

**SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA GAS KARBON  
MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) BERBASIS  
*INTERNET OF THINGS* (IoT) PADA KAWASAN INDUSTRI PROVINSI  
LAMPUNG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Sasmita Ningrum**

**1917041023**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2023**

## ABSTRAK

### SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) PADA KAWASAN INDUSTRI PROVINSI LAMPUNG

Oleh

SASMITA NINGRUM

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat monitoring kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengukur kadar gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Alat ini menggunakan sensor MQ-135 untuk mengukur gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sensor MQ-7 untuk mengukur gas karbon monoksida (CO), sensor DHT11 untuk mengukur suhu. Proses pengukuran dilakukan secara realtime dengan menggunakan powerbank sebagai sumber tegangan dan Node MCU ESP32 sebagai mikrokontroler pengendali utama. Sensor pada alat ini telah terkalibrasi dengan hasil akurasi yang tepat, pada sensor MQ-7 nilai rata-rata *akurasi* sebesar 96,05% dengan nilai rata-rata *error* 3,52%, sensor MQ-135 memiliki hasil rata-rata *akurasi* sebesar 9,86% dengan nilai rata-rata *error* 3,14%, untuk sensor DHT11 nilai rata-rata *akurasi* sebesar 99,94% dengan nilai rata-rata *error* sebesar 0,06%. Sistem monitoring ini melalui proses data dari sensor dikirimkan ke database *MySQL* dan kemudian ditampilkan di website untuk menampilkan hasil kualitas udara. Rata-rata waktu pengiriman dan penerimaan data adalah sekitar 1,93 detik. Penggunaan Internet of Things (IoT) dan website sebagai antarmuka pengguna mempermudah akses pengguna untuk memantau kualitas udara dari mana saja dan kapan saja, serta menggunakan server apapun. Dengan adanya alat dan sistem monitoring ini, diharapkan dapat membantu meminimalisir terjadinya polusi udara yang terus meningkat, serta memberikan data yang dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan lingkungan.

**Kata Kunci :** *Internet of Things* (IoT), MQ-135, MQ-7, Node MCU ESP32

## ABSTRACT

### AIR QUALITY MONITORING SYSTEM FOR CARBON MONOXIDE (CO) AND CARBON DIOXIDE (CO<sub>2</sub>) BASED ON INTERNET OF THINGS (IoT) IN THE INDUSTRIAL AREA OF LAMPUNG PROVINCE

By

SASMITA NINGRUM

This research aims to design and develop an Internet of Things (IoT)-based air quality monitoring tool capable of measuring carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) levels. The device utilizes an MQ-135 sensor to measure carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), an MQ-7 sensor to measure carbon monoxide (CO), and a DHT11 sensor to measure temperature. The measurement process is conducted in real-time, powered by a power bank as the voltage source, and controlled by an ESP32-based Node MCU microcontroller. The sensors used in the device have been calibrated to achieve accurate results. The MQ-7 sensor exhibits an average accuracy of 96.05% with an average error of 3.52%. The MQ-135 sensor shows an average accuracy of 9.86% with an average error of 3.14%. As for the DHT11 sensor, it achieves an average accuracy of 99.94% with an average error of 0.06%. The monitoring system processes the data from the sensors, sending it to a *MySQL* database, and then displaying the results on a website to provide air quality information. The average data transmission time is approximately 1.93 seconds. The use of IoT and a website as the user interface allows easy access for users to monitor air quality from anywhere and at any time, using any server. By implementing this monitoring tool and system, it is expected to help minimize the increasing air pollution and provide valuable data for the government to formulate environmental policies

**Keywords :** *Internet of Things* (IoT), MQ-135, MQ-7, Node MCU ESP32

**SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA PADA GAS KARBON  
MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) BERBASIS  
INTERNET OF THINGS (IoT) PADA KAWASAN INDUSTRI PROVINSI  
LAMPUNG**

**Oleh**

**Sasmita Ningrum**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

**2023**



Judul Skripsi

: **SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA UDARA PADA GAS KARBON MONOKSIDA (CO) DAN KARBON DIOKSIDA (CO<sub>2</sub>) BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IoT) PADA KAWASAN INDUSTRI PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa

: **Sasmita Ningrum**

Nomor Induk Mahasiswa : **1917041023**

Jurusan

: **Fisika**

Fakultas

: **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

**Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**  
NIP. 196504071991111001

**Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**  
NIP.199011252019032018

2. Ketua Jurusan Fisika

**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP. 1980101020050111002



**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua

: **Drs. Amir Supriyanto, M.Si.**



Sekretaris

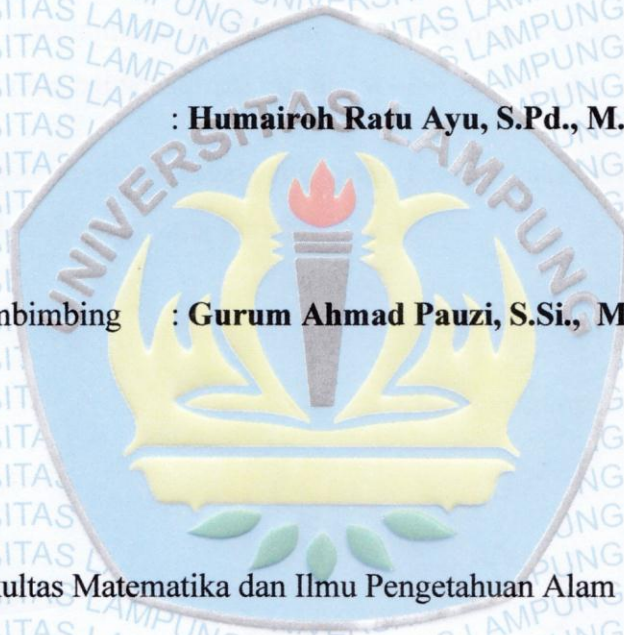
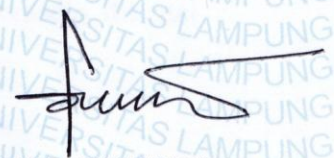
: **Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing


: **Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.**

NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 Agustus 2023**



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila ada pernyataan saya yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukuman yang berlaku.

Bandar Lampung, 17 Agustus 2023



**Sasmita Ningrum**

NPM. 1917041023

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Sasmita Ningrum, dilahirkan pada tanggal 19 Maret 2001 di Sungkai Utara. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Riyadi dan Ibu Mariah. Penulis menyelesaikan Pendidikan di Taman Kanak-Kanak Negeri Rajawali Rajeg pada tahun 2006-2007, dilanjutkan Sekolah Dasar Negeri (SDN) 3 Rajeg pada tahun 2007-2013, Madrasah Tsanawiyah Negeri (MTSN) 01 Kabupaten Tangerang pada tahun 2013-2016 dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) 02 Kabupaten Tangerang pada tahun 2016-2019.

Penulis diterima di jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung pada tahun 2017 melalui jalur penerimaan SNMPTN dan mengambil konsentrasi dalam bidang Instrumentasi Fisika. Selama menjalani Pendidikan tinggi tersebut, penulis juga aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai pengurus di biro dana dan usaha tahun 2019-2021, kemudian mengikuti Badan Eksekutif Mahasiswa FMIPA sebagai anggota Kajian Aksi dan Propaganda pada tahun 2021, dan juga mengikuti Koperasi Mahasiswa Universitas Lampung sebagai anggota.

Penulis juga melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di BRIN (Badan Tenaga Nuklir Nasional) Kawasan Puspitek Serpong Tangerang Selatan yang berjudul “Mendeteksi Penggunaan Masker Menggunakan Algoritma Cascade Classifier Untuk Radiasi Portal Monitor di Rekeyasa Fasilitas Nuklir”. Penulis juga pernah melakukan pengabdian masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2022 di kampung Tanjung Aji, Kecamatan Melinting, Kabupaten Lampung Timur. Penulis juga menyelesaikan penelitian



skripsi di Jurusan Fisika dengan judul “ **Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Kawasan Industri Provinsi Lampung**”.

## *MOTTO*

*“Bila dunia membuatmu kecewa karena cita-citamu tertunda percayalah segalanya telah diatur agar kita mendapatkan yang terindah” (Sasmita, 20223)*

*“Bahagia adalah mereka yang hidup serba cukup walau tidak kaya raya”*

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya” (Al-Baqarah:286)*

## **PERSEMBAHAN**

### **Bismillahirrahmanirrahim**

**Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, telah memberikan Nikmat dan Kasih Sayang-mu, kupersembahkan karya ini untuk semua orang yang ku sayangi dan ku cintai**

### *Kedua Orang Tua (Bapak Riyadi dan Ibu Mariah)*

Terimakasih untuk semua yang kalian lakukan, baik do'a, dukungan, perjuangan dan kehangatan yang membuat aku mampu menghadapi semua permasalahan dan menyelesaikan Pendidikan S1

### *Bapak-Ibu Guru*

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan dan budi pekerti yang telah membuka wawasan dan pengalamanku

### *Sahabat dan Teman Seperjuangan*

Terimakasih atas segala kebaikan, dan kebersamaan kalian selama ini

### *Almamaterku Tercinta*

UNIVERSITAS LAMPUNG



## KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah serta skripsi yang berjudul **“Sistem Monitoring Kualitas Udara Pada Gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Berbasis *Internet of Things* (IoT) pada Kawasan Industri Provinsi Lampung”**. Tujuan penulisan skripsi ini yaitu sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar S1 Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung serta melatih berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari adanya kekurangan dalam penelitian maupun penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat menambah wawasan literasi keilmuan serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya yang lebih baik. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi sesama.

Bandar Lampung, 17 Agustus 2023  
Penulis,

Sasmita Ningrum

## SAWANCANA

Puji syukur penulis panjatkan atas karunia yang telah dilimpahkan oleh Allah Subhanahu wa ta'ala sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, tentunya mendapat banyak bantuan dari berbagai pihak yang telah mendukung, memberikan motivasi dan membimbing penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu di antaranya:

1. Bapak Drs. Amir Supriyanto M.Si. Selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dan rela meluangkan waktu untuk membimbing dalam penelitian dan penulisan skripsi.
2. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan motivasi, rela meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan pada penelitian ini dan penulisan skripsi.
3. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. Selaku dosen pembahas dan ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulisan skripsi ini dapat lebih baik.
4. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. Selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasihat dan motivasi selama kuliah hingga dengan selesai.
5. Bapak Dr. Eng Heri Satria, S.Si., M.Si. Selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung
6. Para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak dan ibu serta keluarga besar yang tanpa kenal lelah membantu penulis menjadi mahasiswi di Universita Lampung

8. Arian Rizal yang telah memberikan do'a, motivasi, semangat, menemani mengurus skripsi ini, sebagai tempat cerita .
9. Rekan Penelitian Muhamad Ridwan yang saling memberi semangat dan selalu membantu dalam setiap kesempatan.
10. Teman-teman seperjuangan Laela Ismi Oktaria, Icha Arum Vicias, Dian Permatasari, Nur Tasya Febrianti, Demila, Zakiyyah Nur Hafizah, Eka Fadhilah Irawan, Aulia Nofdizhar Baehaqi, Louis Lumbanraja dan Adhito Dwi Danendra
11. Teman di luar kampus Sri Hidayati yang telah memberikan dukungan do'a semangat dan motivasi.
12. Teman-teman pimpinan KOPMA, BEM FMIPA, dan HIMAFI periode 2021
13. Teman-teman seperjuangan Fisika 2019 yang telah membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan moril maupun materil pada penulis.

Bandar Lampung, 17 Agustus 2023  
Penulis,

Sasmita Ningrum



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	x
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>SAWANCANA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xix
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Penelitian Terkait .....	6
2.2 Indeks Kualitas Pencemaran Udara .....	7
2.3 Perhitungan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) .....	9
2.4 Gas Karbon Monoksida (CO) .....	10
2.5 Gas Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ) .....	11
2.6 <i>Internet of Things</i> (IoT) .....	12

2.7	Node MCU ESP32 .....	13
2.8	Sensor MQ-135 .....	14
2.9	Sensor MQ-7 .....	15
2.10	Xampp .....	17
2.11	MySQL .....	18
2.12	<i>Hypertext Propocessor</i> .....	18
2.13	<i>Hypertext Markup Language</i> .....	19
2.14	<i>Cascading Style Sheet (CSS)</i> .....	19
2.15	LCD 20x4 .....	20
2.16	Module I2C .....	21

### III. METODE PENELITIAN

3.1	Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2	Alat dan Bahan .....	22
3.3	Tahapan Penelitian .....	24
3.3.1	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	26
3.3.2	Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) .....	28
3.3.3	Perancangan Keseluruhan Alat Sistem Monitoring Udara .....	31
3.3.4	Tahapan Pengujian .....	33
3.3.5	Monitoring Sistem Kualitas Udara Berbasis <i>Internet Of Things</i> (IoT) .....	36

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) Alat Monitoring Udara .....	38
4.1.1	Pengujian dan Kalibrasi Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> ) .....	40
4.1.1.1	Kalibrasi Sensor MQ-135 .....	40
4.1.1.2	Kalibrasi Sensor MQ-7 .....	45
4.1.1.3	Kalibrasi Sensor DHT11 .....	50
4.2	Perangkat Lunak ( <i>Software</i> ) <i>website</i> Monitoring Udara .....	54
4.2.1	Pembuatan <i>Website</i> Sistem Monitoring Udara .....	56
4.2.2	Pembuatan dan Pengelolaan <i>Server Database</i> .....	61
4.2.2.1	Pengiriman Data <i>Server</i> ke <i>Server Database</i> .....	61
4.2.2.2	Pengiriman Data <i>Server</i> ke <i>Website</i> .....	64
4.3	Pengujian Alat dan Web Sistem Monitoring Kualitas Udara .....	66
4.3.1	Pengujian Keseluruhan Alat dengan LCD 20x4 .....	66
4.3.2	Pengujian Pada Sistem Monitoring Pada Waktu .....	67
4.3.3	Pengujian Ketelitian Waktu Pengiriman dan Penerimaan .....	69
4.4	Pengambilan Data dan Monitoring Kualitas Udara .....	70
4.4.1	Pengambilan Data di Kawasan Industri Lampung Tengah .....	70

4.4.2 Pengambilan Data di Pelabuhan Bakauheni.....	74
--	----

## **V. KESIMPULAN**

5.1 Simpulan .....	78
5.2 Saran .....	79

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Rangkaian Alat Peneliti Harpad <i>et al</i> .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Rangkaian Alat Peneliti M.Syahputra <i>et al</i> .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Konsep <i>Internet of Thing</i> (IoT).....	13
<b>Gambar 2.4</b> Node MCU ESP32.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Sensor MQ-135.....	15
<b>Gambar 2.6</b> Sensor MQ-7.....	16
<b>Gambar 2.7</b> Tampilan Xampp .....	17
<b>Gambar 2.10</b> LCD 20x4 .....	20
<b>Gambar 2.11</b> <i>Module</i> I2C .....	21
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir .....	25
<b>Gambar 3.2</b> Blok Diagram Perancangan Sistem .....	26
<b>Gambar 3.3</b> Rangkaian Alat Sistem Monitoring Udara .....	27
<b>Gambar 3.4</b> Diagram Alir Sistem <i>Software</i> .....	30
<b>Gambar 3.5</b> Diagram Alir Keseluruhan Alat Monitoring Udara.....	32
<b>Gambar 3.6</b> Grafik Kualitas Udara di Kawasan Industri Lampung Tengah .....	36
<b>Gambar 3.7</b> Grafik Kualitas Udara di Pelabuhan Bakauheni.....	36
<b>Gambar 3.8</b> Sistem Monitoring Berbasis IoT Menggunakan <i>Website</i> .....	37
<b>Gambar 4.1</b> Realisasi Alat Sistem Monitoring Kualitas Udara (a) Bagian Depan (b) Bagian Samping .....	49

<b>Gambar 4.2</b>	Bagian Dalam Alat Sistem <i>Monitoring</i> Udara.....	40
<b>Gambar 4.3</b>	Grafik Kalibrasi Sensor MQ-135 .....	42
<b>Gambar 4.4</b>	Kurva Nilai CO <sub>2</sub> dan Alat Standar.....	45
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik Kalibrasi Sensor MQ-7 .....	47
<b>Gambar 4.6</b>	Kurva Nilai CO dan Alat Standar.....	50
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik Kalibrasi Sensor DHT11 .....	52
<b>Gambar 4.8</b>	Kurva Nilai Suhu dan Alat Standar .....	54
<b>Gambar 4.9</b>	Tampilan Utama Sistem <i>Monitoring</i> Udara .....	55
<b>Gambar 4.10</b>	Tampilan Grafik Sistem <i>Monitoring</i> Udara.....	56
<b>Gambar 4.11</b>	Tampilan Informasi Sistem <i>Monitoring</i> Udara.....	56
<b>Gambar 4.12</b>	Pengujian Alat Pada LCD 20x4.....	67
<b>Gambar 4.13</b>	Pengujian <i>Server Database Website</i> .....	68
<b>Gambar 4.14</b>	Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Udara <i>Website</i> .....	68
<b>Gambar 4.15</b>	Pengambilan Data di Kawasan Industri Lampung Tengah (a) Kondisi Kawasan (b) Tampilan Pada LCD (c) Tampilan Pada <i>Website</i> .....	70
<b>Gambar 4.16</b>	Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Kualitas Udara (a) CO dan (b) CO <sub>2</sub> Di Kawasan Industri Lampung Tengah Pagi Hari .....	71
<b>Gambar 4.17</b>	Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Kualitas Udara (a) CO dan (b) CO <sub>2</sub> Di Kawasan Industri Lampung Tengah Siang Hari .....	72
<b>Gambar 4.18</b>	Pengambilan Data di Pelabuhan Bakauheni (a) Tampilan Pada <i>Website</i> dan LCD (b) Kondisi Pelabuhan Bakauheni.....	74
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Kualitas Udara (a) CO dan (b) CO <sub>2</sub> Di Pelabuhan Bakauheni Pagi Hari.....	75
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik Hasil <i>Monitoring</i> Kualitas Udara (a) CO dan (b) CO <sub>2</sub> Di Pelabuhan Bakauheni Siang Hari.....	76

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Kategori Batas Indeks Pencemar Udara (ISPU).....	8
<b>Tabel 2.2</b> Batas Indeks Standar Pencemar Udara Dalam Satuan $\mu g/m^3$ .....	9
<b>Tabel 2.3</b> Batas Ambang CO <sub>2</sub> .....	11
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi Node MCU ESP32.....	14
<b>Tabel 2.5</b> Spesifikasi Sensor MQ-135.....	15
<b>Tabel 2.6</b> Spesifikasi Sensor MQ-7.....	16
<b>Tabel 2.7</b> Spesifikasi LCD 20x4 .....	20
<b>Tabel 2.8</b> Spesifikasi I2C .....	21
<b>Tabel 3.1</b> Alat dan Bahan Penelitian .....	22
<b>Tabel 3.2</b> Bahan-Bahan Penelitian .....	23
<b>Tabel 3.3</b> Perangkat Lunak Yang digunakan .....	23
<b>Tabel 3.4</b> Pin Rangkaian Sistem Monitoring Udara.....	28
<b>Tabel 3.5</b> Pengujian dan Kalibrasi Sensor MQ-7 .....	34
<b>Tabel 3.6</b> Pengujian dan Kalibrasi Sensor MQ-135.....	34
<b>Tabel 3.7</b> Data Pengukuran Kadar Udara di Kawasan Industri Lampung Tengah.....	35
<b>Tabel 3.8</b> Data Pengukuran Kadar Udara di Pelabuhan Bakauheni.....	35
<b>Tabel 4.1</b> Data Pengukuran Nilai Tegangan Sensor MQ-135 Gas CO <sub>2</sub> .....	42
<b>Tabel 4.2</b> Data Pengukuran Kalibrasi sensor MQ-135 Gas CO <sub>2</sub> .....	44
<b>Tabel 4.3</b> Data Pengukuran Nilai Tegangan Senso MQ-7 Gas CO .....	47
<b>Tabel 4.4</b> Data Pengukuran Kalibrasi sensor MQ-7 Gas CO.....	49
<b>Tabel 4.5</b> Data Pengukuran Nilai Tegangan Sensor DHT11 .....	51
<b>Tabel 4.6</b> Data Pengukuran Kalibrasi Sensor DHT11 .....	53

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Kualitas udara Indonesia pada saat ini menduduki peringkat 79 dari 144 negara di dunia, untuk asia tenggara Indonesia menduduki peringkat ke 4 dari 10 negara dengan indeks kualitas udara dapat diterima, namun untuk beberapa polutan mungkin ada kekhawatiran kesehatan untuk beberapa manusia yang sangat sensitif terhadap polusi udara. Udara merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui yang sangat dibutuhkan manusia, hewan dan tanaman dalam mempertahankan hidupnya (Hasairin and siregar 2018). Namun udara yang kita semua hirup belum tentu semuanya baik, termasuk di dalam ruangan maupun luar ruangan karena udara mengandung zat zat lain. Kondisi udara yang buruk menjadi salah satu resiko terbesar bagi kesehatan sehingga sekitar 7 juta manusia di dunia mengalami kematian dini.

Sumber pencemaran udara dibagi menjadi dua sumber alamiah dan sumber buatan manusia. Sumber alamiah berasal dari beberapa kegiatan alam yang bisa menyebabkan pencemaran udara seperti kegiatan gunung berapi dan kebakaran hutan. Sumber buatan manusia yaitu berasal dari pembakaran sampah rumah tangga, industri, kendaraan bermotor, proses peleburan baja, pembuatan soda, semen, keramik, aspal dan lain-lain (Hariyanto *et al.*,2017). Zat pencemar udara yang dihasilkan dari sumber-sumber yaitu gas karbon monoksida (CO) karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), materi partikulat (PM<sub>10</sub>), materi partikulat (PM<sub>2,5</sub>), debu (TSP), dan debu jatuh (Anggreani *et al.*, 2022). Zat-zat tersebut merupakan zat yang tidak baik bagi kesehatan manusia di lingkungan tertentu jika terpapar terus menerus dan tanpa adanya proteksi.

Karbon monoksida adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan juga tidak berasa. Gas karbon monoksida (CO) sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara berupa gas buangan. Kota besar yang padat lalu lintasnya akan banyak menghasilkan gas karbon monoksida (CO) dalam ukuran relatif tinggi dibandingkan dengan daerah pedesaan. Secara alamiah gas karbon monoksida (CO) dapat terbentuk dari hasil kegiatan gunung berapi dan proses biologi walaupun jumlah gas karbon monoksida yang dihasilkan relatif sedikit. Secara buatan gas karbon monoksida berasal dari industri dan pemakaian bahan bakar fosil (minyak, batu bara) pada mesin-mesin penggerak transportasi. Konsentrasi pada karbon monoksida (CO) di udara per waktu dalam satu hari dipengaruhi oleh aktivitas kendaraan bermotor, semakin ramai kendaraan bermotor maka semakin tinggi tingkat polusi. Gas CO sangat berbahaya jika terpapar terus menerus maka mengakibatkan gangguan pernafasan, gangguan denyut nadi, gangguan tekanan darah, refleksi saraf berkurang dan bahkan menyebabkan kematian (Damara *et al.*, 2017).

Selain gas karbon monoksida (CO) terdapat zat pencemar udara yang lainnya yaitu gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon (Astuti & Firdaus *et al.*, 2017). Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) salah satu jenis emisi gas rumah kaca yang menjadi faktor utama timbulnya fenomena pemanasan global (Labiba & Pradoto *et al.*, 2018). Pencemaran gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) berasal dari aktivitas gunung, fotosintesis tumbuhan, hewan mati yang terurai dan pembakaran dari hasil bumi.

Pencegahan tentang pencemaran kualitas udara telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan memanfaatkan teknologi sensor dan mikrokontroler. Seperti yang dilakukan oleh peneliti Harpard *et al* (2022) dengan merancang alat sistem monitoring kualitas udara pada gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan Hidrogen Sulfida (SO<sub>2</sub>) dengan menggunakan mikrokontroler Node MCU ESP32 sebagai proses, *input* yang digunakan berupa



sensor MQ-7, sensor MQ-135, dan sensor MQ-8 *output* yang digunakan LCD dan Buzzer. Ketika sensor mendeteksi kualitas udara akan tampil pada LCD dan buzzer akan menyala jika udara melewati batas indeks, penelitian ini mendapatkan hasil akurasi sistem 70% namun terdapat kekurangannya yaitu tidak menggunakan sistem *Internet of Things (IoT)* sehingga hasil pengukuran tidak dapat dilihat secara *real time* menggunakan *website* atau aplikasi. Penelitian yang sama juga dilakukan oleh M.syahputra (2020) dengan merancang alat sistem monitoring kualitas udara pada gas karbon dioksida ( $CO_2$ ), dan gas nitrogen dioksida ( $NO_2$ ), penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino *atmega 328* sebagai proses, *input* yang digunakan berupa sensor MQ-135, dan sensor LM35, *output* yang digunakan LCD dan aplikasi, penelitian ini mendapatkan hasil akurasi sistem 75% namun terdapat kekurangannya yaitu aplikasi yang digunakan offline sehingga tidak dapat diakses oleh banyak orang dan juga menggunakan *bluetooth* yang tidak kondusif jika melebihi jarak 10 meter.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dipandang perlu untuk melakukan penelitian berupa perancangan alat monitoring kualitas udara sebagai solusi dalam menyelesaikan permasalahan. Alat monitoring kualitas udara pada gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) berbasis *Internet of Things (IoT)* menjadi solusi yang tepat untuk memproses data secara *real time*. Alat ini juga dilengkapi dengan sensor gas MQ-7 yang berfungsi sebagai mengukur kadar karbon Monoksida (CO), sensor MQ-135 berfungsi sebagai mengukur kadar Karbon Dioksida ( $CO_2$ ). Kedua sensor komponen tersebut dihubungkan dengan perangkat mikrokontroler Node MCU ESP32 sebagai pusat kontrol. Sistem tersebut akan mendeteksi dan memonitoring hasil kualitas udara yang diperoleh. Sistem ini juga dikendalikan secara otomatis, output dari sistem ini akan mengirimkan sinyal berupa data ke LCD 20x4, *website*, agar data didapat secara *real time* dan dapat dilihat dari jauh.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat alat dan sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things*?
2. Bagaimana informasi kualitas udara yang dihasilkan di beberapa kawasan di provinsi Lampung?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui nilai error dan akurasi alat dan sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things*.
2. Mengetahui informasi kualitas udara yang dihasilkan di beberapa titik lokasi di Provinsi Lampung.

## **I.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Mempermudah untuk memantau kualitas udara secara *real time* menggunakan website.
2. Untuk mengurangi terjadinya penularan penyakit pada manusia yang disebabkan oleh pencemaran udara.
3. Membuat referensi baru dalam pembuatan alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of things* (IoT).
4. Memberi informasi tentang kualitas udara pada pada kawasan industri lampung tengah, dan kawasan Pelabuhan Bakauheni melakukan inovasi untuk mengurangi kualitas udara yang tidak baik.

## **I.5 Batasan Masalah**

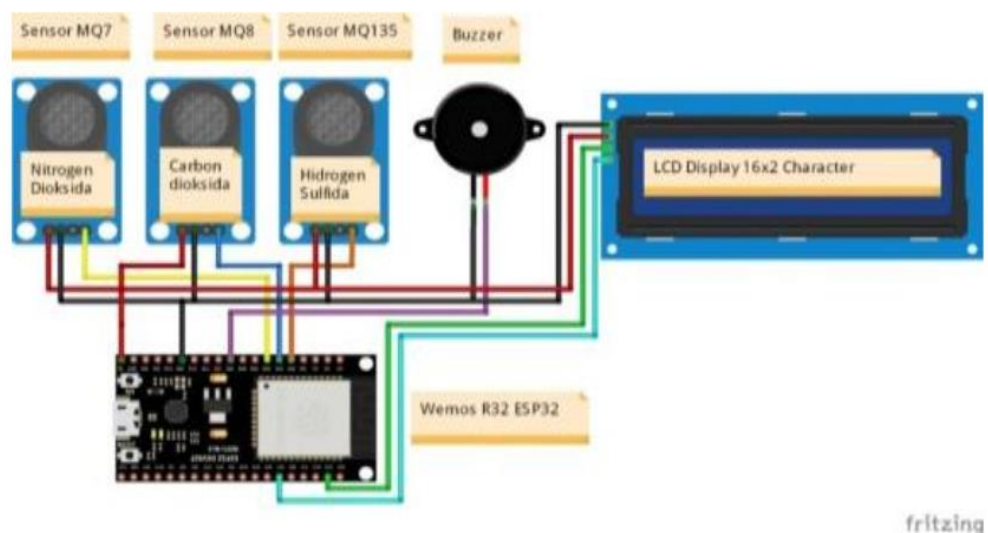
Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor MQ-7 dan MQ-135.
2. Parameter pengukuran kadar kualitas udara adalah gas karbon monoksida (CO) dan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).
3. Penelitian sistem monitoring kualitas udara menggunakan NODE MCU ESP32
4. Program mikrokontroler menggunakan *software Arduino IDE*.
5. Pengambilan data dilakukan di lokasi yaitu Kawasan industri Lampung Tengah Great Giant Pineapple, dan Kawasan Bakauheni Lampung selatan

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

Penelitian ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang sistem monitoring kualitas udara, pertama penelitian dilakukan oleh (Harpad *et al.*, 2022) telah membuat alat sistem monitoring kualitas udara pada gas karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dengan *input* yaitu sensor MQ-7, sensor MQ-7 dan sensor MQ-135, dengan *output* yaitu LCD untuk menampilkan data dan buzzer sebagai pengamanan sistem jika udara melebihi batas indeks udara baik. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil cukup baik dalam mendeteksi kualitas udara. Rangkaian alat dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



**Gambar 2.1** Rangkaian alat (Harpad *et al.*, 2022)

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Syahputra, 2020) telah merancang alat sistem monitoring kualitas udara pada gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ) menggunakan mikrokontroler Arduino *atmega 328*. *input*-nya menggunakan sensor MQ-135 berfungsi untuk mendeteksi gas karbon dioksida dan nitrogen dioksida, sensor LM-35 berfungsi untuk mendeteksi kualitas suhu, *bluetooth* berfungsi mengirimkan data ke aplikasi. *Output*-nya menggunakan LCD 16x2 dan aplikasi offline. Sistem kerja pada rangkaian alat ini dengan mendeteksi kualitas udara lalu mengirimkan data ke smartphone lalu data akan tampil pada LCD dan aplikasi. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil cukup baik dalam mendeteksi kualitas udara. Rangkaian alat ditunjukkan pada



**Gambar 2.2** Rangkaian Alat Peneliti (M.Syahputra, 2020)

## 2.2 Indeks Kualitas Pencemaran Udara

Udara berperan penting dalam kehidupan makhluk hidup di bumi, proses metabolisme yang terjadi dalam manusia, hewan dan tumbuhan tidak dapat berlangsung tanpa adanya oksigen. Selain oksigen udara mengandung zat-zat lain seperti karbon monoksida, karbon dioksida, debu, ozon dan zat lainnya. Beberapa zat-zat tersebut masih dapat ditoleransi oleh tubuh dalam konsentrasi yang masih di batas wajar (Tunggul *et al.*, 2020).



Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO) pada tahun 2004 lebih dari 700 kematian terjadi pada anak hingga remaja yang diakibatkan oleh pernafasan, di Amerika Serikat kasus keracunan akibat udara 5000-6000 ppm (Andrian, 2015).

Adapun batas indeks pencemaran udara menurut Menteri Negara Lingkungan Hidup No.45 tahun 1997 tentang indeks Standar Pencemar Udara ditunjukkan pada **Tabel 2.1**

**Tabel 2.1** Kategori Batas Indeks Pencemar Udara (ISPU)

<b>Rentang</b>	<b>Kategori</b>	<b>Penjelasan</b>
1-50	Baik	Tingkat mutu udara yang sangat baik tidak memberikan efek negatif terhadap manusia, hewan dan tumbuhan
51-100	Sedang	Tingkat mutu udara masih dapat diterima pada kesehatan manusia, hewan dan tumbuhan
101-200	Tidak sehat	Tingkat mutu udara yang bersifat merugikan pada manusia, hewan dan tumbuhan
201-300	Sangat tidak Sehat	Tingkat mutu udara yang dapat meningkatkan resiko kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar
301+	Berbahaya	Tingkat mutu udara yang dapat merugikan serius pada populasi dan perlu penanganan cepat

Kualitas udara yang rendah (ISPU;Tinggi) dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan manusia dampak buruk ISPU yang tinggi dapat mengenai populasi orang sehat (Hermawan *et al.*, 2021). Indeks udara pencemar yang buruk dapat menyebabkan penyakit antara lain penyakit jantung, infeksi, stroke, asma, hingga penyakit paru-paru (Agustina and Haryono, 2012).

### 2.3 Perhitungan Indeks Standar Udara (ISPU)

Informasi tentang baku mutu udara mudah dipahami oleh masyarakat, hasil pemantauan mutu udara dari stasiun pemantauan otomatis kontinu disampaikan dalam bentuk Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). ISPU merupakan angka tanpa satuan digunakan untuk menggambarkan kondisi mutu udara ambien di lokasi tertentu dan dampak terhadap kesehatan manusia. Buku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien, diketahui bahwa setiap negara memiliki standar baku mutu udara yang berbeda dari pembacaan nilai gas yang didapat (Apriawati *et al.*, 2017).

Berdasarkan peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/Menkes/per/V/2011 tentang pedoman penyehatan kualitas udara bahwa kadar CO<sub>2</sub> yang baik adalah dibawah 1000 ug/m<sup>3</sup> di dalam ruangan. Namun berdasarkan *Health Hazard FSIS Environmental* bahwa batas standar kadar gas CO<sub>2</sub> di luar ruangan adalah 300 ppm. Berdasarkan keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan No.107 tahun 1997 tanggal 21 November 1997 tentang nilai batas yang digunakan untuk mengukur kualitas udara menggunakan perhitungan Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) yang telah dikonversi Adapun parameter gas yang diukur dan dikonversikan menjadi nilai ISPU . Nilai ISPU ditunjukkan pada **Tabel 2.2**

**Tabel 2.2** Batas indeks Standar Pencemar Udara Dalam Satuan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

ISPU	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	O <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>
0	0	0	0	0	0
50	50	80	5	120	282
100	150	365	10	235	565
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

(Apriawati *et al.*, 2017)

Berdasarkan **Tabel 2.2** dapat dilakukan perhitungan ISPU yang ditentukan melalui formulasi indeks dari setiap parameter dengan persamaan rumus

$$I = \frac{I_a - I_b}{X_a - X_b} (X_x - X_b) + I_b \quad (2.1)$$

Dimana  $I$  adalah ISPU yang terhitung,  $I_a$  adalah ISPU batas atas,  $I_b$  adalah ISPU batas bawah,  $X_a$  adalah ambien batas atas,  $X_b$  adalah ambien batas bawah, dan  $X_x$  adalah konsentrasi ambien hasil pengukuran (Salman & Amiah, 2020)..

#### **2.4 Gas Karbon Monoksida (CO)**

Udara merupakan kebutuhan paling utama untuk semua makhluk hidup, sehingga perlu adanya minimalisir dengan melakukan perlindungan terhadap kualitas udara dari bahan pencemar yang bersifat beracun. (Suryati *et al.*, 2021). Adapun zat pencemar udara yang dihasilkan dari sumber-sumber salah satunya yaitu gas karbon monoksida (CO). Gas karbon monoksida (CO) adalah jenis gas yang dapat mengakibatkan kualitas udara menurun bahkan sampai menjadi racun, karena gas CO tidak berwarna, rasa, bau sehingga sulit untuk mendeteksi keberadaan gas CO (Mutamirah *et al.*, 2019).. Konsentrasi gas karbon monoksida mayoritas dihasilkan oleh kendaraan bermotor, dan pembakaran sampah, beberapa penelitian ditemukan kadar karbon monoksida (CO) yang cukup tinggi di dalam kendaraan sedan maupun bus.

Karbon Monoksida (CO) gas yang bersifat membunuh makhluk hidup termasuk manusia, zat gas CO ini akan mengganggu pengikatan oksigen pada darah karena CO lebih mudah terikat oleh darah dibandingkan dengan oksigen dan gas-gas lainnya, dikarenakan gas CO dapat mengikat hemoglobin (Hb) untuk membentuk karboksihemoglobin (COHb) di dalam darah, dimana afinitas terhadap COHb tersebut lebih besar dibandingkan dengan O<sub>2</sub>Hb (Oxyhemoglobin) yang dapat menyebabkan gas CO sulit lepas dari Hb, sehingga mengakibatkan turunnya kapasitas Hb sebagai pengangkut oksigen dalam darah. Pada kasus darah yang tercemar karbon monoksida dalam kadar 70% hingga 80% dapat menyebabkan kematian menurut Kemenkes RI No. 1407, 2002 (Syaifulloh, 2021). Berbahaya jika

terpapar terus menerus oleh gas karbon monoksida (CO) maka akan menyebabkan penyakit seperti gangguan pernafasan, detak jantung, refleksi saraf, dan ketegangan peredaran darah (Musthofa, 2017).

## 2.5 Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

Oksigen dan beberapa unsur lain di dalam udara merupakan unsur penting bagi semua makhluk hidup, namun ada udara yang tersedia beberapa sudah tercemar polutan dari berbagai aktivitas yang menghasilkan polusi (Humairoh & Putra, 2022). Adapun zat pencemar udara yang dihasilkan dari sumber-sumber salah satunya yaitu gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>).

Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) adalah gas yang tidak mudah terbakar, tidak berwarna, tidak berbau, memiliki rasa asam sedikit (Syamiyah & Wahyuni, 2021). Gas (CO<sub>2</sub>) merupakan salah satu pencemar udara yang berasal dari pembakaran fosil, batubara, gas alam, minyak, limbah padat, pohon, produk kayu dan reaksi kimia tertentu, emisi gas (CO<sub>2</sub>) menjadi salah satu penyebab terbesar untuk perubahan iklim dan efek rumah kaca (Widodo *et al.*, 2017). Untuk (CO<sub>2</sub>) tidak termasuk kedalam indeks standar udara (ISPU), namun berdasarkan FSIS Environmental, Safety and Health Group (CO<sub>2</sub>) termasuk bahaya kesehatan. Adapun batas ambang (CO<sub>2</sub>) yang ditunjukkan pada **Tabel 2.3**.

**Tabel 2.3** Batas Ambang CO<sub>2</sub>

<b>Rentang (ppm)</b>	<b>Rentang (µg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kategori</b>
250-249	268-446	Good
250-299	447-535	Sedang
300-1000	536-1000	Tidak Sehat

Jika terpapar terus menerus melebihi batas ambang oleh gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan menyebabkan perubahan tekanan darah, telinga mendenging, mual, kesulitan

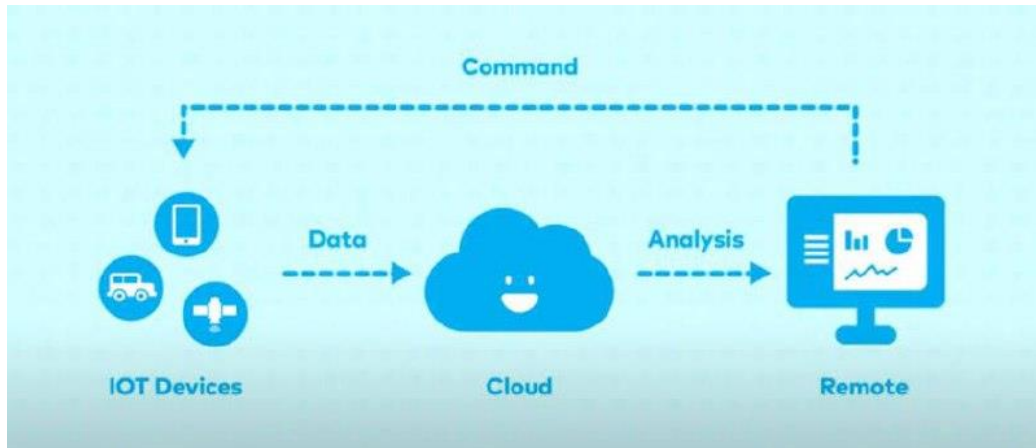
nafas, detak jantung tidak teratur, sakit kepala, mengantuk, pusing, gangguan penglihatan, hilang kesadaran dan bahkan koma (Junaedy *et al.*, 2022).

## 2.6 *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things* adalah sebuah teknologi yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerja dengan sendirinya (Artono *et al.*, 2018). *Internet of things* sebuah perangkat keras yang dapat tersambung dengan internet dengan tujuan untuk memperluas jaringan internet yang terhubung secara menyeluruh (Muzawi & Kurniawan, 2018).

IoT dapat berupa perangkat apa saja dengan sensor internal apa pun yang memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dan mentransfer data melalui jaringan tanpa intervensi manual, IoT dapat menghubungkan semua perangkat ke internet dan memungkinkan perangkat IoT berkomunikasi satu sama lain melalui internet (Febrianti *et al.*, 2021). Konsep IoT cukup sederhana hanya mengacu pada tiga elemen utama yaitu barang fisik yang dilengkapi dengan modul IoT, perangkat dapat terkoneksi ke internet modem dan *Router Wireless Speedy* seperti di rumah dan *cloud data center* tempat menyimpan aplikasi besarnya *database*. Pada penggunaan IoT terdapat tantangan utama yaitu menjembatani kesenjangan antar dunia fisik dan dunia informasi, seperti mengolah data yang diperoleh dari peralatan elektronik, sebuah interface antara pengguna dan peralatan itu, sensor mengumpulkan data mentah fisik dari *real time* dan mengkonversikan ke dalam mesin format yang dimengerti sehingga akan mudah dipertukarkan antara berbagai bentuk format data (Apri, 2015). Konsep IoT ditunjukkan pada **Gambar 2.3**

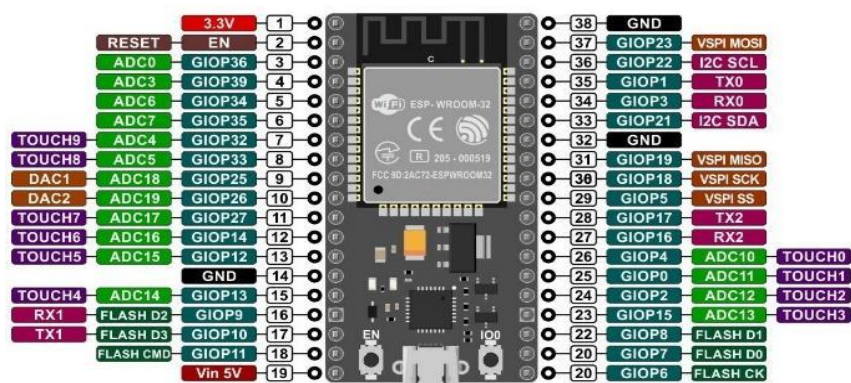




Gambar 2.3 Konsep IoT

## 2.7 Node MCU ESP3

NodeMCU ESP32 merupakan modul mikrokontroler yang didesain dengan ESP32 di dalamnya. ESP32 merupakan mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Ekspresif System* merupakan penerapan dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul Wifi dalam *chip* sehingga sangat berperan penting untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things (IoT)*. Pin tersebut dapat dijadikan *input* atau *output* untuk menyalakan LCD, lampu, sampai untuk menggerakkan Motor DC (Imran *et al.*, 2020). Rangkaian NodeMCU ESP32 beserta pin ditunjukkan pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 Node MCU ES32

Adapun spesifikasi dari Node MCU ESP32 ditunjukkan pada **Tabel 2.3**

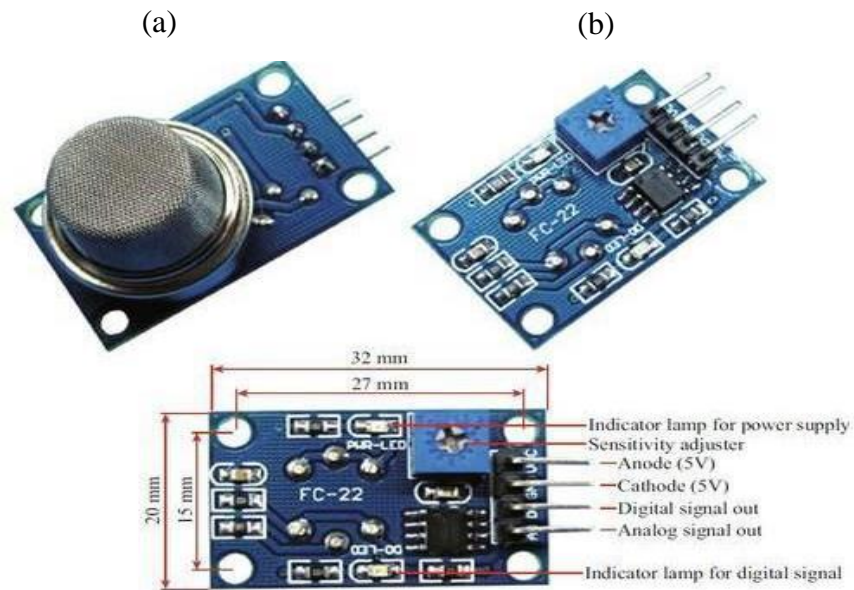
**Tabel 2.4** Spesifikasi Node MCU ESP32

<b>Spesifikasi</b>	<b>Node MCU</b>
Microkontrol	ESP32
CPU	Xtensa dual core LX6- 160 MHz
ADC	12 Bit
Flash Memory	16 Mb
Sram	512 Kb
GPIO PIN (ADC/DCA)	36 (18/2)
<i>Bluetooth</i>	Ada
Wifi	Ada
SPI/I2C/UART	4/2/2

ESP32 juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler yang lain, mulai dari pin *out* yang lebih banyak, Pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, serta terdapat *low energy Bluetooth* 4.0 (Widyatmika *et al.*, 2021).

## 2.8 Sensor MQ-135

Sensor MQ-135 adalah jenis sensor kimia yang sensitif terhadap senyawa  $NH_3$ ,  $NO_x$ , Alkohol, benzol, asap CO,  $CO_2$ , dan lain-lain. Sensor ini bekerja dengan cara menerima perubahan nilai resistansi (analog) bila terkena gas. Sensor ini memiliki daya tahan yang baik untuk penggunaan penanda bahaya polusi karena praktis dan tidak memakan daya yang besar. Penyesuaian sensitivitas sensor ditentukan oleh nilai resistansi dari MQ-135 yang berbeda-beda untuk berbagai konsentrasi gas-gas (Rochmania *et al.*, 2021). Sensor MQ-135 ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** Sensor MQ-135 (a) Bagian Depan (b) Bagian Belakang

Adapun spesifikasi sensor MQ-135 ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

**Tabel 2.5** Spesifikasi Sensor MQ-135

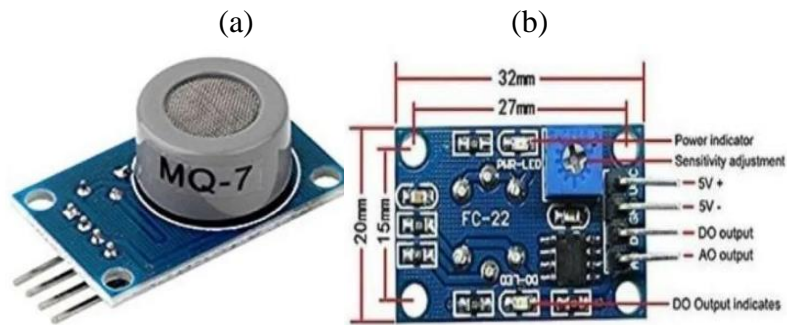
Parameter	Kondisi Teknis	Keterangan
<i>Circuit Voltage</i>	5V $\pm$ 0.1	Ac atau DC
<i>Heating Voltage</i>	5V $\pm$ 0.1	AC atau DC
<i>Load Resistance</i>	Bisa menyesuaikan	-
<i>Heater Resistance</i>	33 $\Omega$ $\pm$ 5%	Suhu Ruangan
<i>Heating consumption</i>	<500 mW	-
Jangkauan	10-300 ppm ammonia	
Pengukuran	10-1000 ppm benzol	
	10-300 ppm alcohol	

Karakteristik dari jenis sensor ini adalah jika dalam posisi bekerja mendeteksi suhu gas, maka tegangan sensor akan turun.

## 2.9 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas karbon monoksida yang berfungsi untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida, sensor MQ-7 memiliki sensitivitas

tinggi dan respon cepat terhadap gas karbon monoksida dan keluaran dari sensor MQ-7 berupa sinyal analog dan membutuhkan tegangan DC sebesar 5 volt (Manurung *et al.*, 2018) . Sensor MQ-7 ditunjukkan pada **Gambar 2.7**



**Gambar 2.7** Sensor MQ-7 (a) Bagian Depan (b) Bagian Belakang

Adapun spesifikasi dari alat sensor MQ-7 ditunjukkan pada **Tabel 2.6**

**Tabel 2.6** Spesifikasi Sensor MQ-7

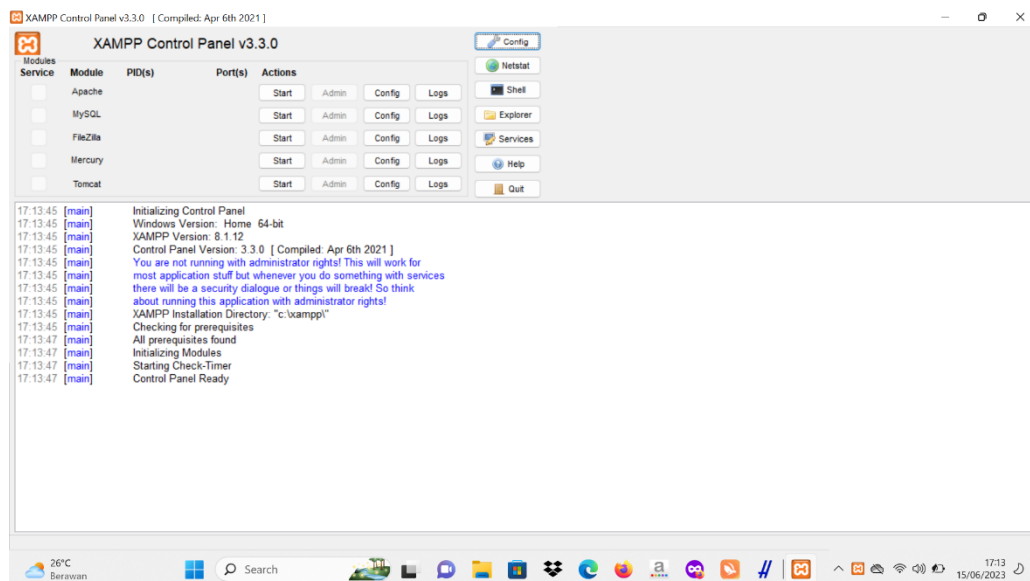
Parameter	Kondisi Teknis
Vc/(Tegangan Rangkaian)	$5V \pm 0.1$
VH (H)/Tegangan pemanas (Tinggi)	$1.4V \pm 0.1$
VH (L)/ Tegangan pemanas (Rendah)	$1.4V \pm 0.1$
RL/Resistansi Beban	Dapat disesuaikan
RH/Resistansi Pemanas	$33 \Omega \pm 5\%$
TH (H)/Waktu pemanas (Tinggi)	60 1 seconds
TH (H)/Waktu pemanas (Rendah)	90 1 seconds
PH Konsumsi pemanasan	Sekitar 250mW

Sensor MQ-7 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas karbon monoksida (CO) Sensor ini terdiri dari keramik 3 20A1, lapisan tipis SNO<sub>2</sub> , elektroda serta heater yang digabungkan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari plastik dan stainless. Fitur dari sensor gas MQ 7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO) dan stabil. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5VDC. (Prasetyo *et al.*, 2021). Nilai keluarannya berupa ppm yang kemudian akan di konversikan ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  sesuai dengan standar ISPU

## 2.10 Xampp

Xampp adalah sebuah perangkat software yang berfungsi untuk menjalankan website berbasis PHP dan menggunakan pengolah data *MySQL* di komputer atau laptop (Toar & Alamsyah, 2022). Penggunaan XAMPP dirasa mampu menghemat anggaran karena dapat menggantikan peran web hosting dengan cara menyimpan file website ke dalam *localhost* agar bisa dipanggil atau dihubungkan melalui browser (Nurdina *et al.*, 2022)

Xampp memiliki manfaat diantaranya mengkonfigurasi pengaturan database PhpMyAdmin, menjalankan framework PHP secara offline, melakukan proses install wordpress secara offline, melakukan pengujian fitur dan mengakses web tanpa internet, Adapun tampilan Xampp ditunjukkan pada **Gambar 2.8**



**Gambar 2.9** Tampilan Xampp

## 2.11 MySQL

*My Structure Query System Language (MySQL)* adalah salah satu perangkat lunak sistem manajemen basis data *Database management system* atau DBMS yang

menggunakan perintah standar *Structure Query System Language (SQL) MySQL* mampu untuk melakukan banyak perintah *query* dalam satu permintaan baik itu menerima dan mengirimkan data (Lawalata *et al.*, 2020). Database *MySQL* memiliki beberapa tabel yang digunakan untuk menyimpan berbagai data agar data tersebut tersusun dengan teratur (Ismail *et al.*, 2019)

*MySQL* memiliki beberapa kelebihan yaitu *open source* yang berarti software manajemen *database* ini digunakan secara gratis, keamanan terjamin karena *MySQL* ini dilengkapi dengan host dan *password* yang membuat data-data pengguna terlindungi, dan mendukung bahasa pemrograman yang lain seperti bahasa PHP, javascript dan lain-lain (Sitinjal *et al.*, 2020).

### **2.12 Hypertext Preprocessor (PHP)**

*Personal Hypertext Preprocessor (PHP)* adalah PHP merupakan Bahasa standar yang digunakan dalam dunia website dan bahasa program yang berbentuk skrip yang diletakkan di dalam server web (Toni *et al.*, 2021). Sebagai sebuah *scripting language*, PHP menjalankan instruksi pemrograman saat proses *runtime*, hasil dari instruksi tentu akan berbeda tergantung data yang diproses. PHP merupakan bahasa pemrograman *server-side*, maka *script* dari PHP nantinya akan diproses di *server*. Jenis *server* yang sering digunakan bersama dengan PHP antarlain *Apache*, *Nginx*, dan *LiteSpeed* (Rahmatuloh & Revanda, 2022).

### **2.13 Hypertext Markup Language (HTML)**

*Hypertext Markup Language (HTML)* adalah Bahasa pemformatan teks untuk dokumen dokumen pada jaringan komputer yang dikenal sebagai *Word Wide*

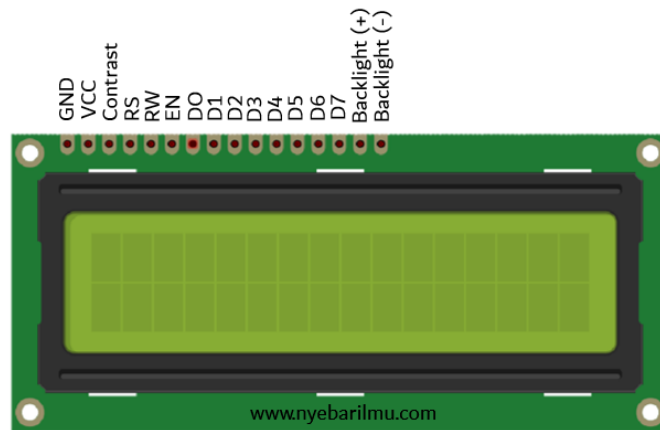
*Web* (WWW) (Maryani *et al.*, 2018). HTML biasanya digunakan untuk membuat halaman web dan dapat menampilkan beberapa jenis data dalam *web browser* seperti pada *google, mozilla firefox, opera, internet explorer* dan lain-lain (Mariko, 2019).

#### **2.14 Cascading Style Sheet (CSS)**

*Cascading Style Sheet* (CSS) adalah pada saat ini menjadi Bahasa standar dalam pembuatan web CSS di fungsikan sebagai pendukung dan pelengkap dari file HTML yang berperan sebagai penataan kerangka , layout, gambar, warna, tabel, spasi dan lain-lain (Manik *et al.*,2021). CSS digunakan bersama dengan bahasa markup, seperti HTML dan XML untuk membangun sebuah website yang menarik dan memiliki fungsi yang berjalan baik (Saputra & Astuti, 2018).

#### **2.15 LCD 20x4**

LCD yaitu sebagai output untuk menampilkan hasil data dari setiap percobaan yang disensor sekaligus untuk menampilkan data pemakaian minyak. Dalam rangkaian percobaan ini menggunakan layar LCD 20 x 4 berwarna biru). Liquid Crystal Display (LCD) Projector merupakan salah satu jenis proyektor yang digunakan untuk menampilkan video, gambar, atau data dari komputer pada sebuah layar atau permukaan datar seperti tembok dan sebagainya. LCD Projector pada saat ini dimanfaatkan sebagai perangkat bantu untuk melakukan presentasi pada kegiatan belajar mengajar, rapat, seminar, dan lain-lain. Penggunaan perangkat wireless audio video transmitter and receiver pada LCD projector memberikan solusi bagi keterbatasan panjang kabel yang digunakan untuk menghubungkannya dengan computer. LCD 20x4 beserta pin-pinya ditunjukkan pada **Gambar 2.9** (Nirwan and MS, 2020).



**Gambar 2.10** LCD 20x4

Adapun spesifikasi untuk LCD 20x4 ditunjukkan pada **Tabel 2.7**

**Tabel 2.7** Spesifikasi LCD 20x4

<b>Simbol</b>	<b>Fungsi Pin</b>
VSS	Ground LCD
VCC	Catu daya positif LCD
VEE	Mengatur kontras LCD
RS	Membaca karakter
EN	<i>Enable</i> LCD
D0-D3	Kombinasi Tingkat Rendah
D4-D7	Transfer data ke unit control
<i>Backlight (+)</i>	Catu daya positif LCD
<i>Backlight (-)</i>	Ground lampu LCD

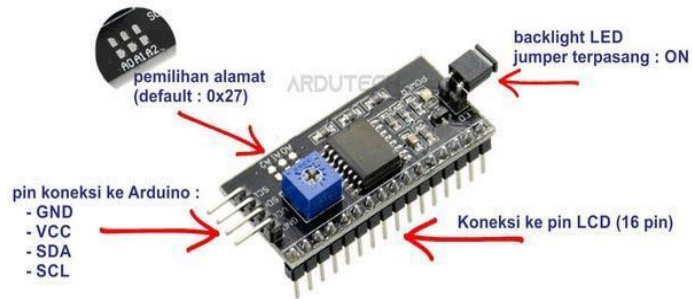
(Yusuf et al., 2020)

## 2.16 Module I2C

I2C merupakan standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran yang dapat mengirim maupun menerima data. System I2C terdiri dari saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan system I2C bus dapat dioperasikan sebagai piranti slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan



membentuk sinyal stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adalah piranti yang dialamati. *Module I2C* ditunjukkan pada **Gambar 2.10**



**Gambar 2.10** *Module I2C*

Adapun spesifikasi dari module I2C ditunjukkan pada **Tabel 2.8**

**Tabel 2.8** Spesifikasi I2C

Parameter	Kondisi Teknis
Tegangan Kerja	VCC, GND, DO, AO
<i>Device Address</i>	Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat dilengkapi trimpot pengatur lampu dan kontras layar hanya 4 pin untuk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND) 0 x 27 atau 0 x 3F Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4
Ukuran	41.5x19x15.3

(Natsir et al., 2019)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Juli 2023. Perancangan dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Elektronika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan alat untuk membuat sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.1**

**Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian**

No.	Nama Alat	Fungsi
1.	Laptop/Pc	Untuk membuat program menggunakan software Arduino IDE dan melihat website
2.	Multimeter	Untuk mengukur kesesuaian arus dan <i>voltase</i> pada rangkaian
3.	Protoboard	Untuk membuat simulasi rangkaian sebelum di solder
4.	Peralatan lainnya	Pendukung dalam pembuatan alat, seperti obeng, kabel USB, tang potong, gunting, dan lain lain

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Bahan-bahan Penelitian

No.	Nama Bahan	Fungsi
1.	Node MCU ESP32	Untuk menyambungkan ke user laptop terkoneksi ke internet WIFI
2.	Sensor MQ-135	Untuk mendeteksi nilai kadar gas karbon Dioksida ( $CO_2$ )
3.	Sensor MQ-7	Untuk mendeteksi nilai kadar gas karbon Monoksida ((CO))
4.	Jumper dan kabel	Untuk menghubungkan rangkaian
5.	<i>Protoboard</i>	Untuk membuat simulasi rangkaian sebelum di solder
6.	<i>Powerbank</i> (adaptor)	memberikan tegangan DC pada ESP32
7.	LCD 20x4	Untuk menampilkan data nilai keluaran pada layar monitor
8.	<i>Air Quality Monitor</i>	Alat standar untuk membandingkan kalibrasi
9.	Sensor DHT11	Mendeteksi suhu untuk mengkonversi ppm ke $\mu g/m^3$

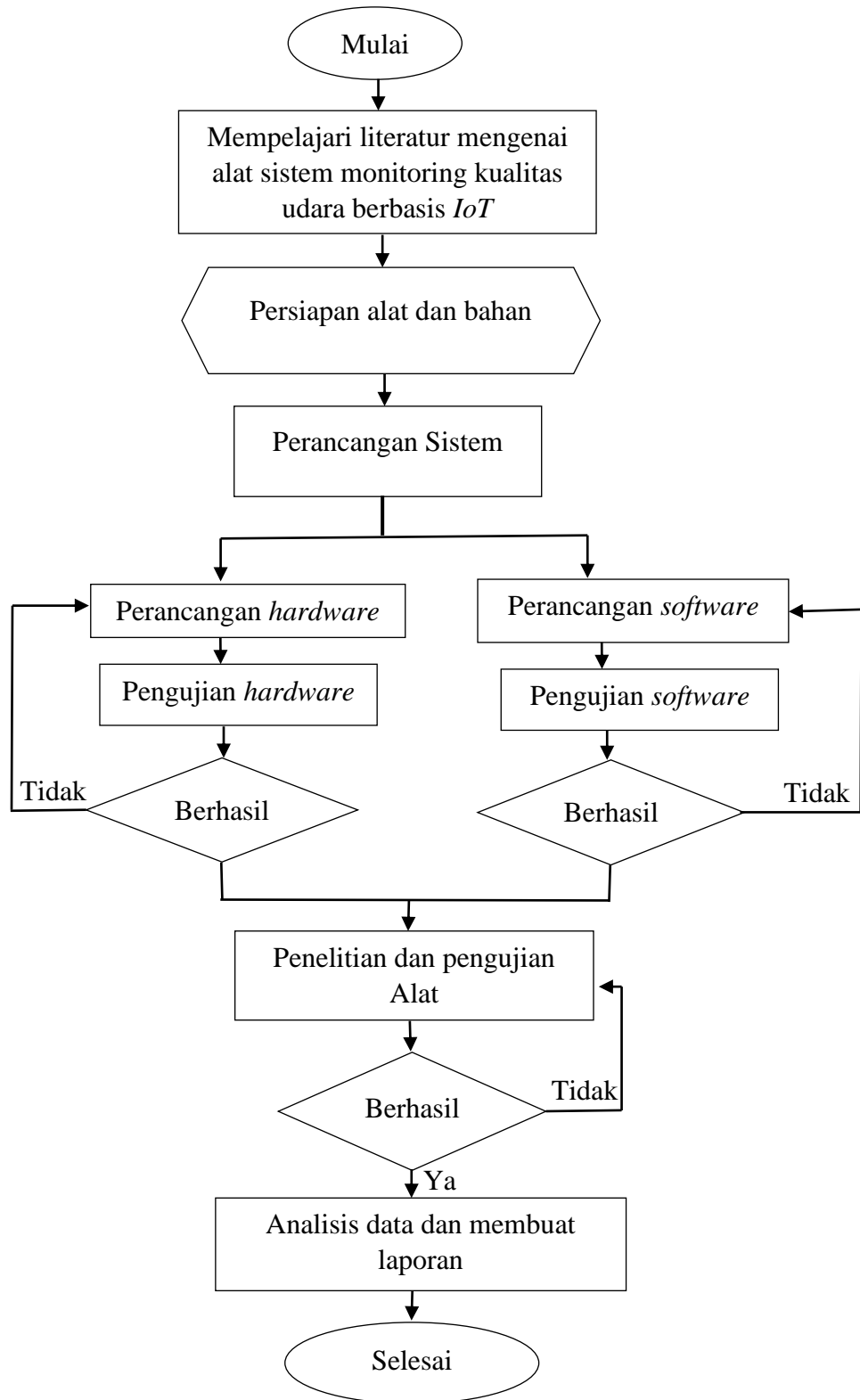
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3.3**

**Tabel 3.3** Perangkat lunak yang digunakan

No.	Nama Perangkat	Fungsi
1.	Arduino IDE	Untuk membuat dan mengupload program ke Node mcu ES32
2.	Xampp	Untuk membuat website
3.	<i>Visual Studio</i>	Untuk <i>text editor</i>
4.	<i>Sketchup</i>	Untuk buat gambar rangkaian.
5.	<i>Microsoft Word 2021</i>	Untuk Menulis laporan penelitian.
6.	<i>Microsoft Excel 2021</i>	Untuk menulis dan mengolah data penelitian.

### 3.3 Tahapan Penelitian

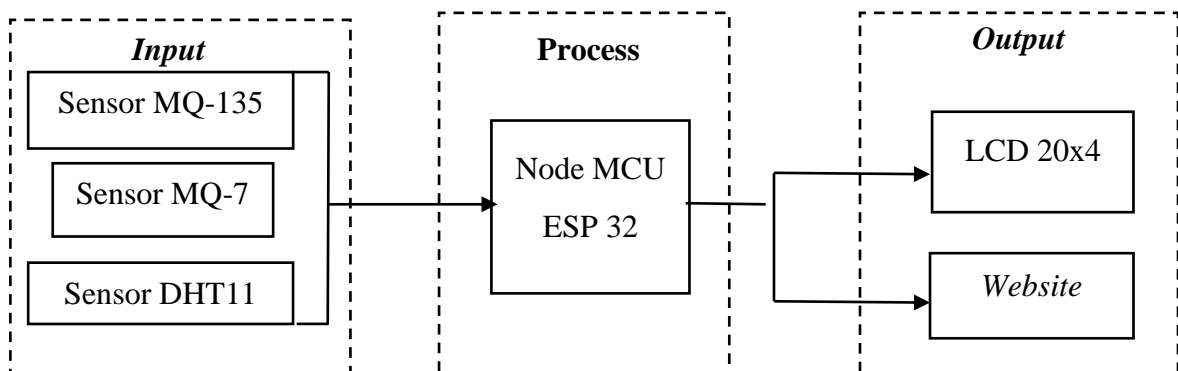
Dalam membuat perancangan alat sistem monitoring kualitas udara di Kawasan Provinsi Lampung berbasis *Internet of Things (IoT)* dalam beberapa tahapan dari pembuatan alat hingga pengujian alat. Secara keseluruhan perancangan ini dibagi dalam 4 tahapan. Tahapan-tahapan tersebut diantaranya adalah mencari literatur yang berkaitan dengan perancangan alat menggunakan NODEMCU ESP32, kemudian membuat perancangan sistem. Setelah itu, merancang skema dan membuat rangkaian (*hardware*), serta membuat program, membuat website (*software*). Pembuatan *hardware* dan *software* bertujuan untuk menghasilkan alat sistem monitoring kualitas udara menggunakan NODEMCU ESP32 berbasis *Internet of Things*. Adapun diagram alir penelitian sistem monitoring udara ditunjukkan pada **Gambar 3.1**



**Gambar 3.1** Diagram Alir

### 3.3.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras (*hardware*) pada alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things* ini menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai mikrokontroler untuk mengelola data dan mentransfer data, *power bank* sebagai sumber tegangan, sensor MQ7 untuk mendeteksi karbon monoksida (CO), sensor MQ-135 mendeteksi karbon dioksida ( $CO_2$ ), LCD sebagai penampil data, *website* sebagai penampil data secara *real time*. Adapun blok diagram perancangan sistem monitoring udara ditunjukkan **Gambar 3.2**

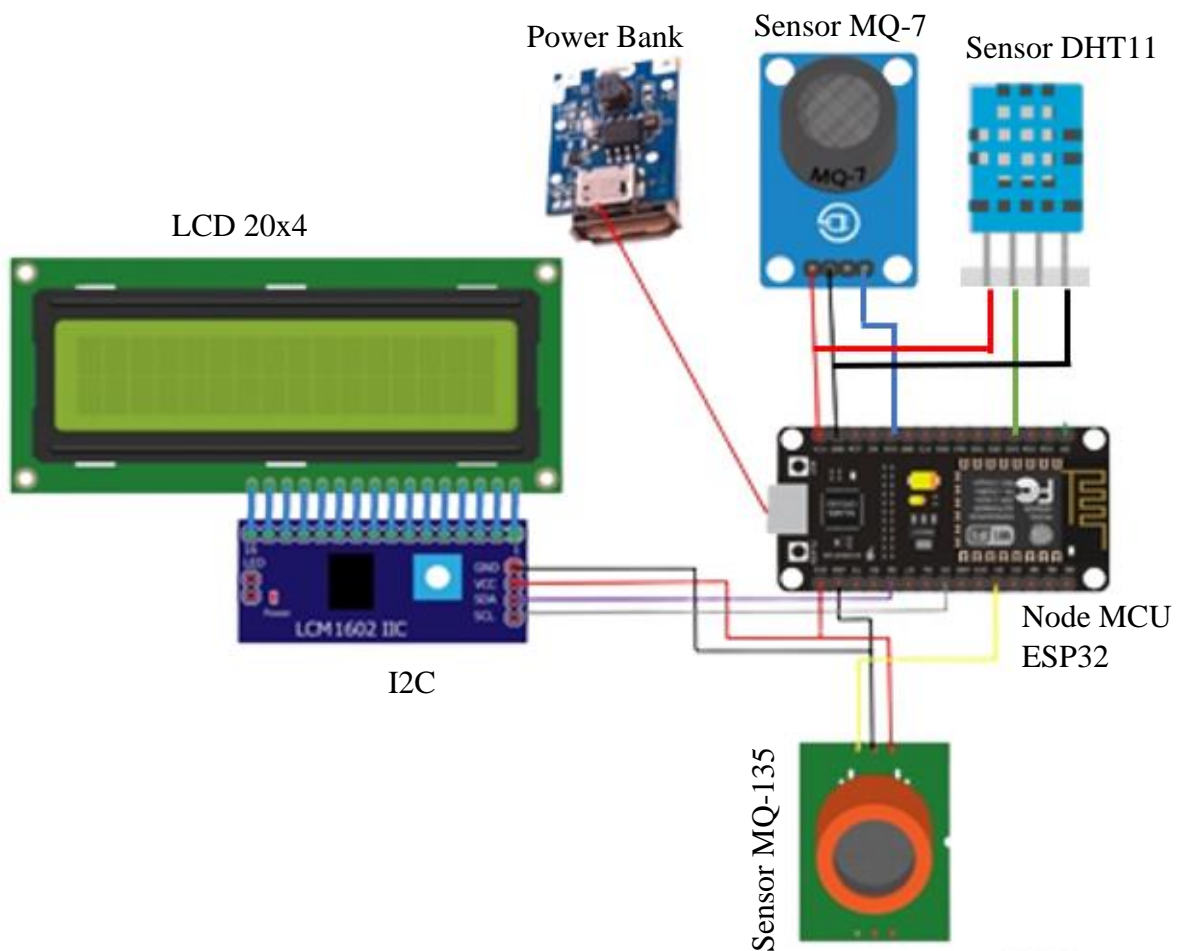


**Gambar 3.2** Blok Diagram Perancangan Sistem

Berdasarkan **Gambar 3.2**, *input* berupa sensor MQ-7, sensor MQ-135 dan Sensor DHT11 yang akan menerima data atau memasukkan data pengukuran, sensor akan mendeteksi kadar gas di udara gas CO, gas  $CO_2$  dan suhu kemudian data akan diteruskan ke bagian proses yaitu Node MCU ESP32 pada proses ini akan di kelola datanya dan akan di kirim ke bagian *output* yaitu LCD 20x4 dan *website* monitoring. Perlu diketahui bahwa *input* adalah setiap program akan meminta data yang diperlukan oleh user untuk memasukkan data atau perintah dari luar sistem ke dalam suatu memori dan prosesor untuk diolah guna menghasilkan informasi yang diperlukan, sedangkan output adalah mencetak atau menampilkan informasi data yang dihasilkan maka alat-alat yang berfungsi mengeluarkan data-data yang berbentuk informasi yang dibutuhkan (Akbar and Tedi, 2018).

### A. Rangkaian Alat Sistem Monitoring Kualitas Udara

Pada perancangan alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things* menggunakan mikrokontrolernya adalah Node MCU ESP32, *input* berupa tegangan masuk ke sensor MQ-7 dan sensor MQ-135. Lalu outputnya berupa data kualitas karbon dioksida dan karbon monoksida yang akan tampil pada LCD dan *website*. Rangkaian keseluruhan alat sistem monitoring kualitas udara ditunjukkan pada **Gambar 3.3**



**Gambar 3.3** Rangkaian Alat Sistem Monitoring Udara

Berdasarkan **Gambar 3.3** merupakan bentuk rangkaian alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things* (IoT) pada alat ini pertama menyambungkan *powerbank* ke node MCU ESP32 bertujuan sebagai sumber arus alat, Kemudian sensor MQ-7 berfungsi untuk mendeteksi gas karbon monoksida, terdapat 4 pin yaitu vcc, ground, A0, dan D0 maka vcc di hubungkan ke Vin ESP32, lalu ground dihubungkan ke ground ESP32, A0 dihubungkan ke GPIO34 ESP32. Kemudian sensor MQ-135 berfungsi mendeteksi gas karbon dioksida, terdapat 4 pin yaitu yaitu vcc, ground, A0, dan D0 maka vcc di hubungkan ke 5V ESP32, lalu ground dihubungkan ke ground ESP32, A0 dihubungkan ke GPIO35 ESP32. Kemudian Sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu yang befungsi mengubah ppm ke  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Kemudian LCD 20x4 with I2C berfungsi untuk menampilkan data, terdapat 4 pin yaitu vcc, ground, SDA, dan SCL maka vcc di hubungkan ke 5V ESP32, lalu ground dihubungkan ke ground ESP32, SDA dihubungkan ke GPIO21 ESP32, SCL dihubungkan ke GPIO22 ESP32, *website* akan menerima data dan akan menampilkan data secara *real time*. Pin komponen rangkaian sistem monitoring udara ditunjukkan pada **Tabel 3.4**

**Tabel 3.4** Pin Rangkaian Sistem Monitoring Udara

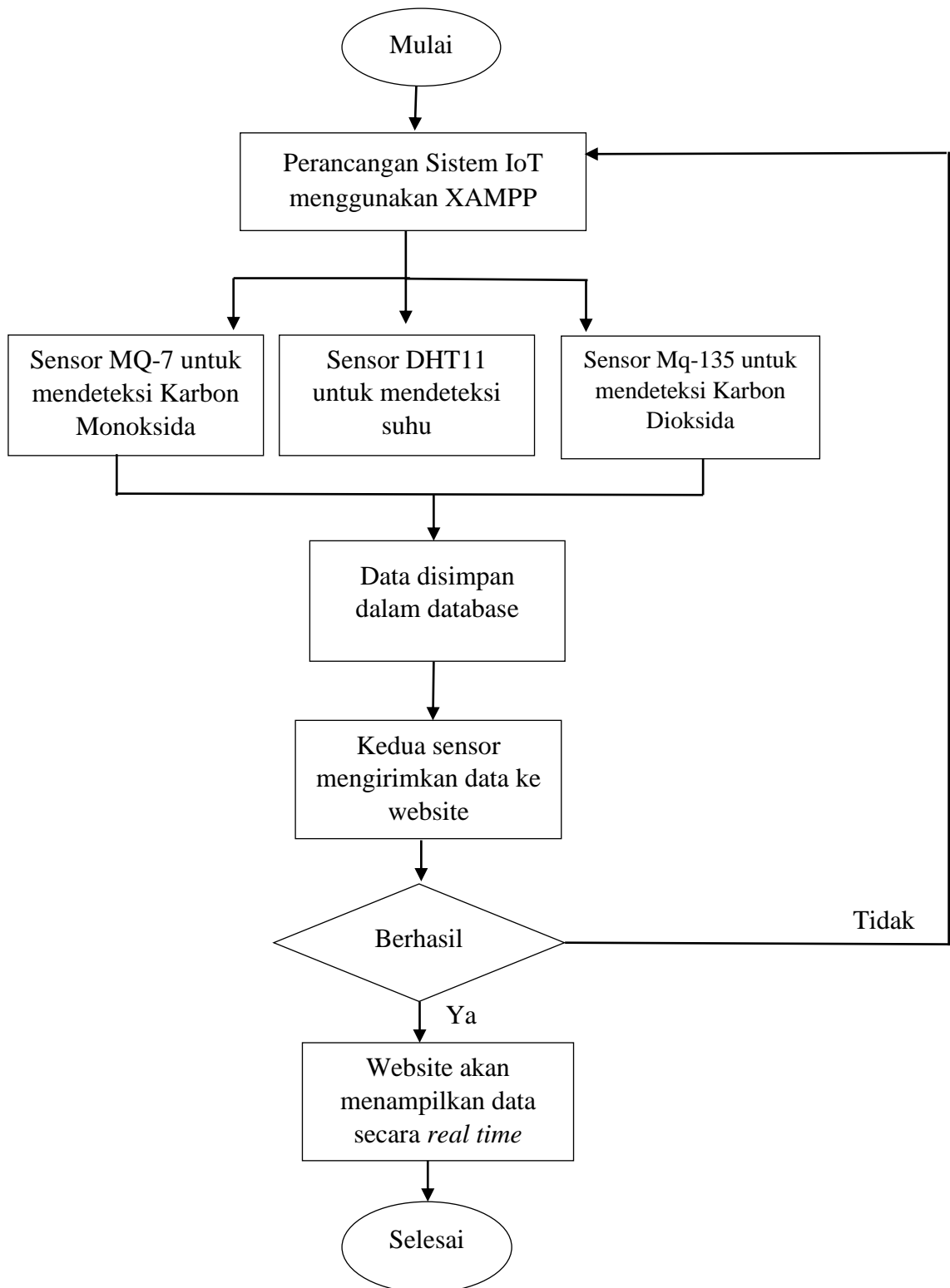
No	Pin ESP32	Pin Komponen
1.	GPIO34	Pin <i>input</i> sensor MQ-7
2.	GPIO35	Pin <i>input</i> sensor MQ-135
4.	GPIO21	Pin <i>output</i> SCL LCD I2C
5.	GPIO22	Pin <i>output</i> SDA LCD I2C
6.	GPIO26	Pin <i>input</i> sensor DHT11

### 3.3.2 Perancangan Perangkat Lunak *Software*

Perancangan perangkat lunak (*software*) pada alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *internet of things* menggunakan *website*, supaya mempermudah memantau dari jarak jauh dan hasil yang didapatkan bisa *real time*. Dalam merancang sistem *website* monitoring menggunakan HTML, CSS, dan java script sebagai pembuatan kerangka awal pada *website*, kemudian datanya yang telah diukur oleh alat akan



diteruskan ke *database* menggunakan aplikasi *software* XAMPP yang telah tersambung dengan *MySQL* kemudian akan dikelola dan menggunakan *platform online* sebagai wadahnya dengan PHPMyAdmin. Diagram alir sistem *software* ditunjukkan pada **Gambar 3.4**

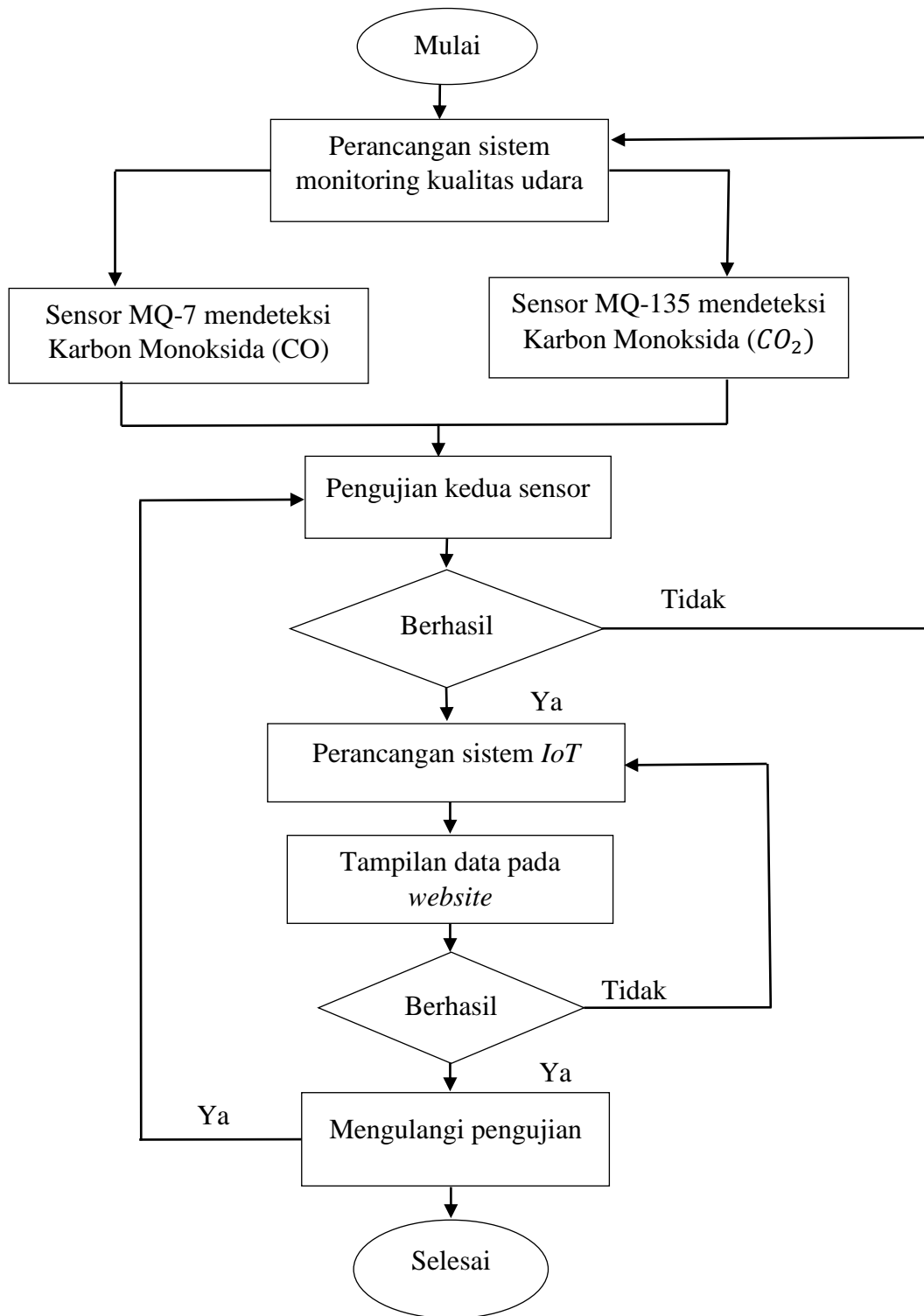


**Gambar 3.4** Diagram Alir *software*

Berdasarkan diagram alir sistem *software* pada **Gambar 3.4** , pertama sensor MQ-7 akan mendeteksi karbon monoksida, sensor MQ-135 akan mendeteksi karbon dioksida, sensor DHT11 untuk mendeteksi suhu pada lokasi kawasan industri Great Giant Pineapple (Lampung Tengah) dan Kawasan Pelabuhan Bakauheni (Lampung Selatan). Selanjutnya semua data yang di dapat dari kedua sensor akan tersimpan di database dan system akan langsung menentukan kualitas udara pada kawasan baik atau buruk sesuai dengan tingkat kualitas udara standar Nasional setelah itu semua data-data akan ditampilkan ke website.

### **3.3.3 Perancangan Keseluruhan Alat Sistem Monitoring Udara**

Adapun perancangan keseluruhan perangkat sistem monitoring kualitas udara dengan keluaran tampilan pada monitor yaitu *website*. Perancangan ini dibuat melalui beberapa tahapan sebagai penyusun alur pembuatan yaitu dengan menggunakan diagram alir. Diagram alir Perancangan keseluruhan perangkat lunak ditunjukkan pada **Gambar 3.4**



**Gambar 3.4** Diagram Alir Keseluruhan Alat Monitoring Udara

### 3.3.4 Tahapan Pengujian

Pada tahapan pengujian sistem monitoring kualitas udara dilakukan untuk mengetahui kinerja dari alat yang dirancang secara menyeluruh. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak. Pada perangkat keras dilakukan pengujian pada setiap komponen yang digunakan untuk mengetahui kemampuan dari komponen tersebut untuk menjalankan fungsinya. Pengujian pada perangkat lunak dilakukan guna mengetahui kinerja alat dengan pemrograman yang diintelasikan pada alat tersebut. Pengujian alat ini dilakukan dengan dua tempat berbeda di Kawasan Provinsi Lampung yaitu pada kawasan industri Great Giant Pineapple (Lampung tengah) dan Kawasan Pelabuhan Bakauheni (Lampung Selatan). Pengujian alat ini dilakukan pada setiap satu hari satu Kawasan industri yang akan dipantau oleh alat sistem monitoring kualitas udara berbasis *Internet of Things (IoT)* dari pagi hingga sore. Pada pengujian alat ini menggunakan dua kondisi yaitu pengujian kalibrasi sensor dan pengujian sensor. Pada pengujian sensor untuk komponen sensor MQ-7 (Mendeteksi kadar kualitas karbon dioksida), sensor MQ-135 (Mendeteksi kadar kualitas karbon monoksida) dilakukan pengujian masing-masing pada komponen. Data terukur terhadap kondisi kualitas udara akan tampil pada system monitor LCD dan website.

Pertama melakukan kalibrasi sensor yang dilakukan pada ruang terbuka dengan tujuan memperoleh nilai akurasi dan *error* dari alat yang dibuat kemudian membandingkan hasilnya dengan alat standar. Pada tahap pengujian ini dilakukan mengkonversi nilai analog sensor MQ-7 dan sensor MQ-135 ke bentuk satuan  $\mu g/m^3$  pada gas CO dan  $CO_2$  menggunakan perhitungan persamaan regresi nilai analog yang sesuai dengan standar Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU). Berikut tampilan tabel pengujian dan kalibrasi sensor

**Tabel 3.5** Pengujian dan kalibrasi sensor MQ-7

No.	Sensor MQ-135 (ppm)	Alat Standar (ppm)	Nilai Akurasi (%)	Nilai Error (%)
1				
2				
3				
Dst				

**Tabel 3.6** Pengujian dan kalibrasi sensor MQ-135

No.	Sensor MQ-7 (ppm)	Alat Standar (ppm)	Nilai Akurasi (%)	Nilai Error (%)
1				
2				
3				
Dst				

Pada saat proses pengkalibrasian sensor untuk menunjukkan nilai yang baik kemudian dilakukan mengkonversi nilai. Satuan yang digunakan dalam perhitungan ISPU adalah  $Ug/m^3$ , sedangkan untuk konsentrasi instrument CO CO<sub>2</sub> dalam PPM sehingga data tersebut harus dikonversikan, Adapun persamaan untuk mengkonversi berikut.

$$\mu g / m^3 = \frac{ppm \times MW \times P}{0,0821 \times suhu} \quad (3.1)$$

dimana nilai ppm adalah konsentrasi gas dalam satuan ppm, MW adalah berat molekul gas dalam satuan gram per mol (gas CO<sub>2</sub> = 44,01 g/mol dan CO =28,0 g/mol), P adalah nilai tekanan pada kondisi standar dalam satuan atm, 8,314 adalah konstanta gas ideal dan suhu dalam satuan K (Kurniawan, 2018).

Adapun nilai *akurasi* dan *error* diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Akurasi \quad (\%) \quad = \left( 1 - \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \right) \times 100\% \quad (3.2)$$

$$Error \quad (\%) \quad = \left| \frac{Y - X_n}{Y} \right| \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan nilai Y adalah nilai parameter Referensi atau standar ,  $X_n$  adalah nilai parameter terukur (ke-n pada sensor),  $\bar{x}_n$  adalah Nilai rata rata keseluruhan n parameter pada sensor (Arkundato. A, 2018).

Setelah sensor bekerja dengan baik selanjutnya pengambilan data monitoring pada (CO) dan ( $CO_2$ ) ini merupakan bentuk dari realisasi alat sistem monitoring kualitas udara. Data pengamatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini adalah sebagai berikut.

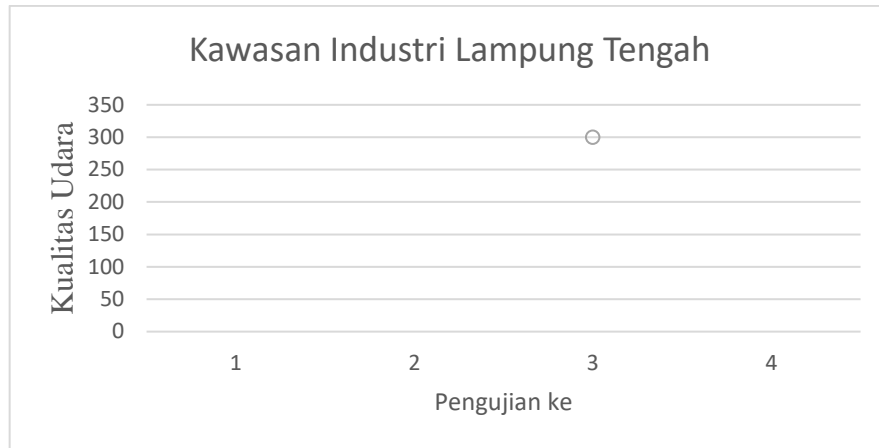
**Tabel 3.7** Data Pengukuran Kadar Udara di Kawasan Industri Lampung Tengah

Pengujian Ke	Data Monitoring		Rata - Rata	Indeks
	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
1				
2				
3				
4				
5				

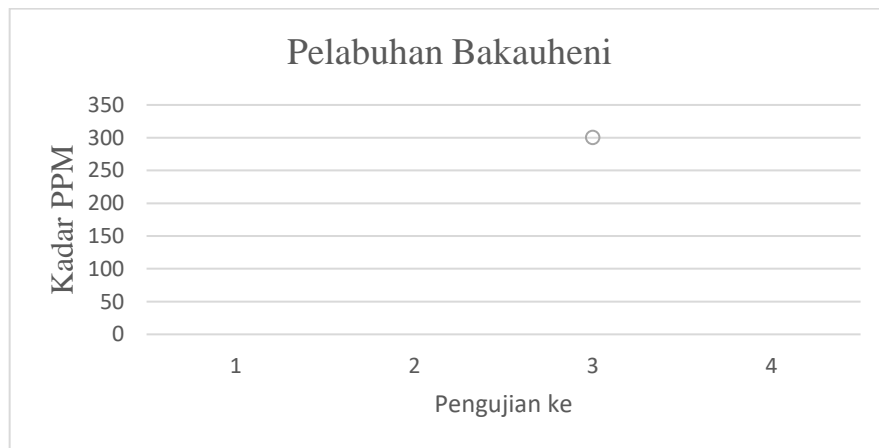
**Tabel 3.8** Data Pengukuran Kadar Udara di Pelabuhan Bakauheni

Pengujian Ke	Data Monitoring		Rata – Rata	Indeks
	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
1				
2				
3				
4				
5				

Berdasarkan data dari hasil pengujian maka mendapatkan hasil grafik pengujian masing masing sensor yang dapat dilihat sebagai berikut.



**Gambar 3.6** Grafik Kualitas Udara Kawasan Industri Lampung Tengah

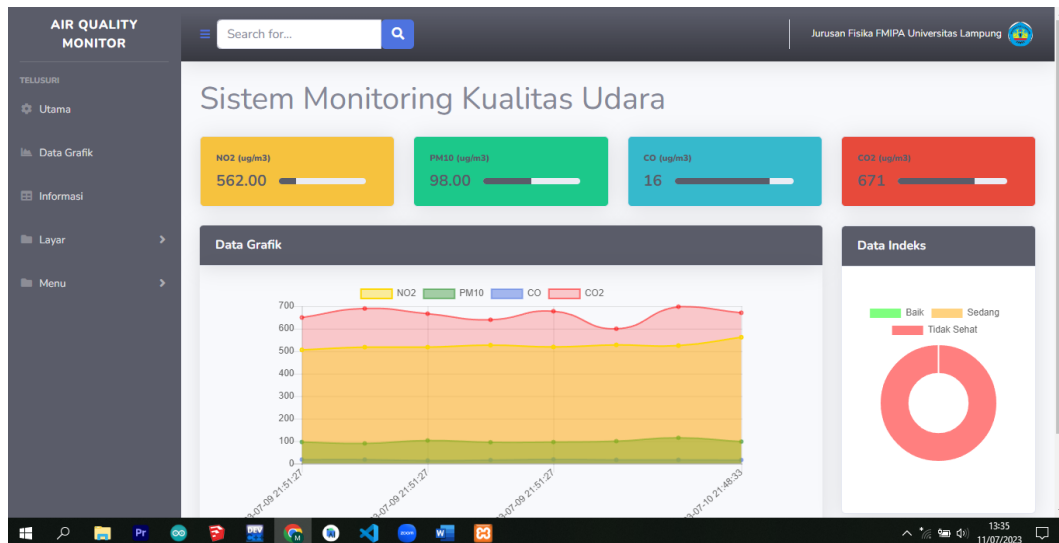


**Gambar 3.7** Grafik Kualitas Udara Pelabuhan Bakauheni

### 3.3.5 Monitoring Sistem Kualitas Udara Berbasis *Internet of Things (IoT)*

Setelah dilakukan percobaan pengambilan data selanjutnya memonitoring kualitas udara. Monitoring kualitas udara pada Kawasan Provinsi Lampung dilakukan dengan berbasis *Internet of things (IoT)*, dengan membuat website monitoring data ditampilkan secara *realtime* di dalam *website*. Berikut tampilan *website* monitoring kualitas udara ditunjukkan pada **Gambar 3.8**





**Gambar 3.8** Sistem Monitoring Berbasis *IoT* Menggunakan *website*

Pada **Gambar 3.8** website dibuat dengan menggunakan aplikasi software XAMPP adalah salah satu bagian dari sistem *Internet of Things*, pada saat pembuatan sistem monitoring kualitas udara dengan menggunakan XAMPP dengan merancang perencanaan sistem website monitoring menggunakan HTML, CSS dan Java script sebagai Pembuatan awal kerangka *website*, Kemudian untuk penyimpanan *database* sistem atau pengolahan data sistem yang telah diukur oleh alat dengan menggunakan *MySQL* yang sudah tersambung oleh software XAMPP, kemudian akan diakses dengan PHPMyadmin, pemrograman menggunakan *text editor* berupa *visual studio code*. Kemudian akan tampil berupa data *card* berupa angka hasil pengukuran dalam satuan  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , data grafik yang berupa grafik yang berisi hasil dari 4 parameter gas beserta tanggal, dan data *pie chard* berfungsi menampilkan indeks kualitas udara pada suatu kawasan dengan 3 indikator yaitu “Baik” jika nilai pengukuran berada pada indeks ISPU sebesar 0-50, “Sedang” jika nilai pengukuran berada pada indeks ISPU 51-100, “Tidak Sehat” jika nilai pengukuran berada pada indeks ISPU lebih dari 101-300

## V. SIMPULAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengukuran sistem monitoring kualitas udara pada gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) berbasis *Internet of Things* terdapat kesimpulan yaitu sebagai berikut.

1. Sistem monitoring kualitas udara pada gas pada gas Karbon Monoksida (CO) di dapatkan hasil nilai rata-rata *akurasi* yaitu 96,05% dan nilai rata-rata *error* 3,52%. Untuk Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) didapatkan hasil nilai rata-rata *akurasi* yaitu 9,86% dan nilai rata-rata *error* yaitu 3,14%. Untuk sensor DHT11 didapatkan hasil nilai rata-rata *akurasi* yaitu 99,94% dan nilai rata-rata *error* yaitu 0,06%. Untuk sistem monitoringnya mampu membaca hasil pengukuran kualitas udara ke dalam *website*, sistem *monitoring* dengan rata-rata pengiriman dan waktu penerimaan adalah 1,93 detik.
2. Berdasarkan hasil data monitoring yang telah dilakukan didapatkan pada lokasi kawasan industri Lampung Tengah “Sangat tidak sehat” dengan ISPU jika lebih dari 201, di dapatkan nilai ISPU rata-ratanya yaitu 220 dan Pelabuhan Bakauheni kualitas udara dalam kategori “Tidak sehat” dengan ISPU jika lebih dari 101-200, di dapatkan nilai ISPU rata-ratanya yaitu 200.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengukuran sistem monitoring kualitas udara pada gas Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) berbasis *Internet of Things* terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan arahan untuk penelitian lebih lanjut yaitu sebagai berikut.

1. Untuk sistem monitoring, disarankan menggunakan hosting yang lebih optimal agar dapat menampung lebih banyak data dengan efisien.
2. Himbauan untuk masyarakat yang melalui daerah kawasan industri Lampung Tengah dan Pelabuhan Bakauheni yang berkendara motor maupun pejalan kaki diwajibkan menggunakan masker untuk mencegah bahaya dari kualitas udara yang tidak baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina Rahmawati, L., & Haryono, E. 2012. Studi Optimalisasi Sequestrasi Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) Berbasis Rumah Tangga. *Journal Ilmu Lingkungan*, Vol. 26 . No. 1. Hal. 59–79.
- Andrian, R. 2015. Pengaruh Paparan Karbon Terhadap Daya Konduksi Trakea. *Jurnal Kedokteran Universitas Indonesia*. Vol. 4. No. 8. Hal. 24-30.
- Anggreani, P. D., Mahmudati, N., & Hudha, A. M. 2022. Analisis Serapan Karbon Dioksida Pada Hutan Lindung Gunung Banyak Kota Batu. *Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Malang*. Vol. 1. No. 2. Hal. 275-282.
- Apri, J. 2015. *Internet Of Things*, Sejarah, Teknologi dan penerapannya : Review. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*. Vol. 1 No. 3. Hal. 62-66.
- Apriawati, E., Abadi Kiswandono, A., Terusan Nunyai Jl Negara km, S. I., & Agung. 2017. Kajian Indeks Standar Polusi Udara (ISPU) Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ) Di Tiga Lokasi Di Bandar Lampung . *Jurnal Analytical and Environmental Chemistry*. Vol. 2. No. 1. Hal. 36-43.
- Arkundato. A. 2018. *Pengukuran dan Ketidakpastian Modul Fisika*. Universitas Terbuka. Jakarta.
- Artono, B., & Putra, R. G. (2019). Penerapan Internet Of Things (IoT) Untuk Kontrol Lampu Menggunakan Arduino Berbasis Web. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*. Vol 5. No. 1. Hal. 9–16.
- Astuti, I. A., & Firdaus, T. 2017. Analisis Kandungan ( $CO_2$ ) dengan Sensor dan Berbasis *Logger Pro* di Daerah Yogyakarta. *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah*. Vol.1. No. 1. Hal. 5-8.
- Damara, D. Y., Wardhana, I. W., & Sutrisno, E. (2017). Analisis Dampak Kualitas Udara Karbon Monoksida (CO). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 6. No. 1. Hal. 87-100.

- Febrianti, F., Wibowo, S. A., & Vendyansyah. N. 2021. Implementasi IoT (*internet of things*) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelolaan Air Bersih Skala Kecil. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*. Vol. 5. No. 1. Hal. 171-178.
- Hariyanto, H., Lubis, S. A., & Sitorus, Z. 2017. Perancangan Prototipe Helm Pengukur Kualitas Udara. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*. Vol. 1 No. 1. Hal. 145-148.
- Hasairin, S., & Siregar, R. 2018. Deteksi Kandungan Gas Karbon Monoksida CO Hubungan dengan Kepadatan Lalu Lintas di Medan Sunggal Kota Medan. *Jurnal Biosains*. Vol. 4. No. 1. Hal. 63-68.
- Hermawan, A., Hananto, M., Lasut, D., Penelitian, P. P., Pengembangan, D., Daya, S., Kesehatan, P., Upaya, P., & Masyarakat, K. (2021). Increasing Air Pollution Index and Respiratory Problems in Pekanbaru. *Sumber Daya*. Vol 4. No 2. Hal. 20–31.
- Humairoh, G. P., & Putra, R. D. E. 2022. Protipe Pengendalian Kualitas Udara Indoor Menggunakan Mikrokontroler dengan Sensor MQ135, DHT-22 dan Filter HEPA. *Jurnal Teknisk Lingkungan*. Vol. 2. No. 1. Hal. 24-32.
- Imran, A., & Rasul, M. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. *Jurnal Media Elektrik*. Vol.17. No.2. Hal. 73-79.
- Ismail, A. N., Sumaryono, F., Nuryana, & Kurniawan, T. 2019. Perancangan Website Data Karyawan dengan Menggunakan PHP dan *MySQL*. *Jurnal Sistem Basis Data*. Vol.4. No.2. Hal. 8-15.
- Junaedy., Sajjah., Azzahra, Z., & Idaryani. 2022. Rancang Bangun Alat Kontroling Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO dan CO2 Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknologi Komputer*. Vol. 2. No. 2. Hal. 216-22.
- Kurniawan, A. 2018. Pengukuran Parameter Kualitas udara (CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> dan PM10) Di Bukit Kota Agung Berbasis ISPU. *Jurnal Teknosains*. Vol.7. No.1. Hal. 1-13.
- Lawalata, I. F., Wibowo, A., and Setiawan, A. 2020. Perancangan dan Pembuatan Website Pada Komunitas Discerning. *Jurnal Universitas Kristen Petra*. Vol. 3. No. 1. Hal. 10-18.
- Manik, D. H., Nandika, R., & Gunoto, P. 2021. Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler dan Website. *Jurnal Teknik elektro*. Vol. 4. No. 2. Hal. 255-261.
- Manurung, M. BR., Darmawan. D., Iskandar, R. F. 2018. Perancangan Alat Ukur Karbon Monoksida (CO) Pada Kendaraan Berbasis Sensor MQ-7. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*. Vol. 5. No. 2. Hal. 1-9.

- Mariko, S. 2019. Aplikasi Website Berbasis HTML dan Javascript Untuk Menyelesaikan Fungsi Integral Pada Mata Kuliah Kalkulus. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*. Vol. 6. No. 1. Hal. 80-91.
- Maryani, I., Ishaq, A., and Mulyadi, D.S. 2018. Sistem Informasi Pemesanan Minuman Berbasis *Client Server* Pada Kampung Dahar Purwokerto. *Jurnal Evolusi*. Vol. 6. No. 2. Hal. 1-7.
- Musthofa, R. K. A., Amron, K., & Kurniawan, W. 2017. Purwarupa Sistem Pengambilan dan Pengolahan Data Kandungan Gas Karbon Monoksida di Udara Menggunakan Raspberry dan Sensor MQ-7. *Jurnal Teknologi informasi dan Ilmu Komputer*. Vol. 4. No. 1. Hal. 19-25.
- Mutamirah, S., & Sunu, B. 2019. Kemampuan Alat Penyaring Udara Dengan Media Pelepah Pisah dan Zeolite Untuk Menurunkan Kadar Karbon Monoksida (CO) di Udara. *Jurnal Media Komunikasi Sitivitas Akademika dan Masyarakat*. Vol. 19. No. 1. Hal.137-143.
- Muzawi, R., & Kurniawan, W. J. (2018). Penerapan Internet of Things (IoT) Pada Sistem Kendali Lampu Berbasis Mobile. *Jurnal Sistem Komputer Dan Informatika*. Vol 2. No 1. Hal. 20–38.
- Natsir, M., Bayu Rendra, D., & Derby Yudha Anggara, A. (2019). Implementasi IoT Untuk Sistem Kendali Otomatis Pada ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal Prosisko* . Vol 6. No. 1. Hal. 10–18.
- Nirwan, S., and MS, H. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis PZEM-004T. *Teknik Informatika*. Vol 12. No 2. Hal. 22–28.
- Nurdin, A. K., Sasmito, A. P., & Vendyansyah, N. 2022. Penerapan Internet Of Things (IoT) Monitoring dan Controlling Perawatan Anakan Ikan Koi Berbasis Website. *Jurnal Teknik Informatika*. Vol. 6. No. 2. Hal. 8-16.
- Prasetyo, D., Nurrul Adzilla, W., & Saragih, Y. (2021). Implementasi Pemantauan Kualitas Udara dengan Menggunakan MQ-7 dan MQ-131 Berbasis Internet of Things. *Journal of Electrical Technology* . Vol. 6. No 1. Hal. 1-12.
- Rochmania, A., Sucahyo, I., Yanti Dewi, M. 2021. Monitoring kandungan CO2 Di Udara Berbasis IoT Dengan NodeMCU ESP8266 dan Sensor MQ135. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. Vol. 17. No. 3. Hal. 249-259.
- Salman & Amirah. 2022. Rancang Bangun Alat *Monitoring* Kualitas Udara Pada Kawasan Industri Berbasis *Internet of Things* (IoT). *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*. Vol.11. No.1. Hal. 143-152.
- Saputra, A., & Astuti, Y. 2018. Analisis Pengaruh Struktur HTML Terhadap Rangkaian *Search Engine Result Page*. *Jurnal Mantik Penusa*. Vol. 2. No. 2. Hal 34-39.

- Sitinjak, D. D. J. T., Maman., & Suwita, J. 2020. Analisa Perancangan Sistem Informasi Administrasi Kursus Bahasa Inggris Pada Intensive English Course di Ciledug Tangerang. *Jurnal IPSIKOM*. Vol. 8. No. 1. Hal. 141-160.
- Suryati, I., Siburian, J. H., Daulay, A. R., & Indrawan, I. 2021. Analisis Konsentrasi CO (Karbon Monoksida) Udara Ambien Dari Sumber Kendaraan Bermotor Dengan Menggunakan Model Meti-Lis di Kawasan Balai Kota Medan. *Jurnal Sains dan Teknologi Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*. Vol. 21. No. 2. Hal 339-351.
- Syaifulloh, M. M. 2021. Prediksi Standar Pencemaran Udara di Kota Surabaya Berdasarkan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida. *Jurnal of probality and Statistics*. Vol. 2. No. 2. Hal. 10-20.
- Syamsiah, N., & Wahyuni, S. 2021. Pencemaran Udara Dalam Ruangan (Karbon Dioksida dan total Senyawa Organik Volatile) Serta Gangguan Paru Pada Siswa SD di Depok. *Jurnal JOUBAHS*. Vol. 1. No. 2. Hal. 127-140.
- Tunggul, A. S., Anugroho, F., & Ramadhina, P. G. (2020). 34 Sutanhaji Pemetaan Distribusi Emisi Gas Karbon Dioksida ( $CO_2$ ) dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Kota Blitar Mapping of the Distribution Carbon Dioxide ( $CO_2$ ) Emissions with Geographic Information System (GIS) in Blitar City. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, Vol 5. No. 3. Hal. 34-42.
- Toar, H., & Alamsyah, I. R. 2022. Pengelolaan Aset Bebas Website Pada sistem Pendeteksi Aset Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 6. No. 2. Hal 64-74
- Toni, N., Indrastanti, R., & Widiyanti. 2021. Perancangan Sistem Kontrol Keketuhan Air Berbasis Website Internet Of Things. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*. Vol. 8. No. 3. Hal. 1515-1528.
- Yusuf, A. I., Samsugi, S., & Trisnawati, F. (2020). Sistem Pengaman Pintu Otomatis dengan Mikrokontroler Arduino dan Module RF Remote *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik* . Vol. 1. No. 1. Hal. 123-130.
- Widodo, S., Amin, M. M., Sutrisman, A., & Putra, A. A. 2017. Rancang Bangun Alat Monitoring Kadar Udara Bersih dan Gas Berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, dan CH<sub>4</sub> di Dalam Ruangan Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Komputer*. Vol. 4. No. 2. Hal. 105-119.
- Widyatmika, P. A., Indrawati, P. W., Prastyana, W. W., Darminta, K., Sangka, G. N., & Sapteka, A. A. 2021. Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*. Vol.13. No.1. Hal. 319-330.