

**SKRIPSI**

**SISTEM *MONITORING* POLUSI UDARA ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) DI PLTD TELLO  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**Disusun dan diajukan oleh**

**WIMANJA KOMBONGAN SAMPERURA**

**H021 17 1511**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**SISTEM *MONITORING* POLUSI UDARA ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) DI PLTD TELLO  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**WIMANJA KOMBONGAN SAMPERURA**

**H021 17 1511**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SISTEM *MONITORING* POLUSI UDARA ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) DI PLTD TELLO  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

Disusun dan diajukan oleh :

**WIMANJA KOMBONGAN SAMPERURA  
H021 17 1511**

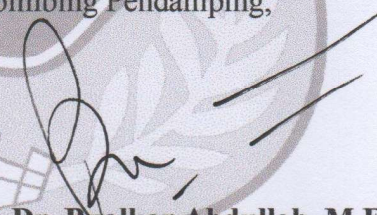
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 04 Juli 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
**Prof. Dr. Arifin, M.T.**  
NIP. 19670520 199403 1 002

  
**Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc.**  
NIP. 19550105 197802 1 001

Ketua Program Studi,

  
**Prof. Dr. Arifin, M.T.**  
NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Wimanja Kombongan Samperura  
NIM : H021 17 1511  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **Sistem *Monitoring* Polusi Udara ( $CO_2$ & $C_3H_8$ ) di PLTD Tello Berbasis *Internet Of Things***

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 07 Juli 2022

Yang Menyatakan,



**Wimanja Kombongan Samperura**

## ABSTRAK

*Monitoring* gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan propana ( $C_3H_8$ ) di sekitar Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dilakukan untuk mengetahui tingkat kandungan gas  $CO_2$  dan gas  $C_3H_8$  di lingkungan industri tersebut yang dapat menyebabkan polusi udara. Penelitian ini berfokus pada pembuatan prototipe sistem *monitoring* polusi udara gas  $CO_2$  dan gas  $C_3H_8$  di lingkungan sekitar PLTD Tello Makassar dengan melakukan pemantauan jarak jauh yang merupakan penerapan dari teknologi *Internet of Things (IoT)*. Sistem *monitoring* gas  $CO_2$  dan  $C_3H_8$  di lingkungan sekitar PLTD Tello Makassar dilakukan menggunakan sensor gas MQ-135 dan sensor MQ-6. Hasil pengukuran secara *real-time* oleh Arduino Uno kemudian terhubung dengan NodeMCU ESP8266 secara *nirkabel*. Data hasil pengukuran ditampilkan pada kolom *bot chat software* Telegram. Sensor MQ-135 memiliki besar kesalahan pengukuran yaitu 5,19% dengan koefisien korelasinya adalah 0,8972. Pada sensor MQ-6 memiliki besar kesalahan pengukuran yaitu 8,72% dengan koefisien korelasinya adalah 0,9491. Sistem *monitoring* dapat bekerja dengan baik secara *real-time* pada saat pengukuran polutan gas  $CO_2$  dan gas  $C_3H_8$ , di lingkungan sekitar PLTD Tello Makassar. Keunggulan pada penelitian ini adalah instrumen yang digunakan memiliki tingkat sensitivitas yang baik terhadap deteksi gas  $CO_2$  dan gas  $C_3H_8$ , mudah untuk digunakan, memiliki harga yang murah, dan penyajian data secara *real-time*.

**Kata kunci** : Polusi Udara, *Internet of Things*, Sensor MQ-6, Sensor MQ-135, Telegram.

## ABSTRACT

Monitoring of carbon dioxide ( $CO_2$ ) and propane ( $C_3H_8$ ) gases around Diesel Power Plant for carried out to determine the level of  $CO_2$  gas and  $C_3H_8$  gas content in the industrial environment that can cause air pollution. This research focuses on prototype the air pollution monitoring system of  $CO_2$  gas and  $C_3H_8$  gas in the environment around Diesel Power Plant Tello Makassar by conducted remote monitoring which is the application of *Internet of Things (IoT)* technology. The  $CO_2$  and  $C_3H_8$  gas monitoring system is the environment around Diesel Power Plant Tello Makassar was carried out using MQ-135 gas sensor and MQ-6 sensor. The real-time measurement results by Arduino Uno then connected with NodeMCU ESP8266 wirelessly. The measurement data is displayed in the chat bot column of Telegram software. The MQ-135 sensor has a large measurement error of 5.19% with correlation coefficient is 0.8972. The MQ-6 sensor has a large measurement error of 8.72% with a correlation coefficient of 0.9491. Monitoring system can work well in real-time when measured  $CO_2$  gas and  $C_3H_8$  gas pollutants, in the environment around Diesel Power Plant. Advantages of this study are that instruments used have a good level of sensitivity to the detection of  $CO_2$  gas and  $C_3H_8$  gas, are easy to use, have low price, and present data in real-time.

**Keywords** : Air Pollution, *Internet of Things*, MQ-6 Sensor, MQ-135 Sensor, Telegram.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur hanya kepada Allah Bapa, Anak, dan Roh Kudus atas anugerah-Nya saja dan kasih-Nya yang begitu besar hingga penulis dilayakan dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Sistem Monitoring Polusi Udara ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) Di PLTD Tello Berbasis *Internet of Things***” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana strata satu di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk kelanjutan penelitian kedepannya. Penyelesaian penulisan skripsi ini kiranya menjadi berkat bagi banyak orang. Penulis mendapat banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua tercinta penulis, **Phiter Samperura** dan **Bua' Yulita Lambe'**, serta saudara saudari penulis yaitu **Shela Prilianti Samperura**, **Yoseva Mega Septi Lambe'** dan **Mangadil Masmur Samperura** yang merupakan tempat penulis selalu mendapat dukungan yang tiada henti, semangat baru, dan motivasi yang besar. Penulis sangat bersyukur dan terima kasih untuk segala cinta kalian.
2. **Prof. Dr. Arifin, M.T** selaku Dosen Pembimbing Utama dan **Prof. Dr. Bualkar Abdullah, M.Eng.Sc** selaku Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktunya, tenaga, maupun pikiran dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis sangat berterima kasih dan mengagumi kedua orang tuaku dikampus, teruslah berkarya bagi bangsa.
3. **Prof. Dr. Arifin, M.T** selaku Ketua Departemen Fisika, **Bapak dan Ibu Dosen** Pengajar Departemen Fisika, **Staff dan Pegawai** Departemen Fisika, serta **Bapak dan Ibu** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang selalu membantu penulis dalam menjalankan hingga menyelesaikan penulisan skripsi ini.

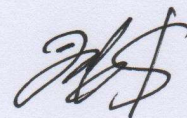
4. **Prof. Dr. Syamsir Dewang, M.Eng.Sc dan Dr. Ir. Dra. Bidayatul Arminah, M.T** selaku penguji. Terima kasih untuk saran dan masukan kepada penulis, teruslah berkarya.
5. **Teman-teman Fisika angkatan 2017**, penulis tidak akan melupakan kebersamaan dalam menuntut ilmu dan sampai jumpa di lain waktu.
6. **Anggota Lab. Elektronika dan Instrumentasi 2017**, Muqoil Darussalam, Fadlan Bahar, Oktaviani Rachel, Suci Mulianti Panga, Gita Iriandina, Fadillah, Sri Fatimah Azzahra, Puad Ary Prasetya, Evita Rdhiya Ramadhani, Trisna Elma Danti, Zhafaat, dan Ebiet Wanda Lestari. Terima kasih untuk kebersamaan dalam suka maupun duka, sampai jumpa di lain waktu dan salam sukses.
7. **Teman-teman dan kakak-kakak** yang telah memberikan masukan, komentar, dan arahan bagi penulis yaitu **kak Ida, kak Rana, dan Pak Syukur**.
8. **Sobat Mabar**, Fadlan Bahar dan Muhammad Zain. Terima kasih untuk kebersamaan dan tawa dalam melepas penat.
9. **Pengurus, Panitia, Anggota, dan Alumni PMKO Filadelfia MIPA\_Farmasi UNHAS**. Penulis sangat bersyukur kepada Tuhan Yesus Kristus untuk kebersamaan kalian dalam menjadikan penulis pribadi yang lebih baik dan teruslah menjadi berkat.
10. **Aron Wilyam Santo Mina, Cahyudi Gratio, Zakarias Maukari, Iwan Kurniawan, Maxi, dan Alexander Edward Poelinggomang** selaku anggota kelompok KTB EFRAIM yang selalu memberikan masukan, menjadi tempat berkeluh kesah, mendapatkan tawa, rekan pelayanan dalam suka dan duka. Terima kasih untuk kebersamaan dan pembelajaran kepada penulis, dalam Tuhan Yesus Kristus penulis sangat bersyukur dan bersukacita memiliki persahabatan ini.
11. **Rolando Gilsan Mokuna, Diki Mesakh Saputra, dan William Desmon Tonapa** selaku anggota kelompok KTB UNO. Penulis sangat bersyukur kepada Tuhan Yesus Kristus karena menghadirkan kalian dalam hidup penulis, teruslah bertumbuh dan menjadi berkat saudara-saudaraku.



12. **Marcylyna Echi, S.Si** selaku pendamping spesial penulis yang selalu menghibur dalam duka, menjadi tempat sandaran penulis dan bertukar pikiran serta dalam memberikan waktu, dukungan dan masukan kepada penulis selama proses hingga penulisan skripsi ini selesai. Penulis sangat bersyukur atas cinta tiada henti selama perjalanan penulis dan teruslah berkarya.
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis dapat sebutkan satu persatu, yang telah memberikan kontribusi hingga akhirnya skripsi ini selesai dengan baik.

Penulis menyadari selama proses menjalankan hingga selesainya penulisan skripsi ini terdapat berbagai keterbatasan yang ada. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas kekurangan yang ada. Akhir kata, semoga penyusunan Skripsi ini dapat memberikan banyak manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Makassar, 07 Juli 2022



**Wimanja Kombongan Samperura**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>xii</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 Polusi Udara.....	4
II.2 Pencemaran pada PLTD.....	4
II.3 Sensor Gas MQ-135.....	5
II.4 Sensor Gas MQ-6.....	5
II.5 Sensor Suhu LM35.....	6
II.6 Mikrokontroler Arduino Uno.....	7
II.7 Arduino IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> ).....	8
II.8 NodeMCU ESP8266 .....	8
II.9 <i>Buzzer</i> .....	9
II.10 Aplikasi Telegram.....	10
II.12 <i>Internet of Things (IoT)</i> .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>13</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13

III.2 Alat dan Bahan .....	13
III.3 Prosedur Penelitian .....	14
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
IV.1 Perancangan Perangkat Keras .....	19
IV.2 Perancangan Perangkat Lunak .....	20
IV.3 Kalibrasi Sensor.....	23
IV.4 Pengujian Sistem <i>Monitoring</i> Skala Lapangan .....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>46</b>
V.1 Kesimpulan .....	46
V.2 Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Sensor gas MQ-135.....	5
<b>Gambar 2.2</b> Sensor gas MQ-6.....	6
<b>Gambar 2.3</b> Sensor suhu LM35. ....	7
<b>Gambar 2.4</b> Mikrokontroler Arduino Uno.....	8
<b>Gambar 2.5</b> Tampilan Software Arduino IDE.....	8
<b>Gambar 2.6</b> NodeMCU ESP8266.....	9
<b>Gambar 2.7</b> Buzzer. ....	10
<b>Gambar 2.8</b> Tampilan aplikasi <i>telegram</i> .....	11
<b>Gambar 3.1</b> Diagram blok sistem monitoring polusi udara di PLTU.....	15
<b>Gambar 3.2</b> Rangkaian skematik utama sistem. ....	16
<b>Gambar 3.3</b> Diagram alir penelitian. ....	18
<b>Gambar 4.1</b> Rangkaian perangkat keras (a) Rangkaian pengirim data.....	19
<b>Gambar 4.2</b> Kata kunci “/help” pada kolom chat <i>BotFather</i> . ....	22
<b>Gambar 4.3</b> Pembuatan <i>bot</i> telegram baru “/newbot”. ....	22
<b>Gambar 4.4</b> Hasil pembuatan bot telegram. ....	22
<b>Gambar 4.5</b> Grafik uji sensor MQ-6 dengan dua keadaan. ....	24
<b>Gambar 4.6</b> Grafik perbandingan linearitas antara alat pembanding dan.....	26
<b>Gambar 4.7</b> Grafik pembacaan alat pembanding (PPM) dan pembacaan ..... 27	
<b>Gambar 4.8</b> Uji sensor MQ-135 dengan dua keadaan. ....	29
<b>Gambar 4.9</b> Grafik perbandingan linearitas antara alat pembanding dan.....	31
<b>Gambar 4.10</b> Grafik pembacaan alat pembanding (PPM) dan pembacaan ..... 32	
<b>Gambar 4.11</b> Grafik antara termometer digital dan sensor LM35.....	35
<b>Gambar 4.12</b> Skema peletakan sensor. ....	36
<b>Gambar 4.13</b> Grafik data gas $CO_2$ setiap sepuluh menit.....	37
<b>Gambar 4.15</b> Hasil <i>monitoring</i> hari ke-2 gas $CO_2$ pada telegram (a) Nilai.....	39
<b>Gambar 4.16</b> Hasil <i>monitoring</i> hari ke-3 gas $CO_2$ pada telegram (a) Nilai.....	39
<b>Gambar 4.17</b> Grafik data gas $C_3H_8$ setiap sepuluh menit. ....	40
<b>Gambar 4.18</b> Hasil <i>monitoring</i> hari ke-1 gas $C_3H_8$ pada telegram (a) Nilai.....	42

<b>Gambar 4.19</b> Hasil <i>monitoring</i> hari ke-2 gas $C_3H_8$ pada telegram (a) Nilai .....	42
<b>Gambar 4.20</b> Hasil <i>monitoring</i> hari ke-3 gas $C_3H_8$ pada telegram (a) Nilai .....	43
<b>Gambar 4.21</b> Grafik data <i>monitoring</i> suhu setiap sepuluh menit. ....	43
<b>Gambar 4.22</b> Hasil <i>monitoring</i> suhu hari ke-1 pada telegram (a) Nilai .....	44
<b>Gambar 4.23</b> Hasil <i>monitoring</i> suhu hari ke-2 pada telegram (a) Nilai .....	45
<b>Gambar 4.24</b> Hasil <i>monitoring</i> suhu hari ke-3 pada telegram (a) Nilai .....	45

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi NodeMCU ESP8266.....	9
<b>Tabel 4.1</b> Pengujian sensor MQ-6 dalam dua keadaan.....	23
<b>Tabel 4.2</b> Pengambilan data <i>monitoring</i> .....	25
<b>Tabel 4.3</b> Tabel konversi data ADC ke PPM. ....	27
<b>Tabel 4.4</b> Pengujian sensor MQ-135 dalam dua keadaan berbeda.....	29
<b>Tabel 4.5</b> Pengambilan data <i>monitoring</i> .....	30
<b>Tabel 4.6</b> Tabel konversi data ADC ke PPM. ....	32
<b>Tabel 4.7</b> Tabel hasil kalibrasi.....	34

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Perhitungan persamaan regresi linear dan koefisien korelasi .....	51
<b>Lampiran 2.</b> Perhitungan persamaan regresi linear alat pembanding dan .....	53
<b>Lampiran 3.</b> Script program sensor MQ-135, sensor MQ-6, dan sensor LM35..	55
<b>Lampiran 4.</b> Script program NodeMCU ESP8266.....	58
<b>Lampiran 5.</b> Tabel data kalibrasi sensor MQ-6. ....	63
<b>Lampiran 6.</b> Tabel data kalibrasi sensor MQ-135. ....	64
<b>Lampiran 7.</b> Tabel data uji sensor LM35. ....	65
<b>Lampiran 8.</b> Data uji lapangan gas CO <sub>2</sub> Balai Besar K3 Makassar. ....	68
<b>Lampiran 9.</b> Rangkaian perangkat keras. ....	69
<b>Lampiran 10.</b> Lokasi titik pengambilan data monitoring. ....	70
<b>Lampiran 11.</b> Pengukuran sistem skala lapangan.....	71
<b>Lampiran 12.</b> Data pengujian sistem monitoring skala lapangan.....	72

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Di era modern ini permasalahan polusi udara menjadi salah satu masalah besar yang dihadapi negara berkembang maupun negara maju. Polusi udara yang semakin meningkat menjadi salah satu permasalahan yang dihadapi. *World Health Organization (WHO)* mengatakan bahwa jumlah kematian pertahun 2021 akibat polusi udara terhadap orang-orang yang tinggal di negara berpenghasilan rendah dan menengah adalah 91% (dari kematian dini yaitu 4,2 juta) dan beban terbesar berada di WHO Asia Tenggara dan wilayah Pasifik Barat. Kematian akibat polusi udara ini, disebabkan oleh pembuangan emisi gas berbahaya dari dengan jumlah yang besar, salah satunya adalah berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap/Diesel [1].

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan industri pendukung dan pemanfaatan kebutuhan energi listrik bagi masyarakat. Industri PLTD mengeluarkan sejumlah emisi gas berbahaya ketika beroperasi, yaitu karbon dioksida ( $CO_2$ ), propana ( $C_3H_8$ ), sulfur dioksida ( $SO_2$ ), natrium dioksida ( $NO_2$ ), dan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ). Gas polutan  $CO_2$  dan  $C_3H_8$  yang dihasilkan akibat proses pembakaran bahan bakar minyak atau gas sehingga menghasilkan uap panas yang digunakan untuk memutar alat diesel pada PLTD. Gas ini yang jika terhirup dari batas wajar dapat mengakibatkan gangguan kesehatan tubuh seperti iritasi tenggorokan, mata dan hidung, batuk-batuk, serta masalah serius seperti penyakit bronkitis, penyakit jantung, penyakit pernapasan atau asma. Saat ini gas tersebut dibuang ke udara bebas sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran udara. Pemantauan pencemaran udara yang diakibatkan oleh PLTD menjadi penting untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan. Proses pemantauan dapat dilakukan dengan memanfaatkan sistem *monitoring* [2,3,4].

Pada penelitian sebelumnya, mengenai sistem pemantauan polusi udara telah dilakukan pada tahun 2018 oleh Shah dkk, dengan membuat sistem pemantauan polusi udara berbasis *IoT* untuk *monitoring* kualitas udara melalui *web*



*server* dengan internet [1]. Kemudian penelitian pada tahun 2017 oleh Pall dkk, dengan membuat sistem *monitoring* polusi udara berbasis *IoT* menggunakan arduino dimana menggunakan penampilan data melalui *web server* dengan memantau *index* kualitas udara pada gas  $CO_2$ , asap rokok, alkohol, benzena dan  $NH_3$  [2]. Penelitian lainnya pada tahun 2019 oleh Wonohardjo dan Kusuma, dimana merancang alat yang mampu mendeteksi polusi karbon monoksida dengan sistem *mobile sensor* dan *mapping* terhadap sensor MQ-7, *GPS*, *GSM*, modul penampilan, Arduino, dan *web server* berbasis *IoT* [3]. Penelitian yang telah dilakukan memiliki kelemahan seperti perangkat lunak yang digunakan memiliki akses yang cukup rumit, serta jumlah unsur gas yang dipantau sensor terdapat lebih dari satu unsur gas sedangkan sensor yang digunakan hanya satu unit atau satu jenis saja, hal ini tentu akan mempengaruhi efektivitas sensor yang digunakan dalam mengirim data.

Berdasarkan hal tersebut, maka dibuat suatu sistem monitoring pada lingkungan industrialisasi PLTD dikontrol melalui jaringan *wifi* dengan menggunakan penampilan aplikasi *open source* telegram berbasis *IoT*. Pada penelitian ini, monitoring polusi udara dirancang dengan berfokus pada polutan  $CO_2$  dan  $C_3H_8$  di lingkungan PLTD Tello Makassar menggunakan sistem berbasis mikrokontroler arduino uno terintegrasi dengan sensor gas  $CO_2$  yaitu sensor MQ-135, sensor  $C_3H_8$  yaitu sensor MQ-6, sensor suhu LM35, dan alarm *buzzer* yang berbunyi ketika mendapatkan *index* angka kualitas udara melewati batas anjuran. Sistem kemudian terhubung ke jaringan internet menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan perangkat lunak aplikasi telegram sebagai pusat pengendali perangkat keras dan sebagai media *monitoring* data dirancang pada penelitian ini.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah daripada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* polusi udara ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) berbasis *Internet of Things*?
2. Bagaimana mengukur dan menguji kualitas udara di PLTD Tello dengan teknologi *IoT* menggunakan sensor gas MQ-135 & sensor gas MQ-6?

3. Bagaimana menganalisis karakteristik sensor gas MQ-135 dan sensor gas MQ-6 terhadap polusi udara ( $CO_2$  dan  $C_3H_8$ ) menggunakan mikrokontroler Arduino Uno?

### **I.3 Tujuan**

Adapun tujuan daripada penelitian ini, yaitu:

1. Merancang sistem *monitoring* polusi udara ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) berbasis *Internet of Things*.
2. Mengukur dan menguji kualitas udara di PLTD Tello dengan teknologi *IoT* menggunakan sensor gas MQ-135 & sensor gas MQ-6.
3. Menganalisis karakteristik sensor gas MQ-135 dan sensor gas MQ-6 terhadap polusi udara ( $CO_2$  &  $C_3H_8$ ) menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Polusi Udara

Polusi udara bukanlah suatu hal baru bagi kehidupan manusia. Sama halnya dengan polusi-polusi yang lainnya, polusi udara memiliki efek yang sangat serius dan berbahaya terhadap kesehatan manusia. Polusi udara menjadi permasalahan terbesar bagi setiap negara, baik negara maju maupun berkembang. Masalah kesehatan tumbuh lebih cepat terutama di daerah perkotaan negara berkembang seperti Indonesia, dimana peningkatan industrialisasi dalam jumlah banyak dengan pelepasan polutan gas yang besar [1,4].

Polusi udara adalah tercampurnya satu atau lebih *substansi* kimia, biologis, atau fisik dengan gas diudara dalam jumlah yang berbahaya terhadap kesehatan manusia, hewan, dan tumbuhan, mengganggu kenyamanan atau bahkan merusak lingkungan. Lingkup daerah industrialisasi PLTU/PLTD memiliki resiko tercemar lebih tinggi dari lingkungan lainnya, gas polutan yang dihasilkan berdampak *negatif* bagi masyarakat sekitar [5]. Komposisi udara bersih terdiri dari sekitar 78% *nitrogen*, 20% oksigen; 0,93% argon; 0,03% karbon dioksida ( $CO_2$ ), dan sisanya terdiri dari neon ( $Ne$ ), helium ( $He$ ), metana ( $CH_4$ ) dan hidrogen ( $H_2$ ). Apabila kandungan udara melebihi komposisi ini maka dikatakan udara sudah tercemar [6].

### II.2 Pencemaran pada PLTD

Industri PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) menggunakan mesin Diesel sebagai penggerak *prime mover*. *Prime mover* adalah alat yang digunakan untuk menjalankan *rotor generator*. Pembangkit Listrik ini mengeluarkan emisi gas ketika beroperasi salah satunya adalah  $CO_2$  dan  $C_3H_8$ , dikarenakan pembakaran energi bahan bakar gas atau minyak bumi yang dilakukan sehingga mengeluarkan sejumlah gas tertentu [7]. Gas karbon dioksida ( $CO_2$ ) merupakan gas tidak memiliki warna, tidak berbau dan gas yang tidak mudah terbakar. Namun gas ini termasuk dalam kategori gas yang memiliki kemampuan untuk mengganggu kesehatan tubuh dengan mengurangi ketersediaan oksigen dalam jaringan tubuh manusia [2].

Polutan gas lain yang dihasilkan oleh PLTD adalah *liquefied petroleum gas (LPG)*. Propana ( $C_3H_8$ ) & butana ( $C_4H_{10}$ ) merupakan dua unsur gas *LPG* dari gas alam yang dicairkan. Gas *LPG* adalah cairan tidak berbau dan tidak berwarna yang mudah menguap menjadi gas. Gas ini sering digunakan sebagai bahan bakar untuk mesin, pemanggangan, dan sebagai bahan bakar di rumah, yang apabila terhirup berlebihan dapat beresiko bagi kesehatan [2].

### II.3 Sensor Gas MQ-135

Sensor gas MQ-135 dapat mendeteksi gas amonia ( $NH_3$ ), benzena ( $C_6H_6$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ). Sensor ini memiliki prinsip kerja dengan mendeteksi kandungan gas  $CO_2$  di udara, karakteristik sensor tersebut sebagai resistor akan berubah menjadi semikonduktor atau keluaran dalam bentuk level tegangan. Ketika sensor mendeteksi gas tertentu resistansi akan semakin kecil dan tegangan keluaran akan semakin besar [1,2].

Sensor gas MQ-135 memberikan keluaran dalam bentuk level tegangan dan dapat diubah ke dalam PPM (*Parts Per Million*) dengan melihat kandungan  $CO_2$  sesuai dengan nilai index PPM kualitas udara di lingkungan PLTD. Gambar 2.1 menunjukkan sensor MQ-135 [1,2].



**Gambar 2.1** Sensor gas MQ-135.

### II.4 Sensor Gas MQ-6

Sensor gas yang digunakan untuk mendeteksi emisi gas *LPG* dengan unsur gas propana dari PLTD Tello yaitu sensor gas MQ-6. Sensor gas MQ-6 adalah sensor *LPG* (dengan kandungan propana) yang mengubah nilai resistansi sensor ketika mendeteksi kandungan gas propana diudara [1,8]. Konsentrasi gas propana diudara bersih dengan nilai 200-1000 PPM merupakan nilai yang dapat dideteksi

sensor ini, serta memiliki keunggulan sensitivitas yang tinggi dan waktu respon yang cepat [8]. Gambar 2.2 menunjukkan sensor gas MQ-6.



**Gambar 2.2 Sensor gas MQ-6.**

## **II.5 Sensor Suhu LM35**

Sensor suhu LM35 adalah jenis sensor suhu memiliki ciri *integrated-circuit*, menggunakan IC LM35 sebagai sensor yang teliti, dimana tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu derajat *celcius* [1,9]. Secara prinsip sensor akan mengubah besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar 10 mV yang berarti pada saat perubahan suhu setiap 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV [9]. Sensor ini bekerja dengan menangkap panas oleh LM35 sebagai sensor suhu akan diubah menjadi tegangan [9,10].

Sensor ini dapat mengukur suhu dari  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  pada temperatur ruangan. Sensor LM35 menggunakan arus rendah yaitu  $60\text{ }\mu\text{A}$  sehingga efek *self heating* yang memberikan akurasi yang tinggi hingga  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sehingga kesalahan pembacaan sensor tidaklah besar, dimana panas yang diberikan sendiri sangat kecil kurang dari  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  [9].

Sensor suhu LM35 bekerja dengan mengubah besaran tegangan menjadi nilai suhu. Tegangan referensi sensor suhu LM35 yaitu sebesar 5 V. Mikrokontroler Arduino Uno memiliki 10 bit data analog atau 1024 bit data analog (0-1023 bit), sehingga dapat diketahui nilai analog persatuan datanya, yaitu [11] :

$$x = \frac{5V}{1024\text{ bit}} = 4,883\text{ mV/bit} \quad (1)$$

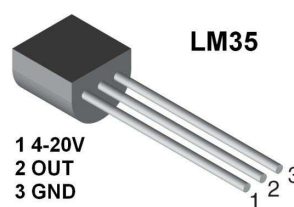
Perubahan tegangan pada setiap  $1\text{ }^{\circ}\text{C} = 10\text{ mV}$ , maka setiap kenaikan  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  sensor suhu [11] :

$$\text{bit/kenaikan suhu} = \frac{10\text{mV}}{4,883 \text{ mV/bit}} = 2,0479 \text{ bit/}^\circ\text{C} \quad (2)$$

Maka data analog yang diterima menjadi besaran suhu, yaitu [11] :

$$\text{suhu } ^\circ\text{C} = \frac{\text{nilai ADC}}{2,0479 \text{ bit/}^\circ\text{C}} \quad (3)$$

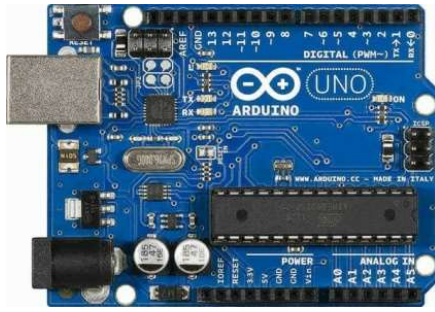
Persamaan (3) yang diperoleh merupakan persamaan yang digunakan dalam pengukuran suhu dengan memasukkan persamaan (3) ke dalam pemograman. Pada Gambar 2.3 menunjukkan sensor LM35 terdapat tiga buah pin kaki yaitu pin 1 merupakan  $V_{cc}$  sebagai tegangan masukan sensor yang bekerja pada tegangan 4-20V, pin 2 merupakan pin keluaran analog sensor, dan pin 3 sebagai *ground*.



**Gambar 2.3 Sensor suhu LM35.**

## II.6 Mikrokontroler Arduino Uno

Arduino Uno adalah komputer mini dengan papan mikrokontroler berbasis ATmega328P dengan pusat operasi sistemnya. Memiliki 14 pin *input/output* digital, 6 pin *input analog*, sehingga dapat mengontrol lebih dari satu instrument baik secara kontrol *internal* dan kontrol *eksternal* [1,6]. Peran Arduino Uno adalah untuk menerima data *instrument*, memproses data, dan mengirimkannya ke suatu penampilan data sesuai dengan data yang relevan, yang kemudian diunggah ke suatu perangkat lunak sebagai media informasi atau dengan jaringan komunikasi yang digunakan oleh pengguna [12]. Komponen utama dari Arduino Uno adalah sebuah mikrokontroler yang merupakan *chip* atau *IC (Integrated Circuit)* dan diprogram oleh komputer sesuai yang diinginkan. Jadi otak *input*, proses, dan *output* sebuah rangkaian adalah board mikrokontroler [13]. Gambar 2.4 menunjukkan mikrokontroler Arduino Uno [1].



Gambar 2.4 Mikrokontroler Arduino Uno.

## II.7 Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

Arduino IDE terbuat dari pemrograman bahasa *JAVA* dan dilengkapi *library* *C/C++*. Perangkat lunak Arduino IDE digunakan untuk membuat sejumlah *script* program yang akan dijalankan oleh mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 [14]. Arduino IDE adalah perangkat lunak bawaan yang telah disiapkan oleh Arduino yang kemudian digunakan untuk merancang dan melakukan berbagai proses komputasi berkaitan dengan pemrograman Arduino Uno dan NodeMCU ESP8266 [15].

```
MCUTelegram_TampilanInformasi | Arduino 1.8.16
File Edit Sketch Tools Help
MCUTelegram_TampilanInformasi
#include <Arduino.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <TelegramBot.h>
#include <ESP8266.h>
SoftwareSerial myBot(D7, D8); //D7=Din, D8=Dout
#define ID_PIN 5 //pin di nodemcu
String arduinoID;
//define D7 D8
#define D7 13
#define D8 12
//config WiFi
String ssid = "myBot";
String pass = "12345678";
String token = "178860200:AAFI8FK4V0R8Hj11V8dppTELEBot5mTE";

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
  //KONFIGI WIFI
  digitalWrite(LED_PIN, LOW); //led mati
  Serial.println("Memulai TelegramBot...");
  Serial.println("Menyambungkan ke :");
  Serial.println(arduinoID);
  myBot.wifiConnect(arduinoID, pass);
  //menghubungkan ke telegram
  myBot.setTelegramToken(token);
  //tutupi led wifi
  if(myBot.isConnected()) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH); //led menyala
  }
}
```

Gambar 2.5 Tampilan Software Arduino IDE.

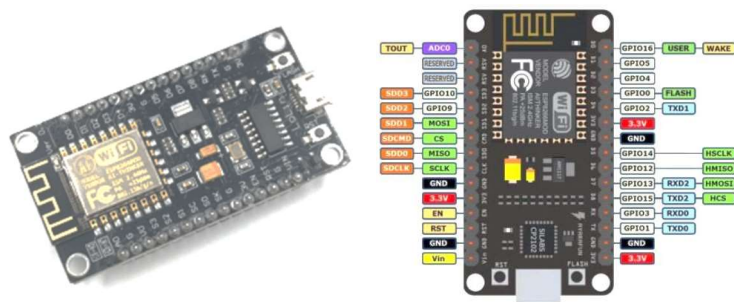
## II.8 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan modul *wifi* yang menggunakan sebuah *chip wifi* ESP8266 sebagai mikrokontroler. Modul ini membuat koneksi IP (*Internet Protocol*) sehingga dapat dimanfaatkan untuk keperluan *IoT*. Perangkat ini

merupakan modul *wifi* yang berfungsi agar dapat terhubung langsung dengan jaringan *wifi* atau internet [1]. Berikut ini adalah spesifikasi dari NodeMCU ESP8266 [15]:

**Tabel 2.1** Spesifikasi NodeMCU ESP8266 [15].

<b>Mikrokontroler</b>	ESP 8266
<b>Input Tegangan</b>	3.3V ~ 5V
<b>Ukuran Board</b>	57mm × 30mm
<b>GPIO</b>	13 pin
<b>Flash Memory</b>	4 MB
<b>Wireless</b>	802.11 b\g\n standard
<b>USB to Serial converter</b>	CH340G



**Gambar 2.6** NodeMCU ESP8266.

## II.9 Buzzer

*Buzzer* adalah komponen elektronika sebagai perangkat audio sinyal yang cara kerjanya mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara/bunyi. Perangkat ini yang ketika mikrokontroler Arduino mendeteksi emisi gas melewati batas level tertentu *buzzer* akan berbunyi dan menandakan akan bahaya [1]. Gambar 2.7 menunjukkan *buzzer* [1].





**Gambar 2.7** Buzzer.

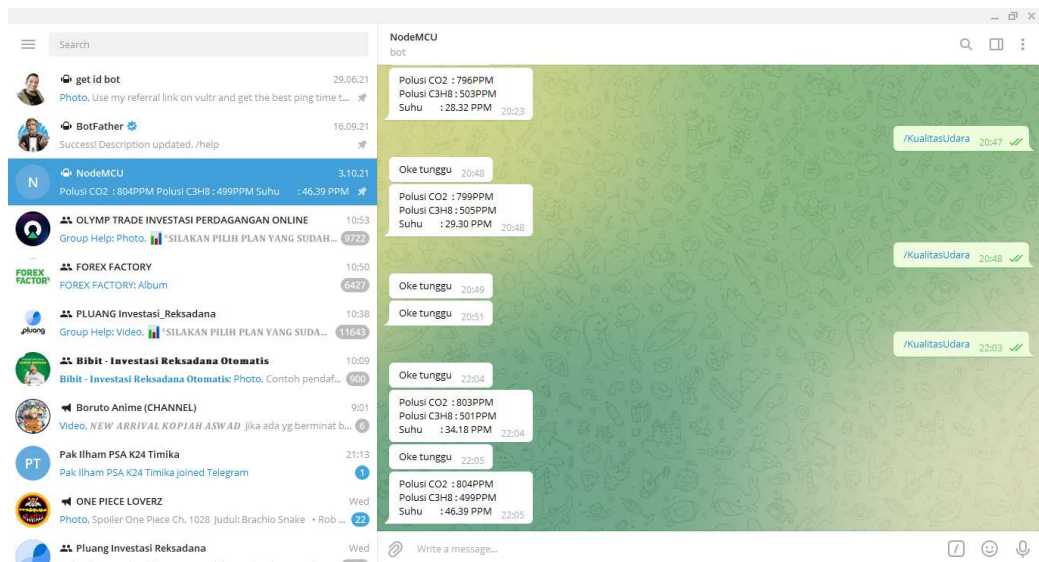
## II.10 Aplikasi Telegram

Perangkat lunak yang digunakan untuk *memonitoring* hasil deteksi daripada sensor adalah menggunakan aplikasi telegram sebagai penampilan antarmuka yang akan digunakan pengguna. Data yang diperoleh dari pada sensor juga ditampilkan pada telegram, sesuai dengan instruksi yang diberikan. Telegram adalah aplikasi perpesanan yang didasarkan pada layanan terbuka, tanpa memerlukan pembayaran apapun dengan keamanan dan penampilan yang cepat [14]. Pada aplikasi telegram, memiliki kelebihan memberikan sebuah fitur *bot chat* telegram untuk pengembangan kebutuhan *IoT* [14]. Membuat *bot chat* telegram dengan melakukan sinkronisasi menggunakan akun *bot provider* yang bernama *botfather*. Sebuah token *Application Programming Interface (API)* diberikan untuk melakukan sinkronisasi dan sebuah akun *bot* dan ID pengguna telegram. Kegunaan ID telegram adalah untuk tetap menjaga keamanan dalam mengakses akun. Setelah perangkat berhasil terhubung dengan *wifi*, langkah selanjutnya adalah membuat barisan deskripsi perintah pada kolom *chat* ID pengguna dan kemudian akun *bot* telegram akan merespon perintah pengguna [16].

Aplikasi telegram dipilih selain aplikasi ini gratis, ringan, *multiplatform* adalah karena banyak digunakan termasuk aplikasi perpesanan yang mudah digunakan. Penggunaan *bot API* yang cukup lengkap dan makin berkembang, maka memungkinkan untuk membuat *bot* pintar yang akan merespon pesan dari pengguna [1]. Berbagai kelebihan daripada aplikasi telegram adalah berbasis *cloud* (penyimpanan) yang dimiliki serta berfokus pada keamanan dan kecepatan. Adanya *cloud* pada server telegram *messenger* yang memungkinkan untuk menyimpan data-data tidak hanya percakapan, foto, dan video dalam kapasitas yang besar,

tetapi juga data pesan dari sensor dalam jumlah banyak [17-18]. Beberapa kelebihan aplikasi telegram [18]:

- a. Aplikasi perpesanan yang populer dan gratis.
- b. Berbasis *cloud*, sehingga menyimpan pesan dengan mudah dan mengirim pesan teks lebih cepat.
- c. Ukuran aplikasi yang lebih kecil, sehingga lebih ringan ketika dijalankan.
- d. *Multiplatform* atau dapat diakses dari berbagai perangkat seperti *smartphone*, tablet, komputer, labtop dan lain-lain secara bersamaan.



**Gambar 2.8** Tampilan aplikasi *telegram*.

## II.12 *Internet of Things (IoT)*

*Internet of Things (IoT)* memegang peran penting dalam kemajuan teknologi, menuju ke zaman yang lebih canggih dan dalam mendukung aktivitas sehari-hari. *IoT* adalah sebuah sistem dengan kemampuan mentransfer data melalui koneksi jaringan internet/*wifi* dan terhubung dengan perangkat yang dimonitoring secara jarak jauh tanpa harus memiliki kontak langsung. Sistem ini mendukung dan mempermudah aktivitas manusia dalam membuat, mengendalikan, dan *memonitoring* [2]. Perangkat yang digunakan biasanya terhubung dengan mikrokontroler, sensor, dan konektivitas internet [19]. *Monitoring* yang berbasis teknologi *IoT* menggunakan sebuah perangkat lunak sebagai pusat pengendali dan *monitoring* dengan membuat koneksi antara perangkat untuk

kemudian diolah. Data yang diperoleh sebagai titik acuan untuk memberikan informasi dan sebagai indikator bahwa suatu nilai level tertentu dikatakan tidak sesuai dengan angka normal [2-3].