RX0 nano dan RX2 terhubung ke TX0 nano.

Pada pembukaan kode, digunakan beberapa library dan file yaitu file yang dapat memudahkan hubungan ke thinkspeak dan ke telegram.



```

#include <Wire.h>
#include <WiFi.h>
#include "secrets.h"
#include "ThingSpeak.h" // always include thingspeak header file after other header files and custom macros
#include "CTBot.h"

//telegram
CTBot myBot;
String token = "2126695981:AAHvmGpHbWzwpYEANq1AbyDpjGgGrwYpYIXs";
const int id = 821602008;

int keyIndex = 0; // your network key Index number (needed only for WEP)
WiFiClient client;

//String wifiID = "Suparno Rodiyati";
//String wifiPASS = "01061993";
String wifiID = "POCO F3";
String wifiPASS = "ralfirachmad";
char ssid[] = SECRET_SSID; // your network SSID (name)
char pass[] = SECRET_PASS; // your network password

unsigned long myChannelNumber = SECRET_CH_ID;
const char * myWriteAPIKey = SECRET_WRITE_APIKEY;

// Initialize our values
float co2, pm1, pm2_5, pm10;
String myStatus = "";

//serial comm
#define RXp2 16
#define TXp2 17
String arrData[10];

unsigned long perviousMillis = 0;
const long interval = 100;

void setup() {
  Serial.begin(115200); //Initialize serial
  Serial2.begin(9600, SERIAL_BNL, RXp2, TXp2);
  // while (!Serial) {
  //   ; // wait for serial port to connect. Needed for Leonardo native USB port only
  // }

  WiFi.mode(WIFI_STA);
  ThingSpeak.begin(client); // Initialize ThingSpeak
  // connect to wifi.
  WiFi.begin(ssid, pass);
  Serial.println(F("connecting"));

  myBot.wifiConnect(wifiID, wifiPASS);
  myBot.setTelegramToken(token);

  if (myBot.testConnection()) {
    Serial.println(F("Connected"));
  }
  else {
    Serial.println(F("Failed Connected"));
  }
}

```

Hal yang pertama dilakukan adalah inisiasi jaringan internet menggunakan wifi, dimana untuk prototipe ini menggunakan satu wifi spesifik. Setelah itu, dilakukan inisiasi ke thingspeak dan ke telegram, sehingga terbuat koneksi dan siap untuk menerima data yang akan dikirimkan oleh ESP32. Selanjutnya adalah fungsi loop yang dilakukan oleh ESP32 secara terus menerus dengan kode berikut:

```

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
  if (currentMillis - perviousMillis >= interval)
  {
    perviousMillis = currentMillis;
    String data_ = "";
    while (Serial2.available() > 0)
    {
      data_ += char(Serial2.read());
    }
    data_.trim();

    //test data
    if (data_ != "")
    {
      // data format "10.0#32.0#31.0#12.0" == array(set)
      // parsing data ( pecah data )
      int index = 0;
      for (int i = 0; i <= data_.length(); i++)
      {
        char delimiter = '#';
        if (data_[i] != delimiter) {
          arrData[index] += data_[i];
        }
        else {
          index++; // variabel index still count
        }
      }
      // make sure the data sent complete ( co2, pm1, pm2.5, pm10)
      // the sequence 0 = co2, 1=pm1, 2=pm2.5, 3=pm10
      if (index == 3)
      {
        Serial.println("CO2      : " + arrData[0] + " (ppm)");
        Serial.println("PM1       : " + arrData[1] + " (ug/m3)");
        Serial.println("PM2.5    : " + arrData[2] + " (ug/m3)");
        Serial.println("PM10      : " + arrData[3] + " (ug/m3)");

        // convert data to float
        co2 = arrData[0].toFloat();
        pm1 = arrData[1].toFloat();
        pm2_5 = arrData[2].toFloat();
        pm10 = arrData[3].toFloat();

        // send data to thingspeak
        thingspeak(co2, pm1, pm2_5, pm10);

        // send data to telegram
        telegram_notif (arrData[0], arrData[1], arrData[2], arrData[3]);
      }

      // empty data for update
      arrData[0] = "";
      arrData[1] = "";
      arrData[2] = "";
      arrData[3] = "";
      co2 = 0;
      pm1 = 0;
      pm2_5 = 0;
      pm10 = 0;
    }
  }
}

```

Pada fungsi loop, data dari Arduino akan diambil dan dirubah menjadi berbentuk array yang mewakili data CO2, PM1 ,PM2.5, dan PM10. Data float yang diterima akan terus diubah ke bentuk float yang kemudian akan masuk ke fungsi pengiriman telegram dan fungsi pengiriman thinkspeak.

```

void thingspeak(int co2, int pm1, int pm2_5, int pm10) {
  ThingSpeak.setField(1, co2);
  ThingSpeak.setField(2, pm1);
  ThingSpeak.setField(3, pm2_5);
  ThingSpeak.setField(4, pm10);
  if ( co2 >= 35 ) {
    myStatus = String("Bad Air");
  }
  else {
    myStatus = String("Good Air");
  }

  // set the status
  ThingSpeak.setStatus(myStatus);
  // write to the ThingSpeak channel
  int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey);
  if (x == 200) {
    Serial.println(F("Channel update successful."));
  }
  else {
    Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
  }
}

```

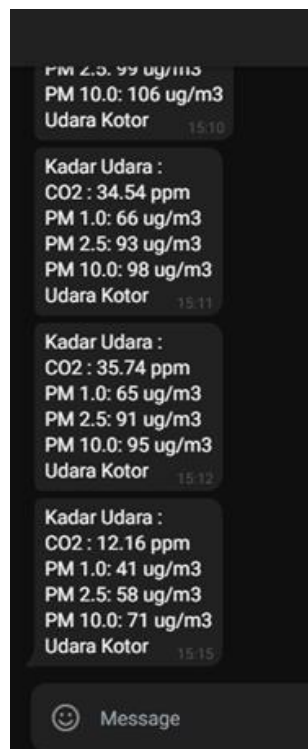
Pada kode tersebut, data float dirubah ke bentuk integer untuk dikirimkan yang kemudian akan dibuat ke dalam bentuk grafik.

```

void telegram_notif (String arrdata1, String arrdata2, String arrdata3, String arrdata4) {
  //print value
  // myBot.sendMessage(id, "Sedang Merespons");
  if (pm2_5 >= 35 || co2 >= 601 || pm10 >= 51) {
    String output = "Kadar Udara : \n";
    output += "CO2 : ";
    output += arrdata1;
    output += " ppm\n";
    output += "PM 1.0: ";
    output += arrdata2;
    output += " ug/m3\n";
    output += "PM 2.5: ";
    output += arrdata3;
    output += " ug/m3\n";
    output += "PM 10.0: ";
    output += arrdata4;
    output += " ug/m3\n";
    output += "Udara Kotor";
    myBot.sendMessage(id, output);
    Serial.println(F("Bad"));
    output = "";
  }
  else {
    String output2 = "Udara Bersih \n";
    // output2 += "CO2 : ";
    // output2 += arrData[0];
    // output2 += " ppm\n";
    // output2 += "PM 1.0: ";
    // output2 += arrData[1];
    // output2 += " ug/m3\n";
    // output2 += "PM 2.5: ";
    // output2 += arrData[2];
    // output2 += " ug/m3\n";
    // output2 += "PM 10.0: ";
    // output2 += arrData[3];
    // output2 += " ug/m3\n";
    // output2 += "Udara Bersih";
    myBot.sendMessage(id, output2);
    Serial.println(F("Good"));
    output2 = "";
  }
}

```

Fungsi diatas mengubah data menjadi string dan membuat telegram mengirimkan pesan ke pengguna alat dengan data data dari sensor.

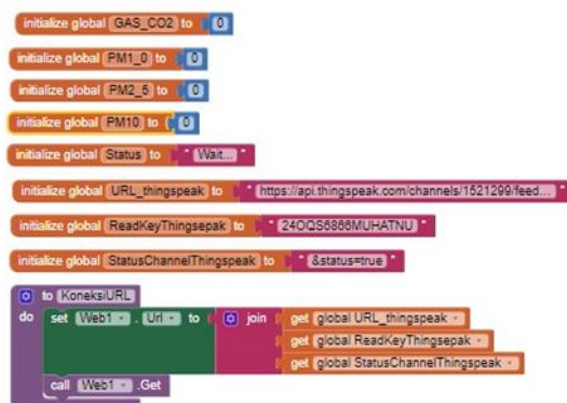


Gambar 6.8 Contoh Pesan Telegram

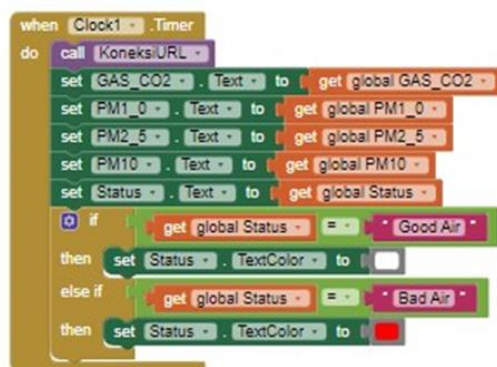
### 6.2.3. Pembuatan Tampilan Antarmuka pada MIT App Inventor

MIT App Inventor menggunakan sistem block coding dan mengambil data dari thinkspeak secara real time, sehingga pengguna dapat memantau keadaan dan pengguna juga dapat melihat grafik dari beberapa waktu kebelakang. Hal yang pertama dilakukan adalah inisialisasi variabel dan pemanggilan data dari thinkspeak, yaitu:

Pada fungsi selanjutnya, variable yang akan di di tampilkan di relasikan dengan data dari data thinkspeak. Terdapat juga sistem penentuan kualitas udara sesuai dengan parameter yang ditentukan di kode ESP32, sehingga aplikasi bisa menunjukkan apakah nilai kualitas udaranya baik atau buruk.



Block selanjutnya membuat nilai yang sudah diterima untuk ditampilkan di antarmuka aplikasi, sehingga aplikasi dapat memperlihatkan data datanya.



Terdapat juga block yang berfungsi untuk mengosongkan variabel dari thinkspeak sehingga aplikasi bisa menerima nilai baru untuk update data.



Tampilan antar muka dari aplikasi dan contoh tampilan grafik juga bisa terlihat dengan gambar berikut:



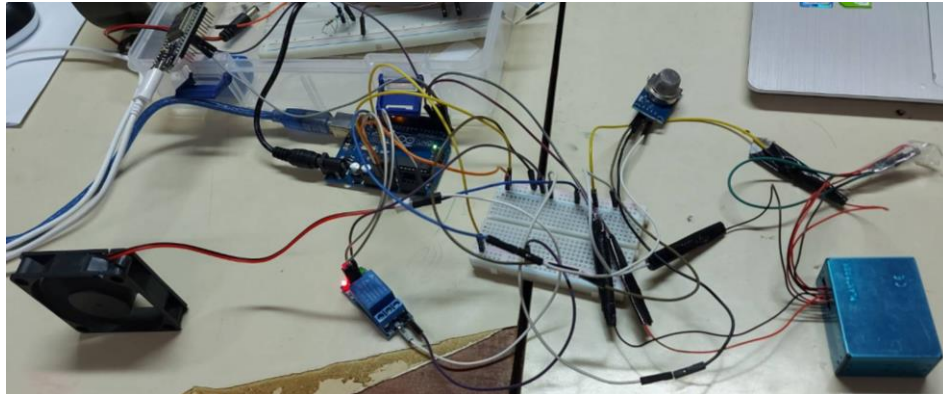
Gambar 6.9 Antarmuka dan Contoh Grafik yang didapatkan

Terdapat juga fitur save, dimana data dapat disimpan dalam bentuk csv sehingga pengguna dapat mendapatkan hasil pengamatan keadaan udara selama suatu selang waktu.

## BAB 7 RANCANGAN PENGUJIAN FUNGSI SUBSISTEM

### 7.1. Pengujian Alat Testing pada Breadboard

Pada proyek ini, sebelum subsistem sensor diuji terlebih dahulu pada breadboard sebelum diintegrasikan pada PCB. Hal ini bertujuan untuk memeriksa kelayakan dari komponen sensor. Gambar rangkaian alat uji dapat dilihat pada gambar 6.1. Sensor akan dihubungkan ke kipas dengan menggunakan Arduino. Pada pengujian ini akan dibuat program pada Arduino yang akan digunakan untuk membaca nilai analog yang dibaca oleh sensor. Apabila nilai dari sensor melebihi nilai tertentu, maka kipas akan menyala.



Gambar 7.1. Alat Uji Coba pada Breadboard

### 7.2. Pengujian pada Ruang Kapasitas Minimum

Pada tahapan pengujian ini sudah digunakan prototipe alat pada PCB. Pengujian ini dilakukan di ruangan Laboratorium Elektronika UI dengan kondisi tidak ada orang dan ruangan tertutup untuk mensimulasikan kondisi ruangan yang tidak terpapar atau hanya terpapar sedikit oleh partikel-partikel mikroskopis di udara. Pada kondisi ini akan ditinjau kadar CO<sub>2</sub> serta PM1, PM2.5, dan PM10, dan hasil data yang didapatkan akan dianalisis.



Gambar 7.2. Kondisi Pengujian pada Ruang Kapasitas Minimum



### 7.3. Pengujian pada Ruang Kapasitas Sedang

Pada tahapan pengujian ini sudah digunakan prototipe alat pada PCB. Pengujian ini dilakukan di ruangan Laboratorium Elektronika UI dengan kondisi ada beberapa orang dan jendela dibuka untuk mensimulasikan kondisi ruangan yang terpapar oleh partikel-partikel mikroskopis di udara dalam jumlah tidak banyak hingga sedang. Pada kondisi ini akan ditinjau kadar CO<sub>2</sub> serta PM1, PM2.5, dan PM10, dan hasil data yang didapatkan akan dianalisis.



Gambar 7.3. Kondisi Pengujian pada Ruang Kapasitas Sedang

### 7.4. Pengujian di dekat Kendaraan Bermotor

Pada tahapan pengujian ini sudah digunakan prototipe alat pada PCB. Pengujian ini dilakukan di depan parkir Fakultas Teknik UI, dimana terdapat kendaraan motor yang berlalu lalang, untuk mensimulasikan kondisi ruang yang terpapar oleh partikel-partikel mikroskopis di udara dalam jumlah yang banyak hingga sangat banyak. Pada kondisi ini akan ditinjau kadar CO<sub>2</sub> serta PM1, PM2.5, dan PM10, dan hasil data yang didapatkan akan dianalisis.



Gambar 7.4. Kondisi Pengujian di dekat Kendaraan Bermotor

## 7.5. Target Pengujian

### 7.5.1. Kadar CO<sub>2</sub>

Pada proyek ini, diharapkan tingkat kadar CO<sub>2</sub> yang baik. Berdasarkan [6], kadar CO<sub>2</sub> dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kondisi	Kadar CO <sub>2</sub> (ppm)
<i>Normal outdoor level</i>	350 – 450
<i>Acceptable</i>	<600
<i>Complaints of stuffiness and odors</i>	600 – 1000
<i>ASHRAE and OSHA standards</i>	1000
<i>General drowsiness</i>	1000 – 2500
<i>Adverse health effects may be expected</i>	2500 – 5000
<i>maximum allowed concentration within a 8 hour working period</i>	5000 – 10000
<i>maximum allowed concentration within a 15 minute working period</i>	30000

Tabel 7.1. Klasifikasi Kadar CO<sub>2</sub>

Berdasarkan tabel di atas, pada proyek ini kadar CO<sub>2</sub> akan dinyatakan baik apabila bernilai dibawah 600 ppm.

### 7.5.2. Kadar PM2.5

Pada proyek ini, diharapkan tingkat kadar PM2.5 yang baik. Berdasarkan [7], kadar PM2.5 dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Standard	PM2.5 (µg/m <sup>3</sup> )	
	24-h	Annual
<i>Indonesian Government Regulation No 41 of 1999</i>	65	15
<i>USEPA</i>	35	15
<i>WHO</i>	25	10

Tabel 7.2. Standar PM2.5

Berdasarkan tabel di atas, akan digunakan standar kadar PM2.5 yang baik berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999, yaitu di bawah 65 µg/m<sup>3</sup>.

### 7.5.3. Kadar PM10

Pada proyek ini, diharapkan tingkat kadar PM10 yang baik. Berdasarkan [7], standar PM10 yang baik menurut berbagai lembaga adalah sebagai berikut:

Standard	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	
	24-h	Annual
<i>Indonesian Government Regulation No 41 of 1999</i>	150	-
<i>USEPA</i>	150	50
<i>WHO</i>	50	20

Tabel 7.3. Standar PM10



Berdasarkan tabel di atas, akan digunakan standar kadar PM10 yang baik berdasarkan Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999, yaitu di bawah  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## BAB 8 RENCANA PENGUJIAN SISTEM TERINTEGRASI

### 8.1. Pengujian Sistem Terintegrasi Sisi Perangkat Keras

Pada tahapan pengujian ini sudah digunakan prototipe alat pada PCB yang sudah terintegrasi dengan sistem filtrasi menggunakan HEPA filter dan kipas. Pengujian ini dilakukan di dekat kendaraan bermotor, untuk mensimulasikan kondisi ruang yang terpapar oleh partikel-partikel mikroskopis di udara dalam jumlah yang banyak hingga sangat banyak. Pada pengujian ini, akan diuji kemampuan sistem filtrasi udara yang dibuat dalam menurunkan parameter kualitas udara. Akan diambil perubahan data parameter kualitas udara terhadap waktu seiring bekerjanya sistem filtrasi. Pada kondisi ini akan ditinjau kadar CO<sub>2</sub> serta PM1, PM2.5, dan PM10, dan hasil data yang didapatkan akan dianalisis.



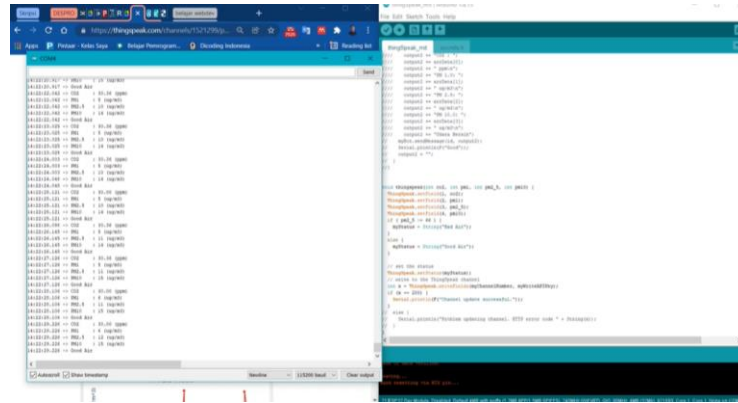
Gambar 8.1. Pengujian Sistem Terintegrasi Sisi Perangkat Keras

### 8.2. Pengujian Sistem Terintegrasi Sisi Perangkat Lunak

Pada tahapan pengujian ini akan dilakukan pengujian pada tiga perangkat lunak yang berbeda, antara lain:

#### 8.2.1. Pengujian Arduino IDE

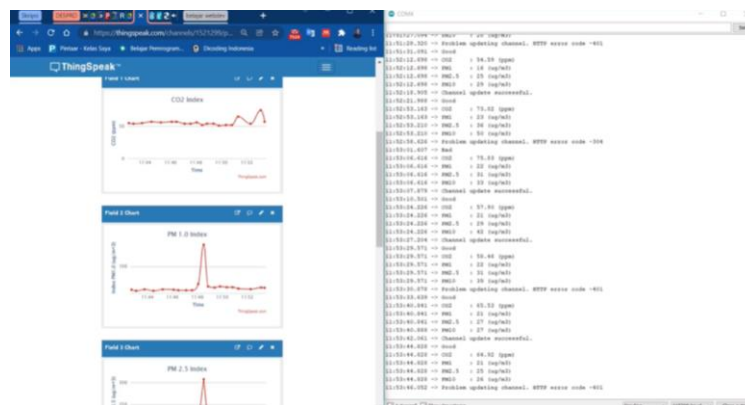
Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian pengambilan data dari sensor dengan menggunakan Arduino IDE. Pertama-tama akan dibuat program yang akan mengambil data dari sensor dan kemudian akan menampilkan hasil nya secara real-time pada Serial Monitor.



Gambar 8.2. Pengujian Arduino IDE

### 8.2.2. Pengujian Thingspeak

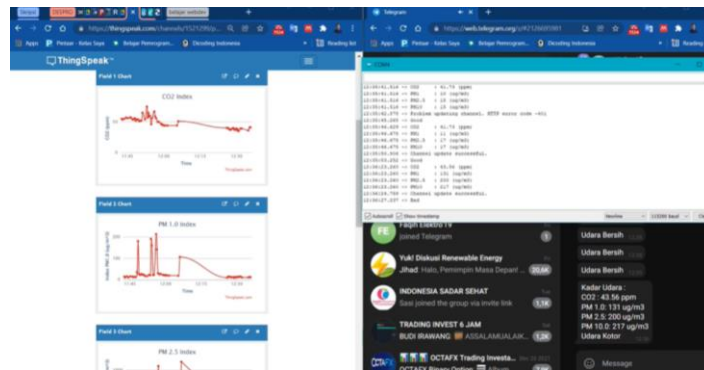
Pada tahapan ini subsistem sensor akan diintegrasikan dengan Thingspeak melalui ESP32. Pengujian dilakukan dengan membuat dan menjalankan program ESP32 pada Arduino IDE untuk mengambil data dari sensor dan kemudian mengirimkannya ke Thingspeak untuk disimpan dan divisualisasikan secara real-time.



Gambar 8.3. Pengujian Thingspeak

### 8.2.3. Pengujian Telegram Bot

Pada tahapan ini subsistem sensor akan diintegrasikan dengan Telegram Bot melalui ESP32. Pada tahapan ini subsistem sensor akan diintegrasikan dengan Thingspeak melalui ESP32. Pengujian dilakukan dengan membuat dan menjalankan program ESP32 pada Arduino IDE untuk mengambil, mengolah, dan menghubungkan data dari sensor ke Telegram Bot. Dalam hal ini, Telegram Bot akan mengirimkan pesan berupa informasi tentang kondisi udara ke pengguna melalui Telegram.

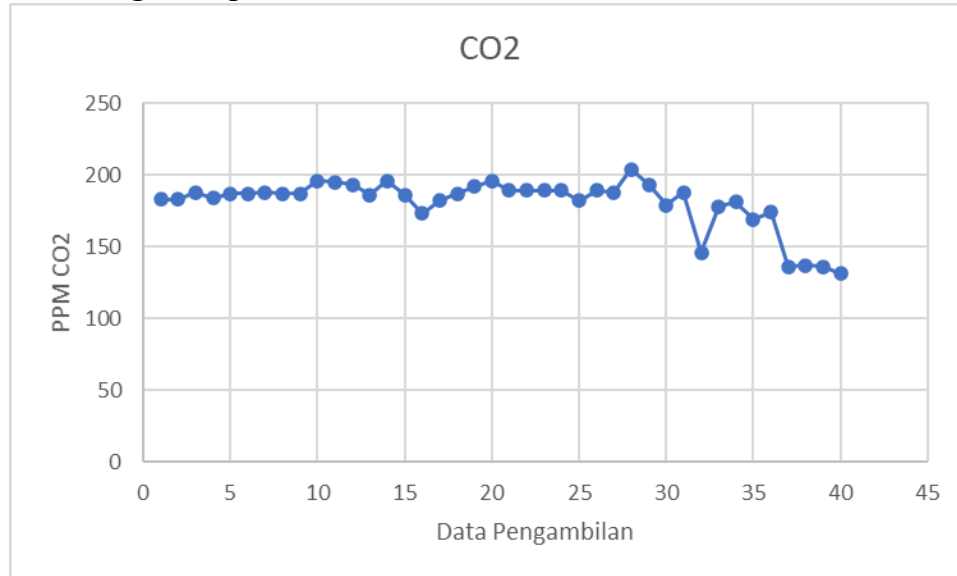


Gambar 8.4. Pengujian Telegram Bot

## BAB 9 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN FUNGSI SUBSISTEM

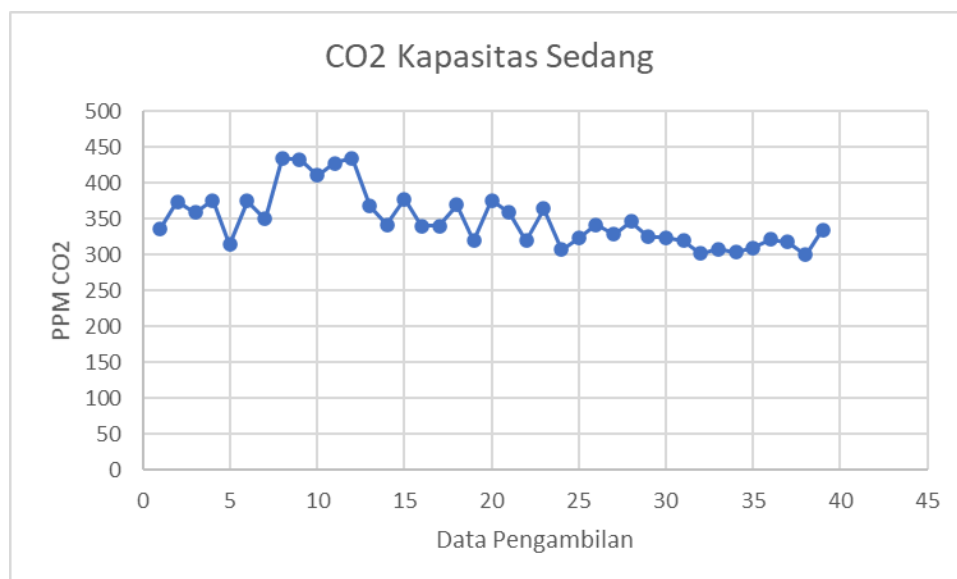
### 9.1. Hasil Pengujian CO<sub>2</sub>

#### 9.1.1. Ruang Kapasitas Minimum



Data CO<sub>2</sub> yang diambil pada ruangan dengan kapasitas minimum, kadar CO<sub>2</sub> terlihat jauh dibawah standar kualitas udara buruk. Jika di rata ratakan, CO<sub>2</sub> pada pengujian ini hanya mencapai sekitar 180 PPM yang mana nilai tersebut jauh dibawah jika dibandingkan kualitas udara yang buruk memiliki CO<sub>2</sub> pada angka lebih dari 600 PPM. Nilai rendah ini dikarenakan pengujian dilakukan pada ruangan yang hanya terdapat penguji saja.

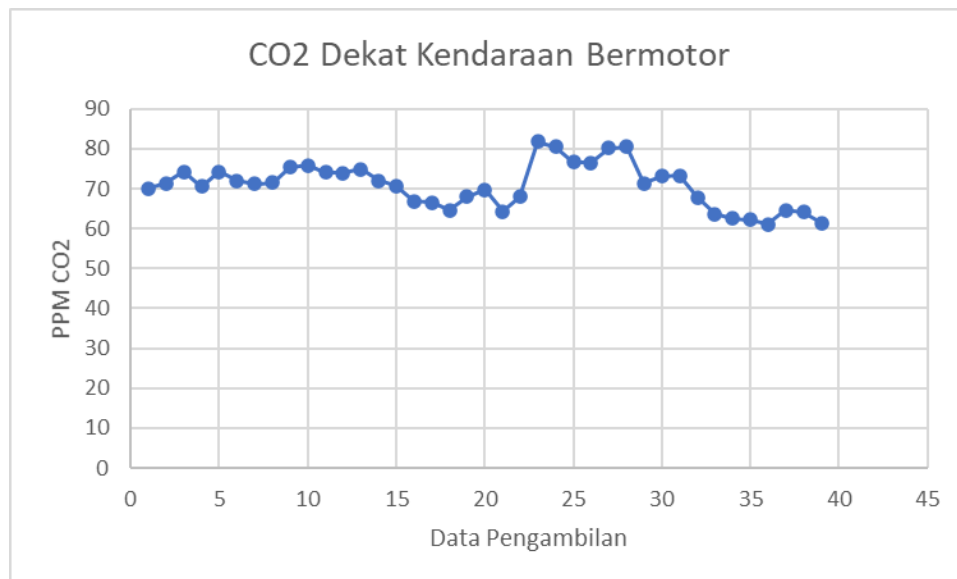
#### 9.1.2. Ruang Kapasitas Sedang



Terlihat bahwa dengan meningkatkan kapasitas ruangan, data CO<sub>2</sub> mengalami kenaikan. Kadar CO<sub>2</sub> lebih buruk jika dibandingkan dengan pengujian pada kapasitas

minimum, namun nilai yang didapatkan masih pada kadar CO<sub>2</sub> yang baik, dengan rata-rata nilai kadar mencapai 348 PPM.

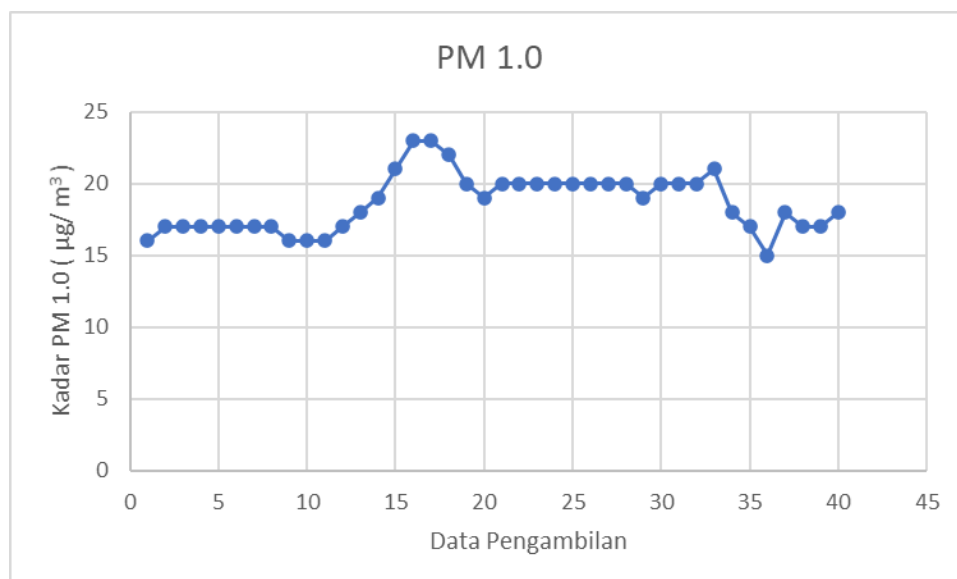
### 9.1.3 Dekat Kendaraan Bermotor



Pengambilan data CO<sub>2</sub> di sekitar kendaraan bermotor berada pada luar ruangan, sehingga kadar CO<sub>2</sub> akan cenderung lebih rendah pada kondisi ini dikarenakan sirkulasi udara yang lebih baik. Hal ini terlihat pada data yang diambil dengan memiliki rata-rata di sekitar 70 PPM.

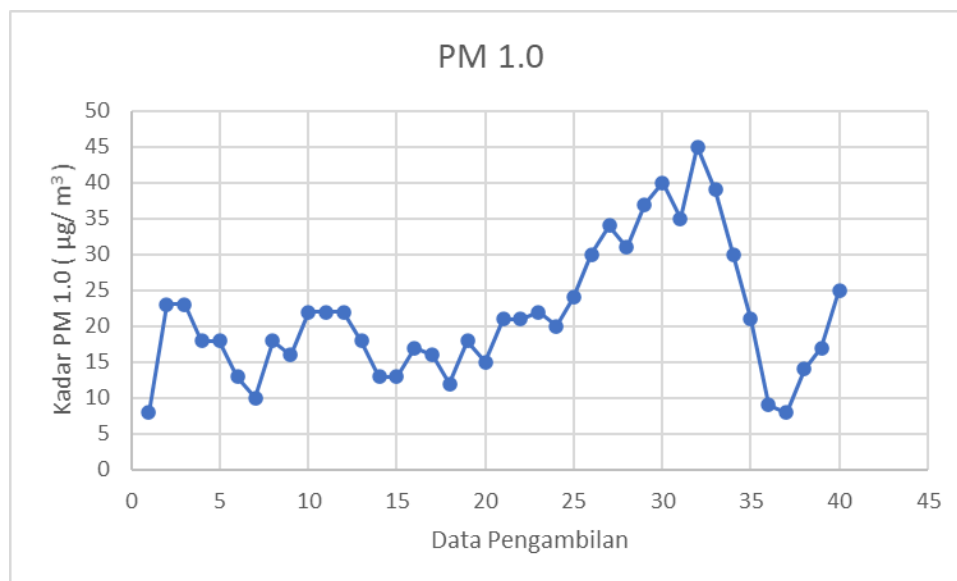
## 9.2. Hasil Pengujian PM1.0

### 9.2.1. Ruang Kapasitas Minimum



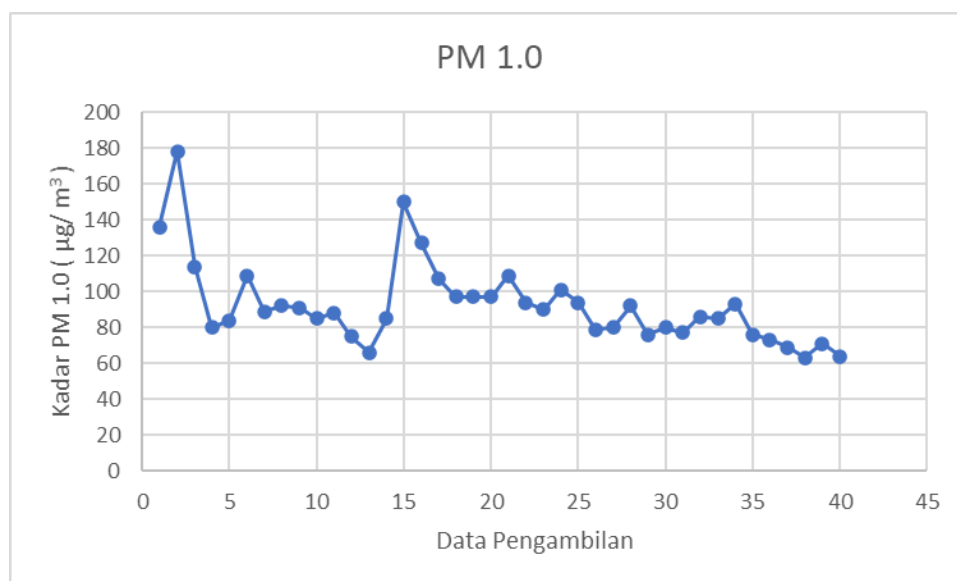
Data PM<sub>1.0</sub> yang didapatkan memiliki rata-rata 18.625 µg/ m<sup>3</sup>. Kadar tersebut cukup rendah dan disebabkan oleh pengujian yang dilakukan pada ruangan dan tidak mengalami dampak langsung dari polusi kendaraan.

### 9.2.2. Ruangan Kapasitas Sedang



Data PM1.0 yang didapatkan pada kapasitas sedang juga memiliki nilai yang cukup baik dengan rata rata 21.45 µg/ m<sup>3</sup>. Hasil ini juga disebabkan karena pengambilan pada ruangan sehingga tidak terdampak polusi kendaraan

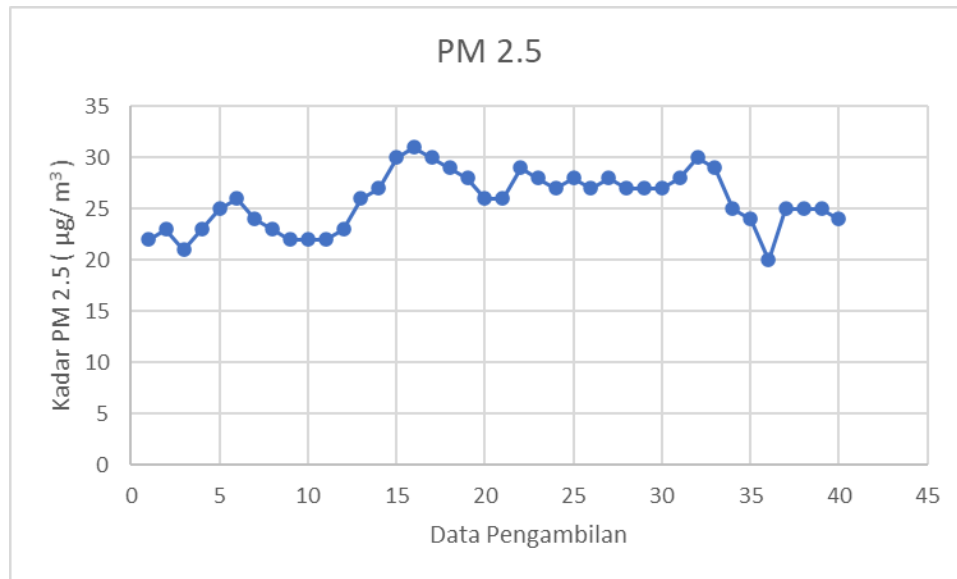
### 9.2.3. Dekat Kendaraan Bermotor



Data PM1.0 pada percobaan ini dipengaruhi oleh polusi karena dilakukan di dekat salah satu sumber polusi PM yaitu kendaraan bermotor. Kondisi udara pada tempat percobaan cukup buruk dengan mencapai 92.475 µg/ m<sup>3</sup>.

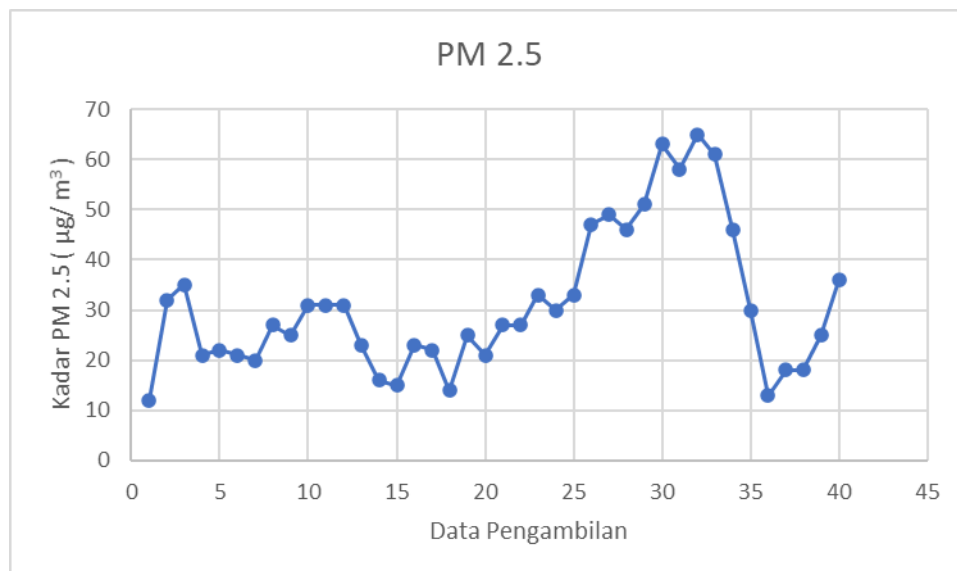
### 9.3. Hasil Pengujian PM2.5

#### 9.3.1. Ruangan Kapasitas Minimum



Karena pada pengujian ini dilakukan pada ruangan sehingga terpisah dari polusi langsung yang menyebabkan peningkatan kadar PM2.5. Pada pengujian ini didapatkan nilai Rata-rata PM2.5 sekitar 25.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kadar PM tersebut masih berada pada region moderate yang dapat disebabkan karena ruangan pengujian terdampak dari polusi udara luar.

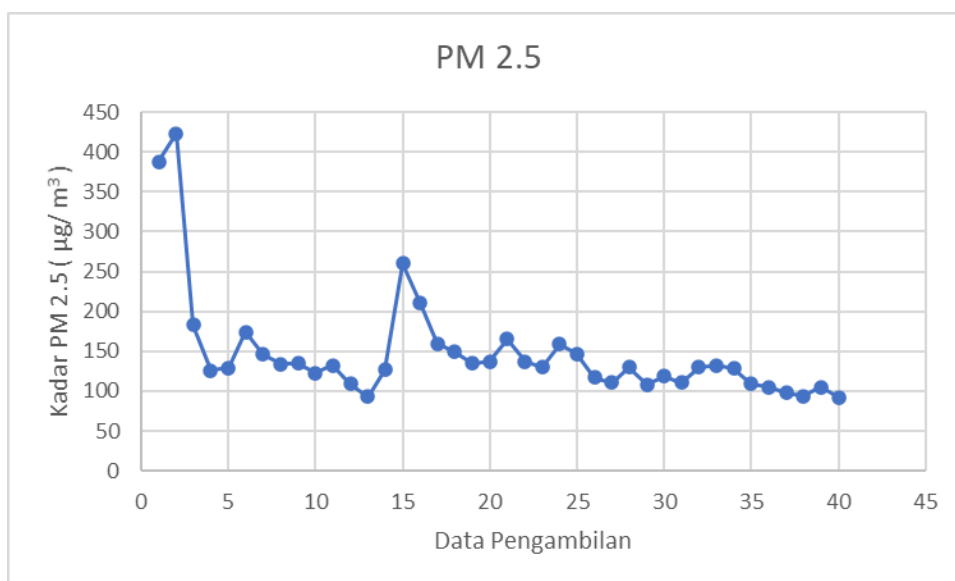
#### 9.3.2. Ruangan Kapasitas Sedang



Pengujian ini dilakukan pada ruangan yang sama dan karena pengaruh kapasitas tidak berdampak terhadap kadar PM2.5, perubahan nilai tidak signifikan dengan rata-rata di sekitar 31 25.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kadar PM yang sedikit tinggi ini disebabkan karena ruangan yang terdampak polusi udara luar.



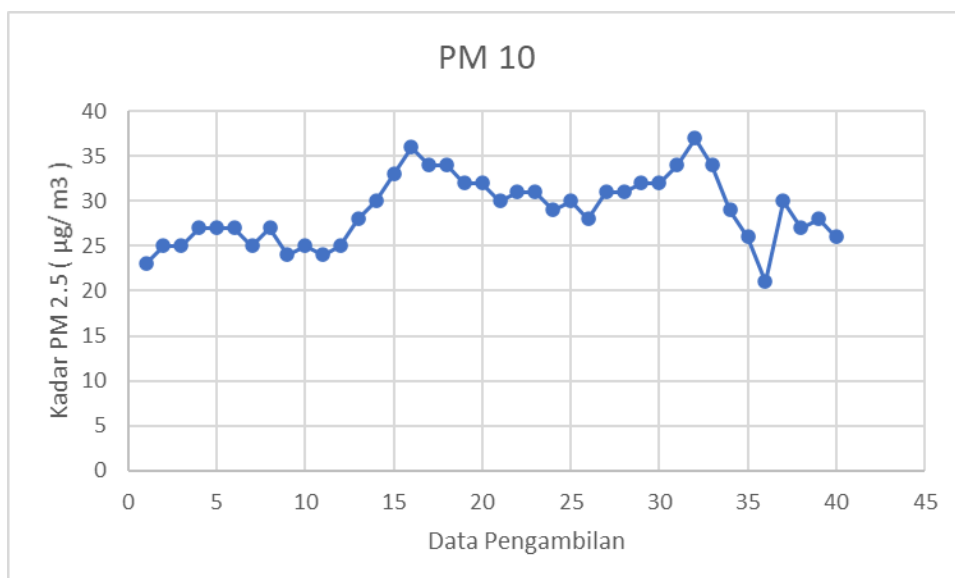
### 9.3.3. Dekat Kendaraan Bermotor



Kadar PM2.5 sangat dipengaruhi oleh polusi yang disebabkan oleh kendaraan bermotor. Pada pengujian ini, karena dilakukan dekat sumber polusi maka terjadi peningkatan drastis dari nilai PM2.5. Hal ini dapat dilihat dari grafik yang memiliki rata-rata nilai di sekitar 139  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  yang menandakan kualitas udara buruk.

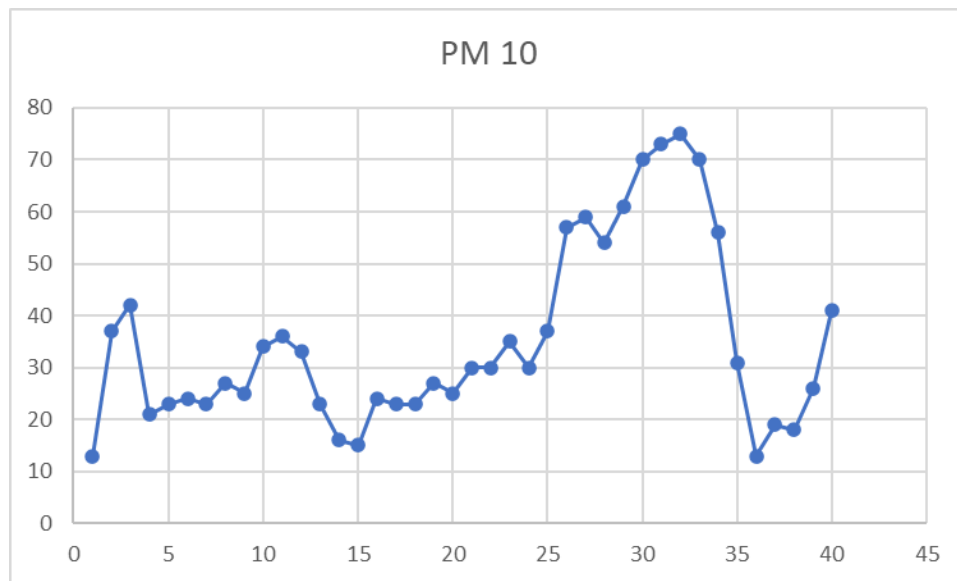
## 9.4. Hasil Pengujian PM10

### 9.4.1. Ruangan Kapasitas Minimum



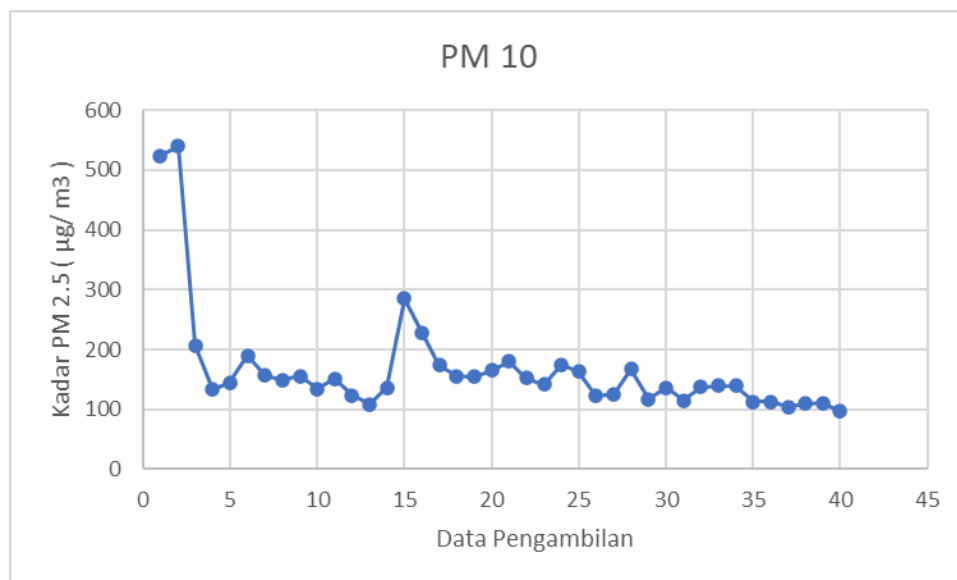
Kadar PM10 yang didapat pada pengujian masih berada pada daerah aman. Hal ini dikarenakan pengujian dilakukan pada ruangan yang tidak terdampak polusi langsung dari kendaraan bermotor. Nilai rata-rata yang didapatkan berada pada kisaran 29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### 9.4.2. Ruang Kapasitas Sedang



Seperti pengujian pada ruangan kapasitas minim, karena dilakukan pada ruangan yang tidak terdampak langsung oleh polusi kendaraan bermotor maka kadar PM10 tergolong baik di kisaran 35 µg/ m<sup>3</sup>.

#### 9.4.3. Dekat Kendaraan Bermotor



Dampak signifikan terlihat dari polusi kendaraan bermotor pada kenaikan kadar PM10. Hal ini juga ditemukan pada PM2.5 dan PM1.0. Kadar PM10 rata rata pada pengujian ini mencapai 168 µg/ m<sup>3</sup>. Hal ini menandakan kualitas udara yang buruk.

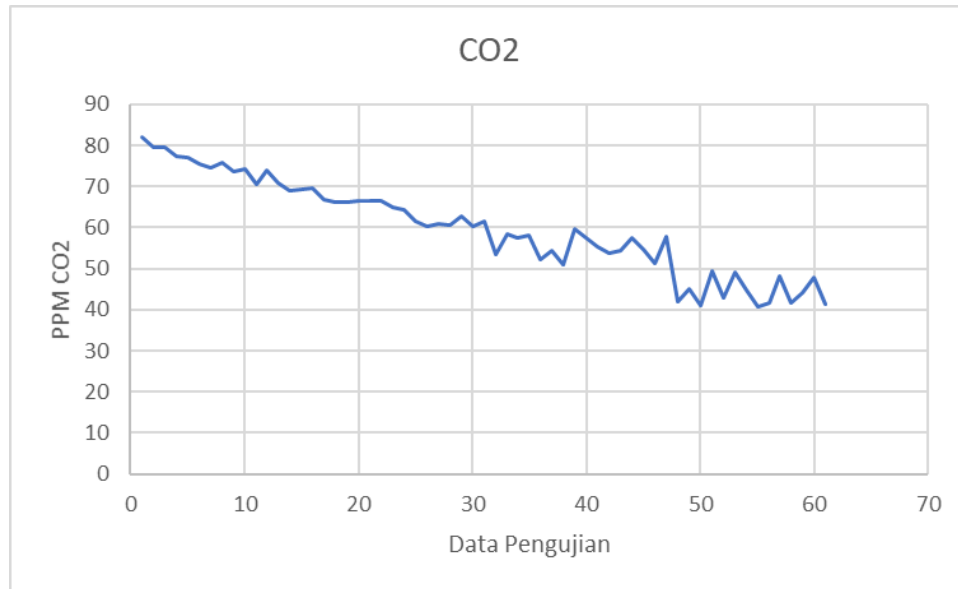
### **9.5. Kesimpulan Analisis**

Dari beberapa data yang didapatkan, dibuktikan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari polusi kendaraan bermotor terhadap peningkatan kadar Particulate Matter di udara. Pengujian CO<sub>2</sub> juga membuktikan bahwa kadar CO<sub>2</sub> pada ruangan yang tertutup akan lebih tinggi dibandingkan di luar ruangan dan disimpulkan bahwa dibutuhkan ventilasi yang cukup dalam ruangan sehingga kadar CO<sub>2</sub> dapat diturunkan.

## BAB 10 HASIL DAN ANALISIS PENGUJIAN SISTEM TERINTEGRASI

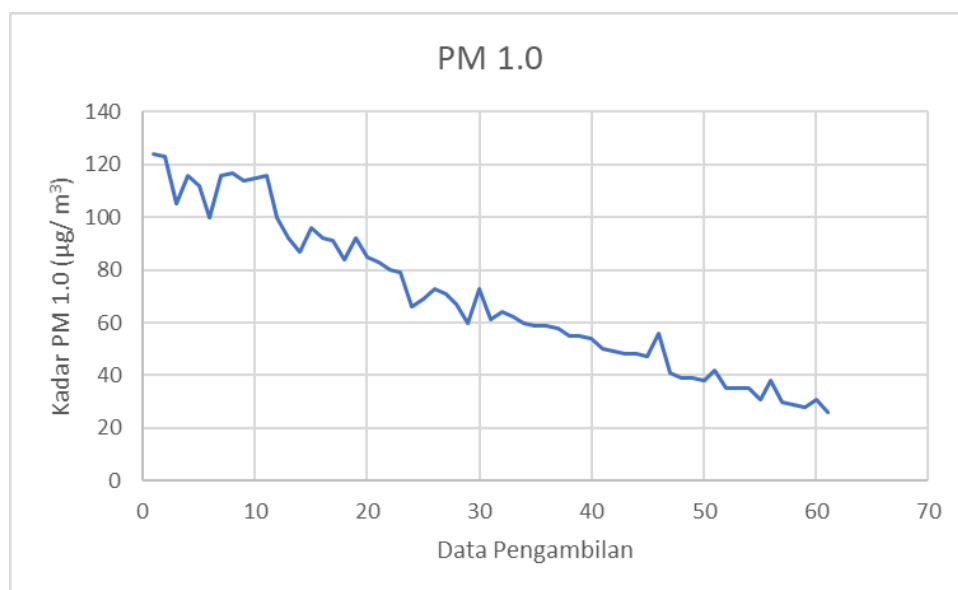
Berikut merupakan hasil pengambilan data dari CO<sub>2</sub> serta PM1, PM2.5, dan PM10, beserta analisis nya dari keseluruhan sistem yang telah terintergrasi.

### 10.1. CO<sub>2</sub>



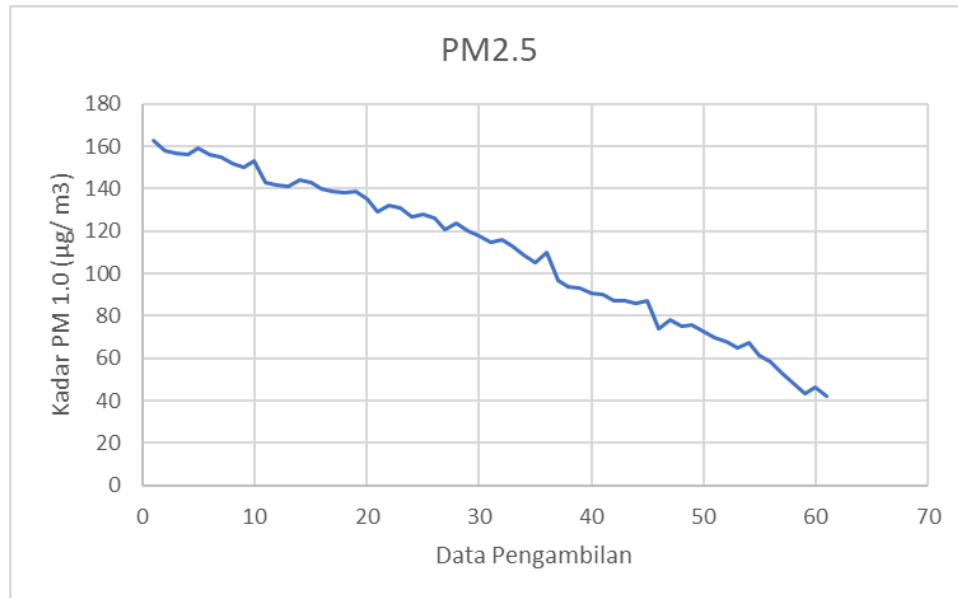
Dari data pengujian yang diperoleh, kadar CO<sub>2</sub> sudah cukup baik pada awal pengujian. Hal ini dikarenakan pengujian yang dilakukan pada ruangan terbuka sehingga sirkulasi yang baik. Namun, dapat terlihat pada data bahwa sistem melakukan filtrasi udara dan terdapat penurunan kadar CO<sub>2</sub>. Penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan, namun menandakan bahwa sistem filtrasi dapat menerapkan prinsip sirkulasi udara sehingga menurunkan kadar CO<sub>2</sub> di udara.

### 10.2. PM 1.0



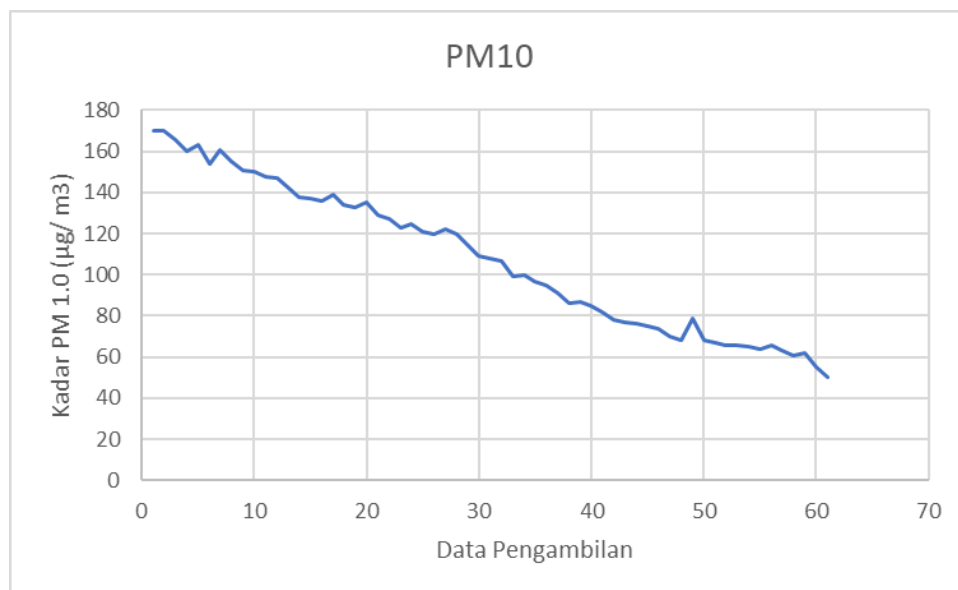
Data pengujian PM 1.0 memperlihatkan bahwa pada awal pengujian, kadar PM 1.0 yang ada di udara cukup tinggi karena pengaruh dari polusi kendaraan bermotor, namun seiring pengambilan data dan bekerjanya sistem filtrasi pada alat, terlihat bahwa sensor PMS5003 mendeteksi penurunan kadar PM 1.0 di udara. Hal ini merupakan validasi kinerja sistem dalam melakukan filtrasi udara.

### 10.3. PM 2.5



Data pengujian PM 2.5 di kondisi awal pengujian mencapai sekitar 163  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dari data awal tersebut mendakan bahwa udara berada pada kualitas yang buruk, sehingga pada pengujian awal sistem filtrasi akan bekerja dengan berputarnya kipas pada sistem. Terlihat bahwa sistem filtrasi menurunkan kadar PM2.5 seiring berjalannya waktu.

### 10.4. PM 10



Data pengujian PM 10 pada kondisi awal pengujian mencapai  $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Nilai tersebut menandakan buruknya kualitas udara dan akan mengakibatkan kipas sistem filtrasi yang bekerja. Pada data, terlihat seiring berjalannya waktu, kadar PM 10 di udara mengalami penurunan akibat dari bekerjanya sistem filtrasi dalam melakukan penyaringan kadar PM 10.

#### **10.5. Kesimpulan Analisis**

Data validasi kinerja sistem filtrasi dilakukan dengan meletakkan sistem di dekat kendaraan bermotor sehingga terpapar polusi kendaraan. Dari data yang didapatkan, terlihat bahwa parameter kualitas udara yang semakin membaik ketika bekerjanya sistem filtrasi.

## **BAB 11 ANALISIS POTENSI INTEGRASI SISTEM**

### **11.1. Potensi Pengembangan Masa Depan**

Alat atau prototipe yang kami kembangkan tentu nya akan sangat bermanfaat baik sekarang maupun di masa depan. Pembangunan yang terus berjalan, peningkatan penggunaan kendaraan bermotor, serta kegiatan perindustrian yang semakin besar bisa menjadi sumber utama penghasil gas-gas ataupun partikel berbahaya di udara seperti PM atau karbon monoksida. Selain itu, teknologi yang sudah semakin canggih juga memungkinkan masyarakat untuk dapat mengakses informasi terkait hal-hal tersebut dengan sangat mudah melalui internet. Sehingga, kesadaran masyarakat akan semakin meningkat terhadap pentingnya monitoring kualitas udara yang baik. Oleh karena itu, kami merasa bahwa alat yang kami kembangkan ini dapat diterima keberadaannya oleh masyarakat, serta memiliki prospek bisnis yang menjanjikan.

### **11.2. Potensi Integrasi Sistem**

Pada pengembangan dari sistem *Air Purifier* yang telah dibuat, alat tersebut memiliki potensi sebagai pemakaian yang mana pada suatu ruangan atau tempat memiliki tingkat kepekatan udara terhadap debu maupun keadaan udara yang menimbulkan kesesakan dan kurangnya tingkat kesegaran dari konsentrasi udara akibat udara yang tercemar oleh partikel-partikel udara yang dapat mengganggu pernapasan. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), 91 persen orang tinggal di tempat dengan udara di bawah standar. Membeli pembersih udara atau air purifier berkualitas tinggi dengan kombinasi filter HEPA dan filter karbon aktif adalah langkah pertama dalam menghilangkan polutan berbahaya di rumah. Dalam hal tersebut, perlu dilakukan observasi mengenai lokasi yang tepat, yaitu:

#### **11.2.1. Area Dengan Udara Kotor**

Untuk benar-benar memanfaatkan air purifier sepenuhnya, yang terbaik adalah menempatkannya tepat di sumber masalahnya. Filter HEPA akan menghilangkan debu, jamur, dan bulu hewan peliharaan, sedangkan filter karbon aktif akan menghilangkan bau atau gas berbahaya. Menggunakan air purifier di ruangan dengan udara paling kotor, sedekat mungkin dengan sumber polutan adalah cara terbaik untuk menjaga kebersihan udara dalam ruangan Anda.

#### **11.2.2. Luas Ruangan**

Jika air purifier hanya dapat memurnikan 30 meter persegi, maka itu tidak akan banyak berguna di ruang makan Anda yang berukuran 90 meter persegi. Atau, akan membuang energi jika menggunakan air purifier yang dirancang untuk ruang besar. Dalam hal pembersih, ukuran ruangan penting dan cara terbaik untuk mengetahui pembersih apa yang paling cocok untuk ruangan adalah dengan menentukan CADR.

CADR menunjukkan berapa banyak udara yang disaring dalam satu jam untuk tiga polutan tertentu (asap, serbuk sari, dan debu) dalam Cubic Feet Per Minute (CFM) atau kaki kubik per menit. Pada dasarnya, semakin tinggi angka CADR, semakin cepat pembersih udara menyaring udara. Secara umum, CADR pembersih udara yang harus sama dengan setidaknya dua pertiga dari luas ruangan.

### 11.2.3. Aliran Udara

Air purifier sangat bagus dalam menarik udara. Namun, semakin banyak udara yang tersedia bagi mereka, semakin cepat mereka dapat membersihkannya. Itulah mengapa pembersih udara ini bekerja paling baik saat ditempatkan di area terbuka. Menempatkan air purifier di dekat jendela atau dekat pintu biasanya merupakan pilihan terbaik.

Alasan lain untuk menempatkannya di dekat area dengan banyak aliran udara adalah karena udara yang bergerak memiliki energi yang cukup untuk mengangkat debu, jamur, dan banyak partikel lainnya, yang kemudian dapat didistribusikan ke sekitar rumah. Menempatkan pembersih udara di dekat titik masuk ini dapat menghilangkan polutan sebelum menurunkan kualitas udara seluruh rumah. Ini bisa sangat berguna jika memiliki hewan peliharaan di ruangan tertentu di rumah. Menjaga pembersih di antara ruangan akan mencegah bulu dan alergen tersebar ke seluruh rumah. Yang harus diperhatikan adalah meletakkan air purifier di sudut adalah hal yang salah. Sebagian besar air purifier mengambil udara melalui ventilasi yang menghadap ke depan pada unit. Menghalangi ventilasi tersebut akan sangat mengurangi kinerja air purifier.

### 11.2.4. Pintu dan Jendela Terbuka

Meskipun aliran udara yang baik itu penting, untuk hal ini bertujuan untuk tidak membuat purifier kewalahan dalam kerjanya. Menempatkannya di dekat jendela atau pintu yang terbuka memungkinkan aliran udara luar ruangan dan polutan secara konstan yang akan dibersihkan oleh air purifier, menggunakan energi yang dapat diarahkan ke udara dalam ruangan. Meskipun demikian, air purifier berkualitas tinggi tetap akan membuat perbedaan yang signifikan pada kualitas udara dalam ruangan, bahkan dengan jendela terbuka.

Di Korea Selatan, penggunaan air purifier atau alat penjernih udara sudah menjadi bagian dari keseharian mereka. Air purifier bisa ditemukan di setiap rumah, kantor dan ruangan publik lainnya. Namun lain halnya dengan Indonesia. Padahal, ada banyak keuntungan meletakkan air purifier di dalam ruangan. Dalam perlakuan air purifier yang dibuat dengan melakukan penempatan air purifier pada ruangan yang tertutup dan terbuka. Dengan perlakuan ruangan tanpa adanya orang dan terdapat keramaian orang, selanjutnya pada ruangan terbuka, air purifier ditempatkan pada lingkungan yang terdapat kendaraan melintasi jalanan tersebut. Melalui pengimplementasian alat, integrasi sistem dengan mencoba untuk diletakan di tengah ruangan yang terdapat meja yang di sekitarnya terdapat orang – orang sedang melakukan aktivitas. Maka dalam hal ini, potensi terhadap alat yang dibuat tersebut mampu dilakukan peletakan pada ruangan di mana saja karena bentuknya juga portable sehingga seseorang yang menggunakan mendapatkan kemudahan dalam penggunaan alat ini. Hasilnya juga mampu meningkatkan daya kesegaran udara pada ruangan dimana alat ditempatkan pada saat itu. Sistem ini dapat bekerja secara otomatis dan tentunya presisi dalam deteksi kualitas udara, dengan menggunakan sensor PMS5003 yang memiliki kemampuan pembacaan *particulate matter* atau partikel – partikel udara yang berukuran 1, 2.5, 10 mikrometer dan terdapat pula sensor MQ-135 sebagai pendeteksi kadar gas CO<sub>2</sub> dalam ppm yang dari dua hal tersebut, dapat menjadi parameter pendeteksian kualitas udara yang bisa diandalkan.



## **BAB 12 RENCANA PERBAIKAN**

### **12.1. Peningkatan sisi perangkat lunak**

Peningkatan dari sisi perangkat lunak bisa dilakukan dengan penambahan fitur-fitur yang dapat meningkatkan kualitas alat dan kemudahan penggunaan. Diantaranya, dapat ditambahkan fitur untuk mengganti identitas login ke jaringan WI-FI lewat aplikasi, sehingga ketika alat dipindahkan ke tempat baru yang memiliki jaringan WI-FI berbeda, alat dapat dengan mudah untuk membuat koneksi ke jaringan internet yang baru.

Peningkatan lain yang bisa dilakukan adalah menambahkan kemampuan untuk meregulasi lebih banyak jumlah sensor dan kipas, sehingga bila ukuran ruangan besar, dua alat bisa terhubung dalam satu aplikasi dan bekerja secara efektif untuk melakukan filterasi ruangan yang besar.

Peningkatan juga bisa dilakukan dari sisi penyimpanan file secara digital, dimana penggunaan thinkspeak masih membawakan error dan ketidakstabilan, dan bila dilakukan peningkatan bisa melakukan penyimpanan data menggunakan database personal, bisa berbentuk cloud maupun fisik.

### **12.2. Peningkatan sisi perangkat keras**

Peningkatan perangkat keras bisa meningkatkan kualitas fisik dari alat, seperti efektifitas filterasi dan kekokohan alat selain meningkatkan kemudahan penggunaan alat. Hal pertama yang bisa dibenahi adalah sistem ON/OFF, dimana bisa berbentuk tombol maupun lewat aplikasi.

Kerangka bisa ditingkatkan kualitasnya dengan memberikan tempat spesifik bagi komponen-komponen yang ada di alat dengan tatakan khusus dan bisa juga mempelajari aerodinamika dari pergerakan udara dalam rangka sehingga filterasi dengan kipas dan filter dapat bekerja secara efisien.

Peningkatan lain yang bisa dilakukan adalah penggunaan kipas dengan RPM yang lebih tinggi, sehingga alat bisa menarik udara dengan kekuatan lebih besar dan partikel udara semakin banyak yang masuk. Terdapat juga permasalahan dimana lubang PCB untuk arduino nano kemarin terlalu kecil sehingga bisa diperbesar sehingga arduino nano bisa dimasukkan lebih sesuai. Penempatan mikrokontroler di PCB juga bisa lebih di sesuaikan sehingga tetap bisa di sambungkan dengan komputer dan dapat diubah kode yang ada di dalam mikrokontroler walau semua komponen sudah di solder.

## **BAB 13 KAJIAN PEMANFAATAN**

Pada perancangan alat yang telah dibuat oleh tim, alat akan dipergunakan sebagai peralatan yang akan bisa membantu manusia untuk memperoleh kualitas udara dilingkungannya dengan intensitas kualitas yang baik. Oleh karena itu, perancangan alat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, seperti dalam hal segi ekonomis maupun segi sosial yang mendapati alat ini, berikut penjelasan dari faktor yang dapat dipertimbangkan:

### **13.1. Segi Sosial**

Alat ini dapat merevolusionerkan cara orang memantau keadaan udara dan melakukan pembersihan secara otomatis dan berjalan bersamaan. Hal ini sangat berguna bagi banyak sekali orang yang mengalami keterbatasan yang dikarenakan oleh alergi, asma, dan keadaan atau penyakit lainnya yang membuat orang sensitif terhadap partikel yang melayang di udara.

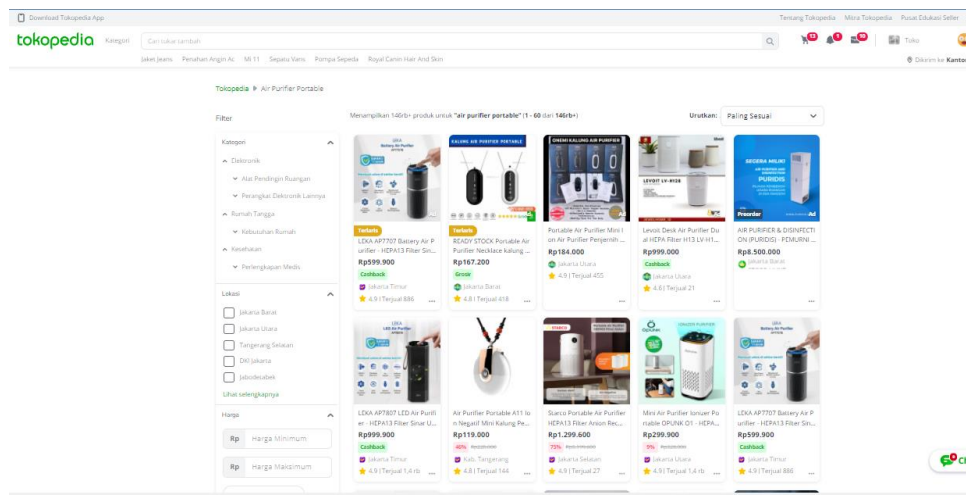
Dengan kemudahan yang disediakan oleh alat yang telah dibuat, proses monitoring udara bisa jauh lebih mudah dan otomatis, dimana hal ini dapat digunakan pada berbagai skenario. Skenario yang paling memungkinkan adalah pemasangan alat ini pada tempat-tempat yang membutuhkan kebersihan tingkat tinggi seperti kamar rumah sakit, laboratorium, tempat rehabilitasi, dan berbagai tempat lainnya.

Karena sifat kemudahannya, dengan modifikasi dan tambahan sensor juga kipas alat ini bisa digunakan pada tempat yang berukuran sangat besar, seperti venue pernikahan, aula perkumpulan, dan tempat berukuran besar lainnya. Dengan sistem monitoring dan filterasi yang mumpuni, kesehatan pernafasan orang akan jauh lebih bagus.

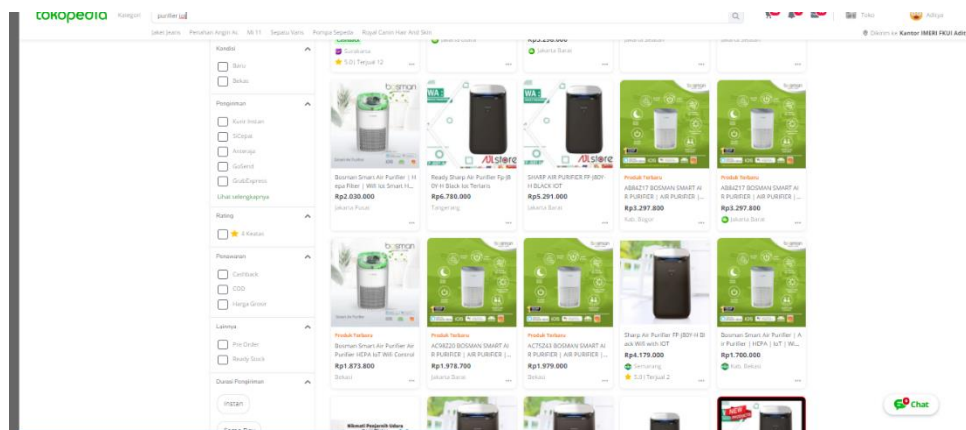
Filterasi udara pada masa pandemi juga akan meningkatkan kualitas udara yang ada, dengan pemantauan dan filterasi terus menerus, virus dan sumber penyakit lainnya yang dapat menyebar lewat udara akan terperangkap dan manusia yang berada di ruangan akan terlindungi dari penyakit yang berterbangan.

### **13.2. Segi Ekonomis**

Dengan perancangan dari sistem purifier yang didesain mampu melakukan penyaringan udara sekaligus pendeteksian kualitas udara melalui parameter PM yang pemantauannya dapat dilakukan secara remotely. Melalui alat ini dengan dibandingkan dengan alat purifier udara yang telah ada dipasaran, alat ini mampu bersaing dengan dunia pasaran yang telah terdapat alatnya yang dibuat juga. Dengan melalui riset pasar yang telah dilakukan, purifier pasaran hanya mampu untuk melakukan sistem purifying kadar udara sekitarnya saja yang tidak dilengkapi fitur monitoring udara yang berada di sekitar ruangan orang tersebut berada, dan untuk harga memang sangat terjangkau pada alat tersebut yang hanya bisa melakukan sistem *purifying* saja tanpa melakukan sistem *monitoring* kualitas udara sekitar, berikut hasil riset yang dilakukan oleh tim kami.



Dalam gambar tersebut, sistem purifier saja terjual dengan harga yang relatif berkisar Rp200.000,00 – Rp1.000.000,00 yang dapat diklasifikasikan segmentasi pasarnya mampu merambah sampai pada tingkatan ekonomi yang menengah kebawah. Selanjutnya terdapat juga sistem yang melakukan pemantauan secara *remotely*, namun alat tersebut sulit terjangkau dalam segi biaya, berikut gambar yang menunjukkan hasil riset yang telah dilakukan oleh tim kami



Pada gambar tersebut merupakan sistem *purifying* udara dengan terdapatnya fitur IoT yang tertanam dalam alat tersebut, terlihat kisaran alat dengan tersedianya pada platfrom belanja online berkisar Rp2.000.000,00 – Rp5.000.000,00 yang tergolong pada alat yang terlalu mahal untuk dilakukan pembelian secara individual. Pada sistem alat yang kami rancang dengan total harga mencapai harga di Rp.978.000,00 yang sudah dapat melakukan sistem purifying dan melakukan sistem monitoring secara *remotely* dengan dukungan fitur IoT yang dapat diintergrasikan ke web melalui server “thingspeak” dan dapat diakses juga melalui *mobile apps* yang dapat memudahkan seseorang untuk melakukan pemantauan secara *remotely* tanpa harus berada di ruangan yang diletakan alat tersebut. Melalui keterangan tersebut, sistem ini memiliki segmentasi pasar terhadap perkolektif orang dalam artian alat lebih efektif jika digunakan pada banyak orang agar beban biaya tidak terlalu mahal pada saat pembelian dan target pasar yang dijadikan acuan pada pasar pada segi finansial yang dapat dikategorikan sebagai kebawah menengah.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Pengaruh Penggunaan Ventilasi (Ac Dan Non Ac) Dalam Ruang Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara (Studi Kasus : Ruang Kuliah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro) - Neliti.” .
- [2] “World Health Organization Regional Office for Europe SELECTED POLLUTANTS.”
- [3] “Apa itu Indikator PM10 dan PM2.5? – IDETAKE.” .
- [4] “Digital universal particle concentration sensor PMS5003 series data manual,” 2016.
- [5] “MQ-135 Sensor Datasheet pdf - Gas Sensor. Equivalent, Catalog.” .
- [6] “Carbon Dioxide Concentration - Comfort Levels.”  
[https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d\\_1024.html](https://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html) (accessed Dec. 18, 2021).
- [7] N. A. Istiqomah and N. N. N. Marleni, “Particulate air pollution in Indonesia: Quality index, characteristic, and source identification,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 599, no. 1, Nov. 2020, doi: 10.1088/1755-1315/599/1/012084.

