

**RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA MONITORING  
KUALITAS UDARA BERBASIS MULTISENSOR SECARA  
NIRKABEL MENGGUNAKAN LABVIEW**

**Skripsi**

**Oleh**

**ANGGI PURNOMO  
NPM 1817041008**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS MULTISENSOR SECARA NIRKABEL MENGGUNAKAN LABVIEW

Oleh

ANGGI PURNOMO

Penelitian mengenai pembuatan instrumentasi berupa *software* akuisisi data untuk memonitoring kualitas udara telah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan beberapa keluaran parameter dan menggunakan alat komunikasi yang berbeda. Perancangan *software* sistem akuisisi data monitoring kualitas udara telah direalisasikan dan dapat digunakan untuk monitoring kualitas udara berupa suhu, kelembapan, kadar PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, dan H<sub>2</sub> secara nirkabel dengan menggunakan program LabVIEW. Keluaran *software* yang dihasilkan berupa nilai setiap parameter yang ditampilkan pada monitor laptop secara *real time* dengan menggunakan komunikasi modul WiFi ESP32. Berdasarkan hasil pengujian alat monitoring diperoleh perangkat yang telah direalisasikan dapat bekerja dalam memonitoring kualitas udara sesuai dengan rancangan pembuatan. Sistem akuisisi data yang telah dibuat berhasil dirancang dan mampu memonitoring kualitas udara secara *real time* dengan ralat sebesar 0% dan akurasi sebesar 100%. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa *baud rate* berpengaruh terhadap *time average* saat proses transfer data. Sehingga, pada penelitian ini menggunakan *baud rate* 115200. Alat monitoring kualitas udara dapat di akuisisi data dengan *range* jarak sebesar 0 sampai 20 meter.

**Kata Kunci:** Akuisisi data, LabVIEW, Monitoring dan NodeMCU-ESP32.

## ABSTRACT

### ***DESIGN AND CONSTRUCTION DATA ACQUISITION SYSTEM AIR QUALITY MONITORING A MULTISENSOR-BASED WIRELESS USING LABVIEW***

By

**ANGGI PURNOMO**

*The research on the manufacture of instrumentation in the form of data acquisition software to monitor air quality has been widely carried out and developed with several parameter outputs and using different communication tools. The design of the air quality monitoring data acquisition system software has been realized and can be used to monitor air quality in the form of temperature, humidity, PM<sub>2.5</sub> levels, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, and H<sub>2</sub> wireless using the LabVIEW program. The resulting software output was in the form of the value of each parameter displayed on the laptop monitor in real time using the ESP32 WiFi module communication. Based on the test results of the monitoring equipment obtained device that has been realized, it can work in monitoring air quality in accordance with the design of manufacture. The data acquisition system that has been created has been successfully designed and it's able to monitor air quality in real time with a error of 0% and an accuracy of 100%. From the test results, it was found that the baud rate affects the time average during the data transfer process. By the way, in this study using baud rate 115200. Air quality monitoring tools can be obtained data with a distance until 20 meters.*

**Keywords:** *Data acquisition, LabVIEW, Monitoring and NodeMCU-ESP32.*

**RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA MONITORING  
KUALITAS UDARA BERBASIS MULTISENSOR SECARA  
NIRKABEL MENGGUNAKAN LABVIEW**

**Oleh**

**ANGGI PURNOMO**

**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  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN SISTEM AKUISISI DATA  
MONITORING KUALITAS UDARA BERBASIS  
MULTISENSOR SECARA NIRKABEL MENGGUNAKAN  
LABVIEW**

Nama Mahasiswa : **Anggi Purnomo**

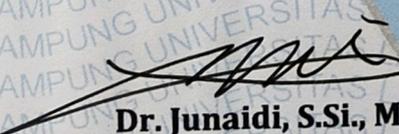
Nomor Pokok Mahasiswa : **1817041008**

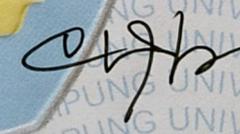
Jurusan : **Fisika**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

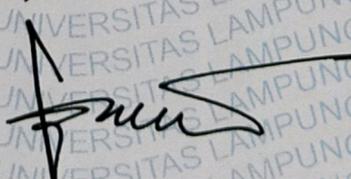


1. **Komisi Pembimbing**

  
**Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 19820618 200812 1 001

  
**Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**  
NIP 19901125 201903 2 014

2. **Ketua Jurusan Fisika FMIPA**

  
**Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.**  
NIP 198010102005011002

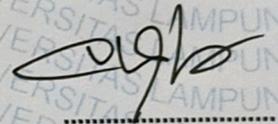
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

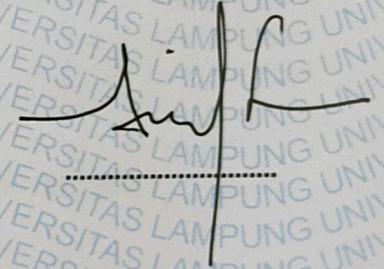
**Ketua : Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.**



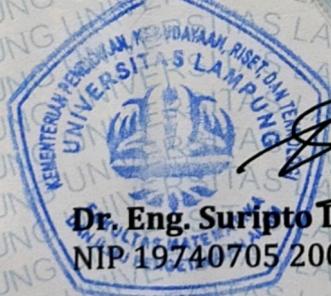
**Sekretaris : Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si.**



**Penguji  
Bukan Pembimbing : Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**



**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Dr. Eng. Surtpto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.  
NIP 19740705 200003 1 001**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Januari 2023**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya orang lain dan tidak terdapat pendapat atau karya yang ditulis 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 pernyataan ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 10 Januari 2023

Penulis,



Anggi Purnomo  
NPM. 1817041008

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Anggi Purnomo, dilahirkan di Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung pada tanggal 17 Agustus 1999. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Agus Purnomo dan Ibu Mudiarni. Penulis menyelesaikan pendidikan di SDN 3 Gaya Baru VI pada tahun 2012, SMPN 1 Seputih Surabaya pada tahun 2015, dan SMAN 1 Seputih Surabaya Lampung Tengah pada tahun 2018. Penulis diterima di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur penerimaan Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menempuh jenjang Pendidikan S1 di Jurusan Fisika FMIPA Unila, Penulis mengambil konsentrasi keilmuan bidang Fisika Instrumentasi. Penulis juga aktif dalam kegiatan organisasi dengan menjabat sebagai anggota pengurus bidang Minat dan Bakat Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) periode tahun 2019 dan pernah menjabat sebagai Kepala Biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga (KRT) Himafi periode tahun 2020.

Tahun 2021 Penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di CV. Jasa Sukses Abadi (JSA), dengan judul “**Menentukan Nilai Koreksi dan Ketidakpastian Pengukuran *Enclosure (Chiller)***”. Penulis juga melakukan

pengabdian terhadap masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2021 di Kampung Pajar Mataram, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah.

## MOTTO

**"Berusaha, berdoa, bersabar"**

*(Anggi Purnomo)*

***"Disiplin Adalah Jembatan antara Cita-Cita dan Pencapaiannya"***

*(John Rohn)*

*"Education is not the learning on facts, but the training of the mind to think. "*

*(Albert Einstein)*

***"Wahai orang-orang yang beriman! Mohonlah pertolongan (kepada Allah) dengan sabar dan sholat. Sungguh, Allah beserta orang-orang yang sabar"***

***(QS. Al-Baqarah: 153)***

***"Allah tidak membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya"***

***(QS. Al-Baqarah: 286)***

## PERSEMBAHAN



Dengan Mengharapkan Ridho Allah SWT dan Syafaat Nabi Muhammad SAW, karya ini dipersembahkan kepada :

*Kedua Orang Tuaku*

**Bapak Agus Purnomo & Ibu Mudiarni**

Terimakasih untuk segala do'a dan usaha yang selalu diberikan demi kesuksesan putranya hingga mampu menyelesaikan pendidikan di tingkat Universitas sebagai Sarjana Fisika

*Bapak & Ibu Guru*

Terimakasih atas segala ilmu pengetahuan serta dukungan yang telah menuntun hati dan wawasanku sampai menjadi Sarjana Fisika

*Keluarga Besar & Teman-teman*

Terimakasih atas segala dukungan yang telah diberikan sehingga dapat tetap bertahan dalam keadaan suka maupun duka

**Almamater Tercinta**

*Universitas Lampung*

## KATA PENGANTAR

*Assalammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Monitoring Kualitas Udara Berbasis Multisensor Secara Nirkabel Menggunakan Labview**” yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains (S.Si.) pada bidang Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Skripsi ini membahas tentang rancang bangun sistem akuisisi data monitoring kualitas udara menggunakan *software* LabVIEW dengan media komunikasi WiFi pada ESP32.

Pada penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam isi maupun cara penyajian. Oleh karena itu, adanya kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan untuk memperbaiki kekurangan tersebut. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pada umumnya semoga dapat menambah wawasan literasi keilmuan serta rujukan untuk mengembangkan riset selanjutnya yang lebih baik.

*Wassalammualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Bandar Lampung, 10 Januari 2023

Penulis

Anggi Purnomo

## SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul **“Rancang Bangun Sistem Akuisisi Data Monitoring Kualitas Udara Berbasis Multisensor Secara Nirkabel Menggunakan Labview”**. Shalawat serta salam tak lupa penulis hanturkan kepada Nabi Muhammad SAW, atas dakwah dan risalah beliau sehingga penulis dapat menikmati keindahan berilmu. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang turut membantu dan mendoakan penulis. Penulisan skripsi ini tidak dapat terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa tenaga maupun pemikiran. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis haturkan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis, Bapak Agus Purnomo dan Ibu Mudiarni, yang telah mendoakan serta memberikan semangat dan dukungan baik berupa materi ataupun moril kepada penulis dalam menyelesaikan Pendidikan di Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc. sebagai pembimbing utama yang tulus mengajari, membantu, memberi arahan, membimbing, dan memberi pemahaman kepada penulis.

3. Ibu Humairoh Ratu Ayu, S.Pd., M.Si. sebagai pembimbing kedua yang senantiasa membantu, membimbing, memberi saran dan memberi pemahaman kepada penulis.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. sebagai dosen penguji yang telah memberi masukan dan koreksi dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Bapak Drs. Pulung Karo-Karo, M.Si. selaku dosen pembimbing akademik yang tulus mengajari dan membantu memberi pemahaman serta nasihat.
6. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, M.T. selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak atau Ibu Dosen serta Staf Jurusan Fisika atas ilmu dan pelayanan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
9. Kedua kakak penulis Nurhidayati dan Ela Oktavia yang telah mendoakan serta memberikan semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Teman-teman seperjuangan Putu Bagus Raditya, Yugo Chambioso, Hauzan Khairullah, Fery Aditya, Nur Isnaini Muna Firdausi, Ria Charoline Beru Ginting, Riftaul Kurniawati, Mayola Prantica, Melynia Kesuma Putri, dan Annisa Ghina Istighfarany yang telah kebersamai, membantu, memberi semangat, serta sebagai tempat bercerita.
11. Mesy Meilani Putri yang telah hadir memberikan dukungan, perhatian, kasih sayang, dan doa. Potongan kue dan tusuk gigi yang menemani ketika belajar persiapan sidang skripsi. Semoga menjadi wanita terakhir penulis, Aamiin.

12. Teman-teman Pimpinan HIMAFI periode 2020.
13. Seluruh mahasiswa/i jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung angkatan 2018, dan teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Serta berbagai pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga Allah SWT dapat membalas seluruh kebaikan dan mempermudah segala urusannya. Akhir kata, penulis haturkan doa dan panjatkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam mengerjakan skripsi ini.

Bandar Lampung, 10 Januari 2023

Anggi Purnomo

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>MENGESAHKAN .....</b>	<b>v</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>ix</b>
<b>PERSEMBAHAN.....</b>	<b>x</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>SANWACANA .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Batasan Masalah.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1. Penelitian Terdahulu.....	7
2.2. Teori Dasar .....	9
2.2.1    Kualitas Udara.....	9
2.2.2    Sistem Monitoring.....	11

2.2.3	Parameter Pengukuran.....	11
2.2.3.1	Temperatur/Suhu.....	11
2.2.3.2	Kelembapan.....	13
2.2.3.3	Kadar <i>Particulate Matter</i> (PM <sub>2.5</sub> ).....	14
2.2.3.4	Sulfur Dioksida (SO <sub>2</sub> ).....	14
2.2.3.5	Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> ).....	16
2.2.3.6	Amonia (NH <sub>3</sub> ).....	17
2.2.3.7	Hidrogen (H <sub>2</sub> ).....	18
2.2.4	<i>Data Acquisition</i> (DAQ) <i>System</i> .....	19
2.2.6	Sistem Transmisi Data.....	21
2.2.7	<i>Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench</i> (LabVIEW).....	27
2.2.8	NodeMCU ESP32.....	38
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>		<b>41</b>
3.1.	Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	41
3.2.	Alat dan Bahan.....	42
3.3.	Prosedur Penelitian.....	42
3.3.1.	Desain dan Perancangan Alat.....	45
3.3.2.	Pengujian <i>Software</i> Monitoring.....	46
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>50</b>
4.1.	Realisasi Perancangan <i>Software</i> Monitoring.....	50
4.2.	Menghubungkan <i>software</i> dengan <i>hardware</i> .....	54
4.3.	Pengujian Jarak Koneksi WiFi ESP32.....	56
4.3.1.	Pengujian Koneksi Dengan <i>Baud Rate</i> 9600.....	58
4.3.2.	Pengujian Koneksi Dengan <i>Baud Rate</i> 57600.....	59
4.3.3.	Pengujian Koneksi Dengan <i>Baud Rate</i> 115200.....	60
4.4.	Pengujian <i>Software</i> Monitoring.....	62
4.5.	Realisasi Hasil Monitoring Secara <i>Real Time</i> .....	65
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>70</b>
5.1	Simpulan.....	70
5.2	Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>78</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Sistem DAQ Berbasis PC .....	20
<b>Gambar 2.2</b> Bagian <i>fiber optik</i> .....	23
<b>Gambar 2.3</b> <i>Front Panel</i> dan <i>Block Diagram</i> .....	32
<b>Gambar 2.4</b> <i>Control Pallete</i> .....	33
<b>Gambar 2.5</b> <i>Functions Pallete</i> .....	34
<b>Gambar 2.6</b> Tampilan awal saat membuka LabVIEW.....	35
<b>Gambar 2.7</b> Tampilan lembar kerja baru.....	35
<b>Gambar 2.8</b> Tampilan lembar kerja berdampingan .....	36
<b>Gambar 2.9</b> Tombol pada jendela depan .....	36
<b>Gambar 2.10</b> ESP32 <i>Pin layout</i> .....	38
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	43
<b>Gambar 3.2</b> Diagram blok sistem .....	44
<b>Gambar 3.3</b> Desain sistem monitoring secara nirkabel: (a) tampak depan, (b) tampak belakang .....	45
<b>Gambar 3.4</b> Desain tampilan <i>front panel</i> LabVIEW .....	46
<b>Gambar 4.1</b> Realisasi tampilan <i>software</i> Monitoring menggunakan LabVIEW .	50
<b>Gambar 4.2</b> <i>Block Diagram</i> pada LabVIEW .....	52
<b>Gambar 4.3</b> Tampilan program TCP/IP LabVIEW .....	54

<b>Gambar 4.4</b> Contoh penggunaan pada <i>command prompt</i> saat pengujian (a) perintah ping IP <i>access point</i> , (b) tampilan hasil dari perintah ping IP <i>access point</i> .....	57
<b>Gambar 4.5</b> Hubungan <i>time average</i> terhadap jarak monitoring dengan variasi <i>baud rate</i> .....	61
<b>Gambar 4.6</b> Grafik pengujian pada <i>software</i> LabVIEW terhadap NodeMCU ESP32 parameter (a) suhu, (b) kelembapan, (c) PM <sub>2.5</sub> , (d) SO <sub>2</sub> .....	63
<b>Gambar 4.7</b> Grafik pengujian pada <i>software</i> LabVIEW terhadap NodeMCU ESP32 parameter (a) CO, (b) CO <sub>2</sub> , (c) NH <sub>3</sub> , (d) H <sub>2</sub> .....	64
<b>Gambar 4.8</b> Grafik hasil monitoring parameter (a) suhu, (b) kelembapan, (c) PM <sub>2.5</sub> , (d) SO <sub>2</sub> pada pagi, siang dan sore hari.....	66
<b>Gambar 4.9</b> Grafik hasil monitoring parameter (a) CO, (b) CO <sub>2</sub> , (c) NH <sub>3</sub> , dan (d) H <sub>2</sub> pada pagi, siang dan sore hari .....	68

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Efek gas SO <sub>2</sub> terhadap kesehatan .....	15
<b>Tabel 2.2</b> Data efek kesehatan dari Amonia (NH <sub>3</sub> ).....	18
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal pelaksanaan penelitian.....	41
<b>Tabel 3.2</b> Data nilai pengujian parameter terukur .....	47
<b>Tabel 3.3</b> Data nilai keakuratan <i>software</i> LabVIEW .....	48
<b>Tabel 3.4</b> Data Pengamatan Koneksi <i>wireless</i> .....	49
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Pengujian Koneksi dengan <i>Baud Rate</i> 9600.....	59
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Koneksi dengan <i>Baud Rate</i> 57600.....	60
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Koneksi dengan <i>Baud Rate</i> 115200.....	61
<b>Tabel 4.4</b> Nilai ralat dan akurasi pembacaan setiap parameter .....	65

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki perkembangan pesat pada sektor industri, hal tersebut tentunya berpengaruh pada lingkungan hidup termasuk kualitas udara (Astuti *et al.*, 2014). Indonesia juga mengalami peningkatan kendaraan bermotor sebagai alat transportasi mempunyai kelebihan mempermudah mobilitas. Disisi lain alat transportasi menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan, terutama gas buangan yang mengandung unsur CO, NO<sub>2</sub>, HC, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, dan N<sub>2</sub>. Hal tersebut menyebabkan terjadinya polusi udara karena mempunyai sifat mencemari lingkungan (Kusuma, 2010). Pencemaran udara adalah salah satu permasalahan yang umum dihadapi di wilayah perkotaan dengan sektor transportasi sebagai sumber pencemaran utamanya. Berdasarkan Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021) emisi kendaraan bermotor berkontribusi sebesar 70% terhadap pencemaran Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) dan Partikulat (PM) di wilayah perkotaan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI (2020) beberapa parameter Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) yaitu partikulat (PM<sub>10</sub>); partikulat (PM<sub>2.5</sub>); karbon sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>); ozon (O<sub>3</sub>); dan hidrokarbon (HC). Selain itu, terdapat parameter lain dalam ISPU yang perlu dimonitoring yaitu, temperatur udara dan kelembapan.

Salah satu cara untuk mengetahui nilai ISPU adalah dengan memiliki alat monitoring kualitas udara (Peraturan Pemerintah RI, 2020). Monitoring disebutkan oleh Herliana & Rasyid (2016) merupakan proses rutin pengumpulan data atau pemantauan perubahan, yang fokus pada evaluasi dari keluaran. Oleh karena berdasarkan Kementerian Kesehatan (2019) pencemaran udara berdampak pada kesehatan, terutama di wilayah industri dan kota-kota besar, diantaranya adalah gangguan saluran pernafasan, penyakit jantung, kanker berbagai organ tubuh, gangguan reproduksi dan *hipertensi* (tekanan darah tinggi). Sehingga pemantauan kualitas udara sangat penting dilakukan untuk mengetahui tingkat pencemaran udara di lingkungan.

Beberapa penelitian telah dilakukan mengenai sistem monitoring kualitas udara untuk mencegah pencemaran udara. Salah satunya yang telah dilakukan oleh Habibah (2019). Pada penelitian ini menggunakan Arduino Atmega 2560 sebagai mikrokontroler yang akan dihubungkan dengan *software* LabVIEW dan untuk perangkat komunikasi data menggunakan *Ethernet Shield*. Penggunaan perangkat komunikasi pada penelitian ini mengakibatkan kurangnya efisiensi dalam penggunaan perangkat keras serta seringkali terjadi gangguan saat pengiriman data pada *software* LabVIEW. Selain itu, pada penelitian ini hanya melakukan monitoring kadar gas CO sehingga kurang maksimal untuk mengetahui tingkat pencemaran udara.

Penelitian mengenai pembuatan sistem monitoring kualitas udara juga dilakukan oleh Ulaan *et al.* (2022). Pada penelitian ini penulis membuat sistem monitoring kualitas udara di dalam ruangan dengan menggunakan aplikasi pada android

sebagai perangkat lunak sistem monitoring. Penggunaan aplikasi pada android mempunyai kekurangan dalam kapasitas penyimpanan data. Kapasitas penyimpanan data yang lebih luas diperlukan untuk sistem monitoring secara *real time*. Selain itu, pada penelitian ini menggunakan perangkat komunikasi *bluetooth*. Penggunaan *bluetooth* mempunyai kekurangan pada jangkauan jarak komunikasi dengan maksimal jangkauan 10 meter. Jangkauan perangkat komunikasi yang lebih jauh akan memudahkan pengguna untuk melakukan monitoring dari mana saja, sehingga akan lebih fleksibel.

Penelitian terkait juga dilakukan Hidayati *et al.* (2020) yang melakukan penelitian mengenai sistem monitoring kualitas udara berbasis *fuzzy logic*. Penelitian ini menampilkan hasil monitoring menggunakan Dot Matrix P10, artinya dalam pemantauan kualitas udara masih dilakukan secara manual. Selain itu, ketika ingin melakukan penyimpanan atau analisis data yang sudah dimonitoring harus mengambil dari memori penyimpanan yang telah terpasang. Oleh karena itu, penggunaan Dot Matrix P10 sebagai *outputan* kurang efektif.

Penelitian terkait juga telah dilakukan oleh Raditya (2022) dan Prantica (2022) yang melakukan penelitian mengenai sistem monitoring kualitas udara berbasis mikrokontroler ESP32 dengan keluaran berupa panel P10 dan menggunakan penyimpanan data berupa *SD card*. Hal ini mempunyai kelemahan pada saat ingin memperoleh dan mengolah data dimana harus mengambil secara manual melalui *SD card*.

Proses monitoring dan penyimpanan data kualitas udara sebaiknya dilakukan dengan menggunakan sistem akuisisi data berbasis *Personal Computer (PC)* agar

lebih efektif dan fleksibel. Oleh karena itu, diperlukan sebuah *software* untuk merancang dan menampilkan hasil akuisisi data pada PC. Menurut Slavov *et al.* (2008) memilih *software* untuk digunakan merupakan salah satu poin yang paling sulit. Menurut penelitian ini *software* yang paling terkenal dan kuat untuk akuisisi data, pengkondisian sinyal, dan analisis adalah Matlab dan LabVIEW. Namun, LabVIEW masih lebih baik dari pada Matlab dalam menciptakan aplikasi yang lebih mudah untuk instrumentasi. LabVIEW juga memungkinkan perhitungan matematika yang lebih kompleks. Selain itu, LabVIEW juga merupakan satu-satunya lingkungan pengembangan grafis yang lengkap dan tersedia secara komersial di dunia. Sehingga memprogram sistem dengan kompleksitas tak terbatas bermuara pada plot objek yang benar pada diagram skematik dan menghubungkannya dengan “kabel” secara tepat.

Berdasarkan penjelasan di atas, berkembangnya teknologi komunikasi tidak lepas dari kebutuhan umat manusia untuk menyelesaikan suatu masalah. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk membangun sistem monitoring pencemaran udara adalah teknologi jaringan sensor nirkabel (Iqbal & Hermanto, 2017). Teknologi jaringan sensor nirkabel merupakan salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang terdiri dari beberapa alat sensor yang saling bekerja sama untuk memonitor fisik dan kondisi lingkungan seperti suhu, air, getaran atau gempa, polusi udara dan lain-lain. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diterapkan perkembangan teknologi WiFi pada jaringan komunikasi jaringan sensor nirkabel, untuk mengakses data pemantauan kualitas udara. Data hasil pemantauan *node-node* sensor akan ditransmisikan ke mikrokontroler, dan kemudian data tersebut di transfer ke PC dan diolah sehingga diperoleh informasi dari kualitas udara secara

*real time*. Dengan begitu pada PC diperlukan *software* yang akan dirancang dengan menggunakan LabVIEW dan berkomunikasi secara nirkabel dengan multisensor yang telah dibangun menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk menampilkan hasil pembacaan multisensor yang mendeteksi gas CO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, suhu dan kelembaban.

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang *software* sistem akuisisi data monitoring kualitas udara berbasis multisensor secara nirkabel menggunakan LabVIEW?;
2. Bagaimana pengaruh *baud rate* yang akan digunakan terhadap *time average* transfer data?;
3. Bagaimana menganalisa pengaruh jarak terhadap koneksi WiFi pada *software* LabVIEW?.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang *software* sistem akuisisi data monitoring kualitas udara berbasis multisensor secara nirkabel menggunakan LabVIEW;
2. Menganalisa pengaruh *baud rate* yang akan digunakan terhadap *time average* pada saat proses transfer data;
3. Menganalisa pengaruh jarak terhadap koneksi WiFi pada *software* LabVIEW.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah menghasilkan *software* yang dapat memudahkan dalam monitoring kualitas udara di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari topik adalah sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini hanya membahas bagaimana perancangan *software* mengenai sistem akuisisi data monitoring kualitas udara, tidak dibahas mengenai pembuatan *hardware*;
2. Metode akuisisi data yang digunakan adalah secara nirkabel yaitu menggunakan WiFi;
3. Perangkat WiFi yang digunakan untuk proses transfer data adalah WiFi yang terdapat pada NodeMCU ESP32 38 pin;
4. Program yang digunakan untuk membuat *software* monitoring adalah LabVIEW.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai alat monitoring kualitas udara menggunakan *software* telah dilakukan oleh banyak peneliti, masing-masing mempunyai metode dan tujuan yang berbeda. Beberapa diantaranya digunakan untuk membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Habibah *et al.* (2019) melakukan penelitian dengan membuat sebuah monitoring kualitas udara dengan menggunakan sensor gas O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, dan gas CO dengan melakukan perbandingan nilai agar dapat mengetahui kelayakan kualitas udara tersebut. Penelitian ini menggunakan *software* LabVIEW yang digunakan untuk menampilkan dan memonitoring data hasil pengukuran yang dikirim oleh Arduino, yang berkomunikasi menggunakan *Ethernet*. Sistem kerja pada penelitian ini dimulai dengan *input* berupa gas polutan pabrik yang akan dideteksi menggunakan *array* sensor. Dari hasil deteksi *array* sensor akan dikirimkan dan diproses oleh Arduino Mega. Data yang telah diproses kemudian akan dikirimkan melalui komunikasi data melalui *wireless*. *Wireless* akan mengirimkan data ke komputer, yang selanjutnya akan ditampilkan, dimonitoring, serta disimpan dengan aplikasi yang telah dibuat menggunakan LabVIEW. Dari sistem kerja alat yang dibuat pada penelitian ini mendapatkan hasil yaitu alat dapat mendeteksi gas CO dengan *error*

sebesar 0,17% - 0,23%. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh data dari sensor berupa dapat di deteksi dengan jarak sebesar 0 - 150 meter. Namun, pada sistem kerja alat ini masih terdapat kelemahan pada perangkat komunikasi yaitu *Ethernet Shield* karena masih sering terjadi gangguan saat pengiriman data ke *software LabVIEW*.

Ulaan *et al.* (2022) melakukan penelitian mengenai pembuatan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan. Pada penelitian ini dirancang sebuah alat yang dapat memonitoring kadar kualitas udara, CO<sub>2</sub>, debu, asap, CO, dan H<sub>2</sub>. Untuk *software* monitoring yang digunakan adalah menggunakan *smartphone* android serta menggunakan modul *bluetooth* ESP32. Sistem kerja pada penelitian ini adalah dengan pembacaan *input* oleh sensor yang kemudian data tersebut dikirimkan ke mikrokontroler ESP32. Setelah data diterima, kemudian diproses dan dikirimkan ke aplikasi yang telah dibuat pada *handphone* android dengan menggunakan komunikasi modul *bluetooth*. Kemudian data akan ditampilkan untuk memonitoring kualitas udaranya. Alat yang telah dibuat hanya dapat digunakan kurang lebih 10 meter karena media komunikasi yang digunakan adalah *bluetooth*.

Hidayati *et al.* (2020) melakukan penelitian sistem monitoring kualitas udara berbasis *fuzzy logic*. *Fuzzy logic* dianggap dapat mempresentasikan setiap keadaan atau mewakili pemikiran manusia atau bisa disebut *fuzzy logic* merupakan salah satu komponen pembentuk *soft computing*. Mikrokontroler yang digunakan Arduino UNO R3 yang akan memproses pengukuran debu, CO, dan CO<sub>2</sub>. *Input* masukkan pembacaan kualitas udara yang digabungkan dengan logika *fuzzy* metode *sugeno* guna mengoptimalkan kerja sensor agar data yang didapat menjadi satuan

*fuzzy*, sehingga alat ini dapat mengklasifikasikan tingkat kualitas udara dan dapat menampilkan kondisi udara dari tingkat baik, sedang, tidak sehat, sangat tidak sehat dan berbahaya yang akan ditampilkan pada Dot Matrix P10. Penelitian ini menggunakan pemrograman di *sketch* arduino, dimana *fuzzy logic* metode sugeno akan ditampilkan hasil melalui serial monitor yang kemudian ditampilkan pada *running text* Dot Matrix P10. Dari hasil pengujian diperoleh hasil pembacaan nilai *error* dengan menggunakan metode *fuzzy* sugeno sebesar 0,73%, sehingga keberhasilan pembacaan *output* sebesar 99,27%. Pada penelitian ini hanya menampilkan *output* monitoring dengan menggunakan Dot Matrix P10, sehingga dalam monitoring dan pengambilan data masih manual.

## **2.2. Teori Dasar**

### **2.2.1 Kualitas Udara**

Kegiatan manusia secara langsung atau tidak langsung maupun akibat proses alam menyebabkan kualitas udara menurun sampai ke tingkat tertentu. Sehingga menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai peruntukannya (Indrayani & Asfiati, 2018). Semakin meningkatnya pertumbuhan suatu kota, beriringan dengan meningkatnya kegiatan manusia, dan bertambahnya jumlah kendaraan di perkotaan mengakibatkan komposisi udara ambien mengalami perubahan kualitas. Udara ambien merupakan udara bebas dipermukaan bumi yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010).

Perubahan kualitas udara ambien perlu dicegah agar tidak terjadi pencemaran udara. Menurut Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup (2010) pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan. Sumber pencemaran udara terbagi menjadi dua yaitu sumber bergerak dan sumber tidak bergerak. Sumber bergerak adalah sumber emisi yang bergerak atau tidak tetap pada suatu tempat yang berasal dari kendaraan bermotor. Sedangkan sumber tidak bergerak adalah sumber emisi yang tetap pada suatu tempat contohnya adalah asap yang terdapat pada industri, pembangkit listrik dan rumah tangga. Dampak dari pencemaran udara bagi kesehatan manusia karena bahan pencemar adalah asma dan bronkitis karena terjadi iritasi mukosa saluran pernafasan, infeksi dan alergi disebabkan oleh partikel debu, *Chronic Non Spesific Respiratori Disease* (CNSRD) yang disebabkan oleh Nitrogen ( $\text{NO}_x$ ) dan Sulfur Dioksida ( $\text{SO}_2$ ) (Budiyono, 2010). Selain itu, terpaparnya polusi udara dalam jangka panjang akan meningkatkan risiko tekanan darah tinggi (hipertensi) (Kementrian Kesehatan, 2019).

Pengendalian pencemaran udara adalah upaya pencegahan dan/atau penanggulangan pencemaran udara serta pemulihan mutu udara (Peraturan Pemerintah RI, 2020). Pengendalian dilakukan dengan perangkat yang terdiri atas peralatan pemantau kualitas udara ambien yang beroperasi secara terus menerus dan datanya dapat dipantau langsung.

### 2.2.2 Sistem Monitoring

Sistem monitoring merupakan suatu proses untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber daya. Biasanya data yang dikumpulkan merupakan data yang *real time*. Secara garis besar tahapan dalam sebuah sistem monitoring terbagi ke dalam tiga proses besar (Ohara, 2005), yaitu:

1. Proses di dalam pengumpulan data monitoring
2. Proses di dalam analisis data monitoring
3. Proses di dalam menampilkan data hasil monitoring

Sistem pemantauan adalah sistem yang sangat diperlukan dalam aplikasi. Di sini sistem pemantauan bertindak sebagai penyedia data kemudian diproses lebih lanjut setelah pengiriman data dari sistem. Sistem monitoring berasal dari kata bahasa Inggris yaitu "*monitoring system*" dalam bahasa Indonesia adalah sistem pemantauan dan secara umum diambil sebagai tindakan pencegahan. Sistem pemantauan memiliki dua konfigurasi data dalam bentuk (Suryantoro & Budiyanto, 2019):

1. Data konfigurasi untuk aplikasi monitor itu sendiri.
2. Data konfigurasi sistem yang dipantau.

### 2.2.3 Parameter Pengukuran

#### 2.2.3.1 Temperatur/Suhu

Suhu adalah variabel fisis yang perlu diketahui secara tepat untuk penggunaan tertentu terutama pada pengukuran untuk menentukan kualitas udara. Suhu adalah derajat panas dan dingin suatu benda. Derajat panas dan dingin ini dipengaruhi oleh *enthalpi* (energi) yang dimiliki suatu zat (Tengger & Ropiudin, 2019).

Sederhananya, semakin tinggi suhu suatu benda, semakin panas benda itu. Secara mikroskopis, suhu menunjukkan energi yang dimiliki suatu benda. Setiap atom suatu benda bergerak baik dalam bentuk perpindahan maupun dalam bentuk gerakan di tempat, getaran. Semakin tinggi energi atom-atom penyusun benda, semakin tinggi suhu benda tersebut. Suhu juga disebut temperatur yang diukur dengan alat termometer. Empat macam satuan yang paling dikenal adalah *Celsius* (C), *Reaumur* (R), *Fahrenheit* (F), dan *Kelvin* (K). Secara kualitatif, kita dapat mengetahui bahwa suhu adalah sensasi dingin atau hangatnya sebuah benda yang dirasakan ketika menyentuhnya. Secara kuantitatif, kita dapat mengetahuinya dengan menggunakan termometer atau pengukur suhu lainnya. Suhu udara ambien mungkin bukan prediktor terbaik suhu kulit, yang merupakan pemicu utama mekanisme pendinginan dan pemanasan tubuh (Barnett *et al.*, 2010).

Keadaan suhu udara pada suatu tempat di permukaan bumi akan ditentukan oleh faktor-faktor (Swarinoto & Sugiyono, 2011) sebagai berikut:

1) Lamanya Penyinaran Matahari

Semakin lama matahari memancarkan sinarnya disuatu daerah, makin banyak panas yang diterima. Keadaan atmosfer yang cerah sepanjang hari akan lebih panas daripada jika hari itu berawan sejak pagi.

2) Kemiringan Sinar Matahari

Suatu tempat yang posisi matahari berada tegak lurus di atasnya, maka radiasi matahari yang diberikan akan lebih besar dan suhu ditempat tersebut akan tinggi, dibandingkan dengan tempat yang posisi matahari lebih miring.

### 3) Keadaan Awan

Adanya awan di atmosfer akan menyebabkan berkurangnya radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi. Karena radiasi yang mengenai awan, oleh uap air yang ada di dalam awan akan dipencarkan, dipantulkan, dan diserap.

### 4) Keadaan Permukaan Bumi

Perbedaan sifat darat dan laut akan mempengaruhi penyerapan dan pemantulan radiasi matahari. Permukaan darat akan lebih cepat menerima dan melepaskan panas energi radiasi matahari yang diterima dipermukaan bumi dan akibatnya menyebabkan perbedaan suhu udara di atasnya.

#### **2.2.3.2 Kelembapan**

Kelembapan udara adalah banyaknya uap air yang terkandung dalam udara atau atmosfer. Pengertian lain dari kelembapan itu sendiri adalah perbandingan antara jumlah uap air yang ada dalam udara pada suatu waktu tertentu dengan jumlah uap air maksimal pada udara dengan tekanan dan temperatur yang sama (Lahdji & Putra, 2017). Besarnya tergantung dari masuknya uap air ke dalam atmosfer karena adanya penguapan dari air yang ada di lautan, danau, dan sungai, maupun dari air tanah. Disamping itu terjadi pula dari proses transpirasi, yaitu penguapan dari tumbuh-tumbuhan. Sedangkan banyaknya air di dalam udara bergantung kepada banyak faktor, antara lain adalah ketersediaan air, sumber uap, suhu udara, tekanan udara, dan angin. Uap air dalam atmosfer dapat berubah bentuk menjadi cair atau padat yang akhirnya dapat jatuh ke bumi antara lain sebagai hujan. Kelembapan udara yang cukup besar memberi petunjuk langsung bahwa udara banyak mengandung uap air atau udara dalam keadaan basah (Swarinoto & Sugiyono, 2011).

### 2.2.3.3 Kadar *Particulate Matter* (PM<sub>2.5</sub>)

Salah satu pencemar udara yang dihasilkan dari sektor transportasi adalah *Particulate Matter* (PM) yang terbagi menjadi dua jenis yaitu PM<sub>10</sub> dan PM<sub>2.5</sub> (Nelvidawati, 2022). Partikulat ini mempunyai komposisi debu berupa campuran kompleks debu, kotoran, air, dan asap yang memiliki ukuran sebesar kurang dari 10  $\mu\text{m}$  (PM<sub>10</sub>) dan kurang dari 2,5  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2.5</sub>) (Vaicdan *et al.*, 2019). Namun PM<sub>2.5</sub> lebih sering diteliti karena memiliki kemampuan dapat menembus paru-paru paling dalam dan beredar dalam aliran darah (Novirsa & Achmadi, 2012). PM<sub>2.5</sub> atau yang disebut *fine particle* merupakan salah satu jenis partikulat yang mempunyai ukuran sangat kecil dan dapat menyebabkan berbagai macam penyakit (Arba *et al.*, 2021). PM<sub>2.5</sub> dapat menyebabkan infeksi pada saluran pernafasan akut (ISPA), kanker paru-paru, kardiovaskuler, dan penyakit paru-paru *obstruktif* kronis, bahkan kematian dini (Susanti *et al.*, 2021). Nilai ambang batas yang diperbolehkan berada dalam udara ambien dari PM<sub>2.5</sub> adalah 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (BMKG, 2022).

### 2.2.3.4 Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>)

SO<sub>2</sub> adalah salah satu pencemar udara bersumber dari industri yang berperan sebagai prekursor asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), partikel aerosol yang mempunyai pengaruh terhadap deposisi asam, iklim global, dan lapisan ozon global (Cahyono, 2011). Sedangkan menurut Krzyzanowski (2012), gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil di pembangkit listrik, fasilitas industri, pada sumber bergerak seperti lokomotif, kapal, mobil, dan peralatan lainnya, serta pembakaran perumahan merupakan gas SO<sub>2</sub>. Hal ini diperkuat oleh Wijarti *et al.*, (2016) yang menyebutkan bahwa SO<sub>2</sub> terbentuk saat terjadi pembakaran bahan bakar fosil yang mengandung sulfur. Konsentrasi SO<sub>2</sub> di udara dipengaruhi oleh kecepatan angin, suhu, dan

kelembapan udara. Kecepatan angin dan kelembapan udara berbanding terbalik dengan konsentrasi  $\text{SO}_2$ , sedangkan suhu berbanding lurus. Artinya bahwa, semakin tinggi kecepatan angin dan kelembapan maka konsentrasi  $\text{SO}_2$  semakin rendah, sebaliknya semakin tinggi suhu maka konsentrasi  $\text{SO}_2$  dalam udara akan semakin tinggi (Istantinova *et al.*, 2013).  $\text{SO}_2$  merupakan gas tak berwarna yang dapat menimbulkan rasa jika mempunyai konsentrasi 0,3 ppm dan menghasilkan bau yang kuat pada tingkat konsentrasi yang lebih besar dari 0,5 ppm.  $\text{SO}_2$  adalah gas yang dapat diserap oleh selaput lendir hidung dan saluran pernafasan. Sehingga, jika terpapar  $\text{SO}_2$  dari pembakaran batubara dalam jangka waktu yang lama dapat mengganggu fungsi paru-paru atau menimbulkan penyakit pernafasan lainnya (Jacobson, 2002).

**Tabel 2.1** Efek gas  $\text{SO}_2$  terhadap kesehatan

<b>Konsentrasi <math>\text{SO}_2</math></b>	<b>Efek / dampak terhadap kesehatan</b>
3 – 5 ppm	Sudah berbau
8 – 12 ppm	Menimbulkan iritasi saluran pernafasan
20 ppm	Menimbulkan iritasi pada mata
20 ppm	Menyebabkan batuk
20 ppm	Maksimum konsentrasi untuk pemaparan yang lama
50 – 100 ppm	Maksimum konsentrasi untuk pemaparan selama 30 menit
– 500 ppm	Berbahaya walaupun untuk pemaparan yang singkat

Sumber: Cahyono, 2011.

**Tabel 2.1** merupakan efek yang terjadi pada kesehatan dengan rentang konsentrasi tertentu.  $\text{SO}_2$  di udara mempunyai pengaruh langsung terhadap manusia terutama karena sifat iritasi dari gas itu sendiri.  $\text{SO}_2$  ini dapat menyebabkan penyakit *bronchitis*, *emphisemia* dan lain-lain, serta penderita penyakit saluran pernafasan menjadi lebih parah keadaannya.

### 2.2.3.5 Karbon Monoksida (CO) dan Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)

CO adalah gas hasil pembakaran yang bersifat racun bagi darah manusia pada saat melakukan pernafasan yang mengakibatkan berkurangnya oksigen pada jaringan darah. Udara ambien mengandung cukup banyak CO, dimana gas ini terbentuk akibat adanya suatu pembakaran yang tidak sempurna. Gas CO mempunyai ciri tidak berbau, tidak terasa, serta tidak berwarna. Sifat CO yang berupa gas yang tidak berbau dan tidak berwarna serta sangat toksik tersebut, maka CO sering disebut sebagai *silent killer*. Efek terhadap kesehatan gas CO merupakan gas yang berbahaya untuk tubuh karena daya ikat gas CO terhadap Hb adalah 240 kali dari daya ikat CO terhadap O<sub>2</sub>. Apabila gas CO darah (HbCO) cukup tinggi, maka akan mulai terjadi gejala antara lain pusing kepala (HbCO 10 persen), mual dan sesak nafas (HbCO 20 persen), gangguan penglihatan dan konsentrasi menurun (HbCO 30 persen) tidak sadar, koma (HbCO 40-50 persen) dan apabila berlanjut akan dapat menyebabkan kematian (Maryanto *et al.*, 2009). Pada paparan menahun akan menunjukkan gejala gangguan syaraf, *infark* otak, *infark* jantung dan kematian bayi dalam kandungan. Gas CO yang tinggi di dalam darah dapat berasal dari rokok dan asap dari kendaraan bermotor. Kendaraan bermotor memberi kontribusi yang besar dalam peningkatan kadar CO yang membahayakan (Kosegeran *et al.*, 2013). Gas buang kendaraan bermotor merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60%-70% pencemaran udara di Indonesia disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar (Simanjuntak, 2013).

Senyawa kimia yang terdiri atas dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan satu atom 21 karbon disebut karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Gas tersebut diperlukan

sebagai pengatur tingkat keasaman darah dan mendukung proses pernapasan oleh tubuh, namun jika kadarnya melebihi akan menyebabkan keracunan dikarenakan gas tersebut menghalangi pelepasan O<sub>2</sub> dalam tubuh. CO<sub>2</sub> sering disebut gas asam arang yang merupakan senyawa kimia yang sangat penting bagi kehidupan organisme di dunia ini. Udara bersih mengandung kira-kira 0,03% karbon dioksida. Jumlah CO<sub>2</sub> ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan kadar oksigen dan nitrogen yang terdapat dalam udara. Gas CO<sub>2</sub> dalam udara murni berjumlah 0,03%, bila melebihi toleransi dapat mengganggu pernapasan. Selain itu, gas CO<sub>2</sub> yang terlalu berlebihan di bumi dapat mengikat panas matahari sehingga suhu bumi panas. Pemanasan global di bumi akibat CO<sub>2</sub> disebut juga sebagai efek rumah kaca (Rahmi *et al.*, 2011). Karbon dioksida merupakan salah satu penyebab utama efek rumah kaca dengan perkiraan 50% tertimbun di atmosfer (Sukmawati *et al.*, 2015).

#### **2.2.3.6 Amonia (NH<sub>3</sub>)**

Gas Amonia merupakan senyawa yang memiliki sifat nonkarsinogen atau tidak menimbulkan efek kanker, gas ini merupakan gas yang tidak memiliki warna dan berbau tajam. Amonia merupakan zat yang beracun dan memiliki bau menyengat yang menimbulkan keresahan dan terganggunya masyarakat sekitarnya. Jika terpapar amonia akan menyebabkan dampak pada kesehatan, salah satunya berupa kerusakan sel hepar yang dapat diketahui dengan mengukur jumlah enzim transaminase yaitu *Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase* (SGOT) dan *Serum Glutamic Pyruvic Transaminase* (SGPT) (Saputra *et al.*, 2018). Amonia juga dapat mengiritasi jalur napas dan menyebabkan batuk, juga iritasi mata dan kulit jika dalam bentuk cairan dan terpapar secara langsung tergantung kadar yang mengenai, seperti yang terlihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2.2** Data efek kesehatan dari Amonia (NH<sub>3</sub>)

Kadar (ppm)	Efek Kesehatan
24-50	Iritasi mata dan saluran pernafasan atas setelah sepuluh menit paparan.
51-130	Iritasi hidung dan tenggorokan.
500-1720	Perubahan tingkat pernafasan dan timbul batuk.
2500-6500	Sesak nafas dengan cepat, luka bakar (mata, wajah, dan mulut).
>10000	Edema paru, berpotensi fatal akumulasi cairan di paru-paru dan kematian

Sumber: (Siswanti & Suryono, 2016).

Seharusnya ada peraturan tegas terkait sanitasi keluaran dari gas yang dikategorikan sebagai polutan udara bebas dan kebijakan kesehatan mengenai keamanan lingkungan terbuka yang aman bagi makhluk hidup terutama kesehatan manusia, amonia dikategorikan sebagai gas buangan yang mengganggu dikarenakan bau yang ditimbulkan oleh gas amonia tersebut sangat tidak sedap (Andarini *et al.*, 2017).

### 2.2.3.7 Hidrogen (H<sub>2</sub>)

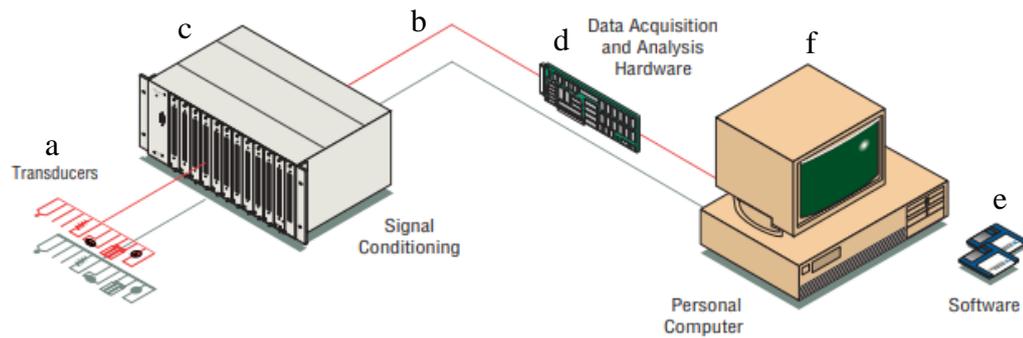
Hidrogen adalah unsur terbanyak ketiga yang terdapat di bumi yaitu sebesar 1400 ppm (0,14% berat) atau 2,9% mol. Hidrogen juga mempunyai jumlah yang sangat melimpah di alam, 93% dari seluruh atom yang ada di jagat raya adalah hidrogen (Lestari *et al.*, 2013). Hidrogen pada suhu dan tekanan standar mempunyai sifat, tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar ketika mencapai konsentrasi sebesar 4%. Gas hidrogen bercampur dengan gas oksigen di udara akan menyebabkan hidrogen meledak ketika disulut api atau akan meledak ketika

mencapai temperatur 560°C. Kadar hidrogen pada kondisi udara normal sebesar 2288 ppm (Sandi *et al.*, 2018).

#### **2.2.4 Data Acquisition (DAQ) System**

Perlakuan utama pada sistem DAQ adalah pengambilan sampel sinyal yang mengukur kondisi (tegangan, arus) dan mengubah sampel yang dihasilkan menjadi nilai digital yang dapat diolah, misalnya oleh komputer (Emilio, 2013). DAQ adalah instrumen utama yang digunakan dalam penelitian laboratorium dari para ilmuwan dan insinyur, khususnya untuk pengujian dan pengukuran, otomatisasi, dan yang lainnya. Biasanya, sistem DAQ merupakan instrumen untuk keperluan umum yang sangat cocok digunakan untuk mengukur sinyal tegangan atau arus. Namun, banyak sinyal keluaran sensor dan transduser harus dikondisikan sebelum *board* dapat memperoleh dan mengubah sinyal dalam bentuk digital. Elemen dasar DAQ ditunjukkan pada **Gambar 2.1** dan disebutkan sebagai berikut.

- a. Sensor dan transduser
- b. Pengkabelan
- c. Pengkondisian sinyal
- d. *Hardware* DAQ
- e. *Software* DAQ
- f. PC (dengan sistem operasi)



**Gambar 2.1** Sistem DAQ Berbasis PC (National Instruments, 1999)

Transduser dapat digunakan untuk mendeteksi berbagai fenomena fisik yang berbeda seperti gerakan, sinyal listrik, energi radiasi, dan termal, magnetik, atau energi mekanik. Mereka digunakan untuk mengubah satu jenis energi menjadi energi lain. Jenis *input* atau *output* dari transduser yang digunakan tergantung pada jenis sinyal yang terdeteksi atau proses yang dikendalikan; dengan cara lain, kita dapat mendefinisikan transduser sebagai perangkat yang mengubah satu fenomena fisik menjadi fenomena lainnya. Perangkat dengan fungsi *input* disebut sensor karena mendeteksi peristiwa fisik yang berubah sesuai dengan beberapa peristiwa seperti panas atau gaya misalnya. Sebaliknya, perangkat dengan fungsi *output* disebut aktuator dan digunakan dalam sistem kontrol untuk memantau dan membandingkan nilai perangkat eksternal. Sensor dan transduser termasuk dalam kategori transduser (Emilio, 2013).

Terdapat banyak jenis transduser yang berbeda. Setiap transduser memiliki karakteristik *input* dan *output* dan pilihannya tergantung pada tujuan sistem, misalnya dari jenis sinyal yang harus dideteksi dan sistem kontrol yang digunakan untuk mengelolanya. Sensor menghasilkan sinyal tegangan atau arus keluaran sesuai dengan variasi fenomena fisik yang diukur. Terdapat dua jenis sensor yang biasa digunakan yaitu aktif dan pasif. Sensor aktif membutuhkan catu daya

eksternal untuk bekerja, sebaliknya sensor pasif menghasilkan sinyal dalam *output* tanpa catu daya eksternal. Pengkondisian sinyal terdiri dari pengelolaan sinyal analog agar memenuhi persyaratan sistem elektronik berikutnya untuk pemrosesan tambahan. Secara umum, dalam berbagai aplikasi sistem kendali terdapat tahap penginderaan (misalnya sensor), tahap pengkondisian, dan tahap pemrosesan. Tahap pengkondisian dapat dibangun, misalnya menggunakan operasional amplifier untuk memperkuat sinyal dan selain itu, dapat mencakup penyaringan, konversi, pencocokan jangkauan, isolasi, dan proses lain yang diperlukan untuk membuat keluaran sensor sesuai untuk tahap pemrosesan. Tahap pemrosesan mengelola sinyal yang dikondisikan pada tahap lain seperti konverter *analog-to-digital*, mikrokontroler, dan sebagainya (Park & Mackay, 2003).

## **2.2.6 Sistem Transmisi Data**

Sistem transmisi data atau *data transmission* atau *data communication* adalah teknik untuk mengirimkan informasi-informasi dengan menggunakan peralatan-peralatan elektronik. Sistem transmisi juga disebut sebagai media atau saluran yang digunakan untuk mengirimkan data, bisa berupa kabel, cahaya, maupun gelombang magnetik (Latif *et al.*, 2022).

### **2.2.6.1 Media Kabel**

Media kabel merupakan semua media transmisi data yang terbuat dari bahan tembaga. Data yang dikirim melalui kabel, bentuknya adalah sinyal-sinyal listrik (tegangan atau arus) digital (Fatih & Ropianto, 2019). Adapun jenis kabel yang digunakan pada transmisi data:

### 1. *Twisted Pair* (kabel dua kawat)

Media Transmisi *Twisted Pair* dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu:

#### a) *Unshielded Twisted Pair* (UTP)

Kabel UTP adalah sebuah jenis kabel jaringan yang menggunakan bahan dasar tembaga, yang tidak dilengkapi dengan *shield internal* seperti kabel STP. UTP merupakan jenis kabel yang paling umum yang sering digunakan di dalam jaringan lokal (LAN), karena memang harganya yang murah, fleksibel dan kinerja yang ditunjukkannya relatif bagus. Kabel UTP terdapat pelindung satu lapis yang melindungi kabel dari ketegangan fisik atau kerusakan tapi tidak seperti kabel *Shielded Twisted Pair* (STP). Pelindung tersebut tidak melindungi kabel dari interferensi elektromagnetik.

#### b) *Shielded Twisted Pair* (STP)

STP adalah kabel tembaga yang memiliki pembungkus pada masing-masing pasangan kabelnya. Pelindung tersebut terdapat pada setiap pasang kabelnya yang dilindungi oleh timah dan setiap pasang kabel tersebut masing-masing dilapisi dengan pelindung. Kabel ini sama dengan UTP, perbedaannya hanya di lapisan pelindungnya, lapisan pelindung tersebut berfungsi untuk melindungi dari interferensi gelombang elektromagnetik baik dari dalam maupun dari luar.

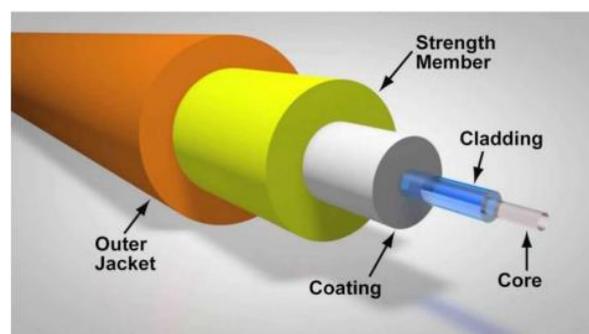
### 2. *Coaxial Cable* (kabel koaksial)

Kabel Koaksial adalah media penyalur atau transmitter yang bertugas menyalurkan setiap informasi yang telah diubah menjadi sinyal-sinyal listrik. Kabel ini memiliki kemampuan yang besar dalam menyalurkan bidang frekuensi yang lebar, sehingga sanggup mentransmisi kelompok kanal frekuensi percakapan atau program televisi.

Kabel koaksial biasanya digunakan untuk saluran interlokal yang berjarak relatif

dekat yakni dengan jarak maksimum 2.000 km. Kabel jenis ini mempunyai kemampuan dalam menyalurkan sinyal-sinyal listrik yang lebih besar dibandingkan saluran transmisi dari kawat biasa. Selain itu kabel koaksial memiliki ketahanan arus yang semakin kecil pada frekuensi yang lebih tinggi. Perambatan energi elektromagnetiknya dibatasi dalam pipa dan juga sekat dari pengaruh interferensi atau gangguan percakapan silang luar karena bentuknya yang sedemikian rupa. Dari sisi ekonomi, sistem penyaluran informasi menggunakan kabel ini memiliki kelemahan yakni dalam hal investasi dan biaya pemeliharaan yang mahal.

### 3. *Optic Fiber* (kabel serat optik)



**Gambar 2.2** Bagian *fiber* optik (Fatih & Ropianto, 2019)

Pada **Gambar 2.2** secara garis besar kabel serat optik terdiri dari 2 bagian utama, yaitu *cladding* dan *core*. *Cladding* adalah selubung dari inti (*core*). *Cladding* mempunyai indek bias lebih rendah dari pada *core* akan memantulkan kembali cahaya yang mengarah keluar dari *core* kembali kedalam *core* lagi. Dalam aplikasinya serat optik biasanya diselubungi oleh lapisan *resin* yang disebut dengan jaket, biasanya berbahan plastik. Lapisan ini dapat menambah kekuatan untuk kabel serat optik, walaupun tidak memberikan peningkatan terhadap sifat gelombang pandu optik pada kabel tersebut. Namun lapisan *resin* ini dapat menyerap cahaya dan mencegah kemungkinan terjadinya kebocoran cahaya yang keluar dari

selubung inti. Serta hal ini dapat juga mengurangi cakup silang (*crosstalk*) yang mungkin terjadi.

#### **2.2.6.2 Media Nirkabel**

Jaringan lokal nirkabel atau *Wireless Local Area Network* (WLAN) adalah suatu jaringan area lokal nirkabel yang menggunakan gelombang radio sebagai media transmisinya: link terakhir yang digunakan adalah nirkabel, untuk memberi sebuah koneksi jaringan ke seluruh pengguna dalam area sekitar. Area dapat berjarak dari ruangan tunggal ke seluruh kampus. Tulang punggung jaringan biasanya menggunakan kabel, dengan satu atau lebih titik akses jaringan menyambungkan pengguna nirkabel ke jaringan berkabel. LAN nirkabel adalah suatu jaringan nirkabel yang menggunakan frekuensi radio untuk komunikasi antara perangkat komputer dan akhirnya titik akses yang merupakan dasar dari *transceiver* radio dua arah yang tipikalnya bekerja di *bandwith* 2,4 GHz (802.11b, 802.11g) atau 5 GHz (802.11a). Kebanyakan peralatan mempunyai kualifikasi WiFi, IEEE 802.11b atau akomodasi IEEE 802.11g dan menawarkan beberapa level keamanan seperti WEP dan atau WPA (Fatih & Ropianto, 2019).

Telekomunikasi nirkabel yang dikenal sebagai *Institute for Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) 802.11 adalah seperangkat standar untuk menerapkan transfer informasi antara dua titik yang tidak terhubung secara fisik. Pita frekuensinya adalah 2.4 , 3.6, dan 5 GHz . Contoh lain dari teknologi nirkabel adalah GPS, *bluetooth*, dan sebagainya. Keluarga 802.11 terdiri dari serangkaian teknik modulasi *over-the-air half-duplex* yang menggunakan protokol dasar yang sama. Protokol yang ditentukan oleh 802.11b dan 802.11g merupakan yang paling

populer, yang sesuai dengan standar aslinya. Standar 802.11 saat ini mendefinisikan jenis "*frame*" untuk digunakan dalam transmisi. Setiap *frame* terdiri dari *header Medium Access Control (MAC)*, *payload*, dan *Frame Check Sequence (FCS)* (Geier, 2007).

*Wireless* atau dalam bahasa Indonesia disebut nirkabel, adalah teknologi yang menghubungkan dua piranti untuk bertukar data tanpa media kabel. Data dipertukarkan melalui media gelombang cahaya tertentu (seperti teknologi infra merah pada remote TV) atau gelombang radio (seperti *bluetooth* pada komputer dan ponsel) dengan frekuensi tertentu. Media *wireless* yang tidak kasat mata ini menawarkan cukup banyak keuntungan bagi penggunanya (Fatih & Ropianto, 2019), diantaranya:

1. Meningkatkan produktivitas Jaringan WLAN

sangat mudah untuk diimplementasikan, sangat rapi dalam hal fisiknya yang dapat meneruskan informasi tanpa seutas kabel pun, sangat fleksibel karena bisa diimplementasikan hampir di semua lokasi dan kapan saja, dan yang menggunakannya pun tidak terikat di satu tempat saja. Dengan semua faktor yang ada ini, para penggunanya tentu dapat melakukan pekerjaan dengan lebih mudah akibatnya pekerjaan jadi cepat dilakukan, tidak membutuhkan waktu yang lama hanya karena masalah-masalah fisik jaringan dari PC yang mereka gunakan. Berdasarkan faktor inilah, WLAN tentunya dapat secara tidak langsung meningkatkan produktivitas dari para penggunanya cukup banyak faktor penghambat yang ada dalam jaringan kabel yang dapat dihilangkan jika anda

menggunakan media ini. Meningkatnya produktivitas kerja para karyawannya, tentu akan sangat bermanfaat bagi perusahaan tempat mereka bekerja.

## 2. Cepat dan sederhana implementasinya

Implementasi jaringan WLAN terbilang mudah dan sederhana. Mudah karena anda hanya perlu memiliki sebuah perangkat penerima pemancar untuk membangun sebuah jaringan *wireless*. Setelah memilikinya, konfigurasi sedikit anda siap menggunakan sebuah jaringan komunikasi data baru dalam lokasi anda. Namun, tidak sesederhana itu jika anda menggunakan media kabel.

## 3. Fleksibel

media WLAN dapat menghubungkan anda dengan jaringan pada tempat-tempat yang tidak bisa diwujudkan oleh media kabel. Jadi fleksibilitas media *wireless* ini benar-benar tinggi karena anda bisa memasang dan menggunakannya dimana saja dan kapan saja, misalnya di pesta taman, di ruangan meeting darurat dan banyak lagi.

## 4. Dapat mengurangi biaya investasi

WLAN sangat cocok bagi anda yang ingin menghemat biaya yang akan dikeluarkan untuk membangun sebuah jaringan komunikasi data. Tanpa kabel berarti juga tanpa biaya, termasuk biaya termasuk biaya kabelnya sendiri, biaya penarikan, biaya perawatan, dan masih banyak lagi. Apalagi jika anda membangun LAN yang sering berubah-ubah, tentu biaya yang anda keluarkan akan semakin tinggi jika menggunakan kabel.

## 5. Skalabilitas

Dengan menggunakan media *wireless* LAN, ekspansi jaringan dan konfigurasi

ulang terhadap sebuah jaringan tidak akan rumit untuk dilakukan seperti halnya dengan jaringan kabel, disinilah nilai skalabilitas jaringan WLAN cukup terasa.

### **2.2.7 *Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench (LabVIEW)***

Pemrogram mengembangkan aplikasi perangkat lunak setiap hari dalam rangka meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam berbagai situasi. LabVIEW, sebagai bahasa pemrograman, adalah alat yang ampuh yang dapat digunakan untuk membantu mencapai tujuan tersebut. LabVIEW adalah lingkungan pemrograman grafis yang dikembangkan oleh *National Instruments* (NI), yang memungkinkan desain tingkat tinggi atau tingkat sistem desain (Kehtarnavaz & Kim, 2005). Sifat grafisnya membuatnya ideal untuk *Test and Measurement* (T&M), otomatisasi, kontrol instrumen, akuisisi data, serta analisis data aplikasi (Akshay *et al.*, 2012). Hal tersebut menghasilkan produktivitas yang signifikan perbaikan atas bahasa pemrograman konvensional. *National Instruments* berfokus pada produk untuk T&M, memberikan wawasan yang baik dalam mengembangkan LabVIEW. NI LabVIEW adalah sebuah *Graphical Programming Environment* (GPE) terbuka yang ditetapkan oleh standar industri untuk aplikasi pengujian pengukuran dan otomasi. LabVIEW dikatakan sebagai bagian integral dari instrumentasi virtual karena memberikan sebuah lingkungan pengembangan aplikasi yang mudah digunakan yang dirancang khusus dengan kebutuhan insinyur dan ilmuwan. Seperti bahasa pemrograman lainnya yaitu C++, matlab atau *visual basic*, LabVIEW juga mempunyai fungsi dan peranan yang sama, perbedaannya bahwa labVIEW menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram sementara bahasa pemrograman lainnya menggunakan basis text (Park & Mackay, 2003).

Sebuah perkembangan pada pemrograman grafik dimana teknisi dapat menggunakannya untuk mendesain suatu sistem menyerupai bentuk sistem aslinya, dapat melakukan pengamatan dengan hasil yang maksimal dan dapat mengontrol suatu aplikasi dengan *Programmable Automation Controller* (PAC).

LabVIEW adalah sebuah pemrograman yang terbuka dan fleksibel sehingga teknisi dapat menghubungkannya dengan yang lainnya seperti *Programmable Logic Controller* (PLC) dan PAC menggunakan satu paket *software*. LabVIEW adalah suatu bahasa pemrograman yang menggunakan berbagai macam ikon yang merepresentasikan suatu instruksi. Jika bahasa pemrograman *text based* mengeksekusi instruksi sesuai dengan urutan yang ditulis, LabVIEW menggunakan metode *dataflow programming* dimana alur data melalui berbagai ikon akan menentukan urutan eksekusi dari setiap instruksi. Dalam LabVIEW, *Virtual Instrument* (VI) adalah program yang menyerupai instrumen yang sesungguhnya. Karena fleksibilitasnya sifat yang modular, dan kemudian programnya.

LabVIEW juga membantu teknisi untuk semakin mudah dalam mengaplikasikan sistem PLC dengan cara penggabungan *Personal Computer* (PC) pada aplikasi mereka dengan bantuan perlengkapan *Human Machine Interface* (HMI) atau *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA). Dengan LabVIEW teknisi dapat memrogram HMI dan *logic* pada daerah yang sama sehingga dapat meminimalkan biaya pembuatan dan waktu pembelajaran serta dapat memaksimalkan keterampilan pemrograman.

Banyak *engineer* dan *scientist* yang menggunakan LabVIEW dalam membuat maupun mengembangkan aplikasi pengukuran, *data acquisition* dan aplikasi lainnya, hal ini karena *platform* LabVIEW yang dapat diintegrasikan dengan beragam *target device*, PLC, mikrokontroler, *remote terminal unit*, *remote* aplikasi *via mobile*, dan *device* lainnya.

LabVIEW semakin menarik karena banyak dibekali dengan berbagai *libraries*, untuk mempermudah penggunaannya membuat program sesuai yang diinginkan. Program LabVIEW dikenal dengan sebutan VI karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. LabVIEW memiliki beberapa kelebihan dibandingkan bahasa pemrograman lain (Pratama, 2018), diantaranya sebagai berikut:

1. Memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan mudah dibuat, sehingga menghemat waktu pembuatan. karena memiliki instruksi yang berbentuk ikon-ikon yang berbentuk grafis dengan garis atau kawat sebagai penghubungnya antara ikon satu dengan yang lainnya untuk menunjukkan aliran data.
2. LabVIEW telah memiliki integrasi dengan ribuan *hardware* dan ratusan *library* yang siap digunakan untuk aplikasi di bidang instrumentasi, pengolahan sinyal, analisis dan visualisasi data serta koneksi ke internet.
3. Menjadi jembatan antara dunia pendidikan dengan industri karena memiliki persamaan *software* sehingga memudahkan untuk transisi dan transfer teknologi antara dunia pendidikan ke industri.

4. Dengan bahasa pemrograman yang paralel, LabVIEW mampu menjalankan beberapa instruksi sekaligus dengan waktu yang bersamaan.
5. LabVIEW memiliki sifat modular yang memungkinkan pengguna untuk membuat program yang kompleks dan rumit menjadi sederhana, yaitu dengan cara membuat subprogram atau di LabVIEW disebut juga *sub-Virtual Instruments* (subVI).
6. Sebuah *software* untuk berbagai bidang dengan penggunaan mulai dari perencanaan pengukuran, *prototype*, pengujian, hingga implementasi dan pengujiannya.

#### **2.2.7.1 Pengenalan LabVIEW**

Dalam pemrograman LabVIEW, terdapat beberapa istilah penting yang harus diketahui. Diantaranya sebagai berikut:

1. VI (*Virtual Instrument*)

VI adalah program yang dibuat dengan LabVIEW.

2. SubVI

SubVI adalah sebuah VI di dalam VI (seperti sub rutin dalam bahasa pemrograman teks) yang berbentuk ikon, dengan *input* di sebelah kiri ikon dan *output* di sebelah kanan ikon.

3. *Node*

*Node* adalah semua objek di jendela *block diagram*. *Node* ini memiliki *input* atau *output* yang melakukan operasi tertentu ketika dijalankan termasuk didalamnya subVI, terminal, struktur dan fungsi.

4. Terminal

Terminal adalah ikon-ikon pada blok diagram yang mewakili objek-objek di *front*

*panel*, objek-objek ini membawa data baik yang masuk ataupun yang keluar program. Contohnya yaitu *control* dan *indicator*.

#### 5. *Control*

*Control* biasa disebut terminal *input* adalah semua objek pada *front panel* yang memasukkan data dari pengguna ke program. Contohnya yaitu tombol, saklar, *knob* dan alat *input* lainnya.

#### 6. Indikator

Indikator biasanya disebut terminal *output* adalah semua objek pada *front panel* yang menampilkan data dari program ke pengguna, indikator berkebalikan dengan kontrol. Contohnya yaitu grafik, LED.

#### 7. Struktur

Struktur adalah semua bentuk alur pemrograman. Struktur hanya terdapat pada jendela *block diagram*, berbentuk balok yang dapat diatur luasnya serta hanya bekerja untuk ikon yang berada dalam kotak struktur. Contohnya yaitu *while loop*, *sekuensial*, *case* dan lainnya.

#### 8. Fungsi

Fungsi adalah kode-kode dasar yang telah disediakan untuk membuat subVI, contohnya yaitu *subtract*.

#### 9. *Wire*

*Wire* digunakan untuk menghubungkan ikon-ikon, serta menunjukkan aliran data dan tipe data.

#### 10. Pemrograman *Dataflow*

Pemrograman *dataflow* adalah konsep pemrograman yang akan mengeksekusi *node* pada saat semua *input* telah tersedia. Ketika *node* ini telah selesai dieksekusi, maka

data akan diteruskan dari *output node* tersebut ke *node* berikutnya.

### 11. Tool Palette

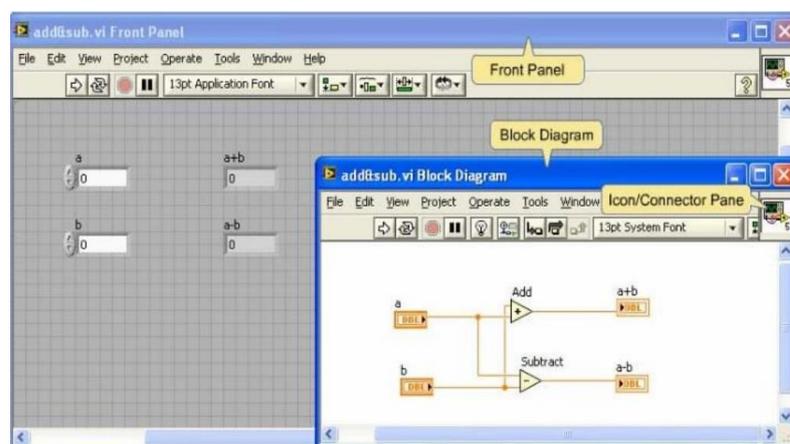
*Tool Palette* dapat digunakan untuk merencanakan dan mengoperasikan VI's yang diinginkan. Untuk menampilkan *tool palette*, dapat memilih menu *view* pada lembar *front panel* ataupun *block diagram*.

Dalam melakukan pemrograman menggunakan LabVIEW, perlu mengetahui bahwa terdapat tiga komponen utama (National Instruments, 1999), yaitu:

#### 1. Front Panel

*Front Panel* adalah desain antarmuka yang dapat digunakan untuk memberi masukan atau sebagai keluaran. Sebagai contoh *numeric control* adalah sebuah *control* yang dapat memberi masukan berupa angka atau *image display* yang dapat menampilkan gambar. *Front panel* merupakan *interface* antara pengguna *user* dengan program. Di dalam *front panel* terdapat kontrol *input* dan indikator *output*. Kontrol pada *front panel* berupa *knop*, tombol, *dial*, dan lainnya. Sedangkan untuk indikator *output* dapat berupa LED, grafik, dan tampilan lainnya ditunjukkan dalam

**Gambar 2.3.**



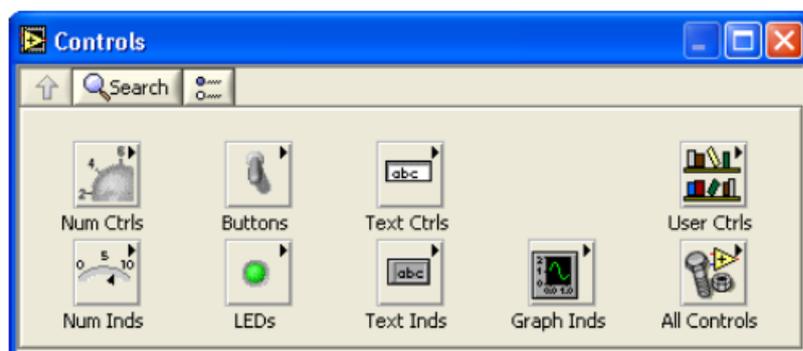
**Gambar 2.3** Front Panel dan Block Diagram (Hidayat, 2014)

## 2. *Block Diagram*

*Block diagram* berisi kode sumber yang bersifat grafis. Di dalam *block diagram*, objek dari *front panel* berbentuk terminal yang dapat dihubungkan. sehingga di dalam *block diagram* terdapat berbagai komponen yang memiliki bagian *front panel* dan juga fungsi tertentu dalam perancangan. *Block diagram* merupakan kode sumber yang menjadi inti dalam program VI, perancangan yang terdapat pada *block diagram* berupa ikon-ikon yang saling terhubung dan memiliki alur pemrograman. *Block diagram* dan *front panel* merupakan dua data terhubung dalam pemrograman LabVIEW. Adapun *block diagram* ditunjukkan dalam **Gambar 2.3**.

## 3. *Control Palette*

*Control palette* (**Gambar 2.4**) merupakan kumpulan ikon yang memiliki suatu kontrol yang ada pada *front panel*, berbagai kontrol dan indikator yang dapat dilihat oleh *user* seperti kontrol *numeric*, *string* dan lain-lain. Sedangkan *function palette* 12 merupakan kumpulan ikon yang memiliki suatu fungsi pada diagram *block* seperti *structure*, *array*, *comparison*, *data communication* dan lain-lain.



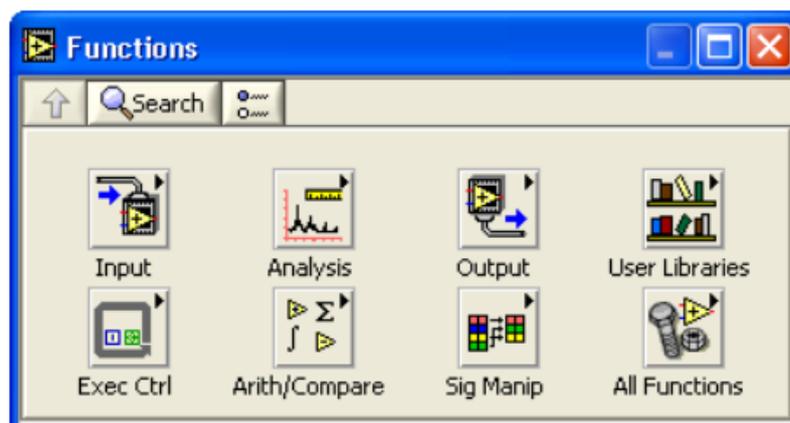
**Gambar 2.4** *Control Palette* (National Instruments, 2011)

Pada *control palette* juga terdapat tombol *search* yang dapat digunakan untuk mencari *icon control* yang belum diketahui keberadaannya. Caranya dengan

mengklik tombol *search* tersebut dan menuliskan nama *icon* yang dicari. Kemudian *click double* pada nama *icon* yang dicari, maka akan diketahui letak *icon* yang dimaksud.

#### 4. *Functions Pallette*

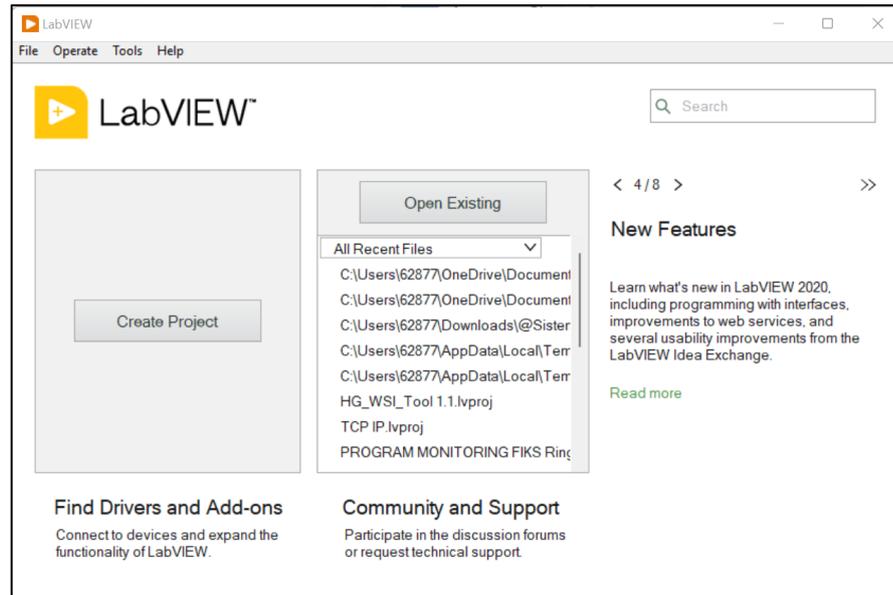
*Functions pallette* di gunakan untuk membangun sebuah *block diagram*, *functions pallette* hanya tersedia pada *block diagram*, untuk menampilkannya dapat dilakukan dengan mengklik *windows >> show control pallette* atau klik kanan pada lembar kerja *block diagram*. Contoh dari *functions pallette* ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** *Functions Pallette* (National Instruments, 2011)

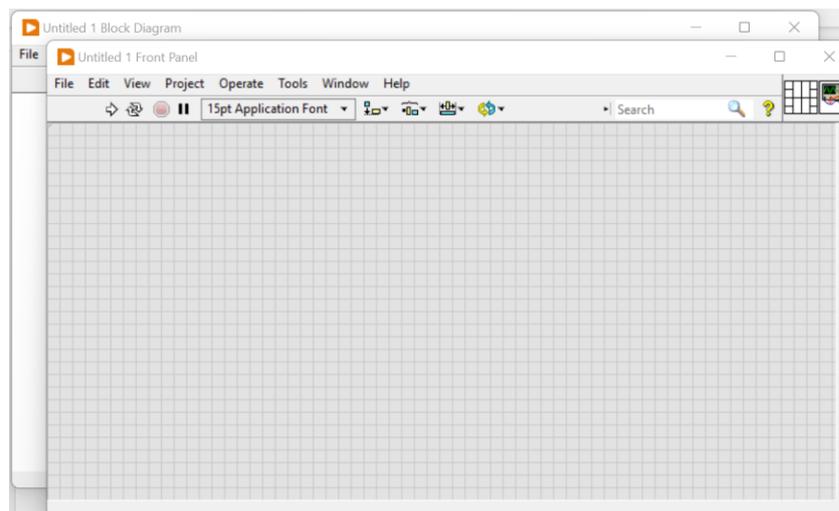
#### 2.2.7.2 Cara Menggunakan LabVIEW

Untuk menggunakan *software* LabVIEW yang pertama dilakukan adalah mengunduh *software* LabVIEW dari *National Instruments*. Setelah LabVIEW terunduh dapat memulai dengan membuka pada ikon LabVIEW pada *Personal Computer* (PC). Maka jendela akan memunculkan tampilan seperti pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** Tampilan awal saat membuka LabVIEW

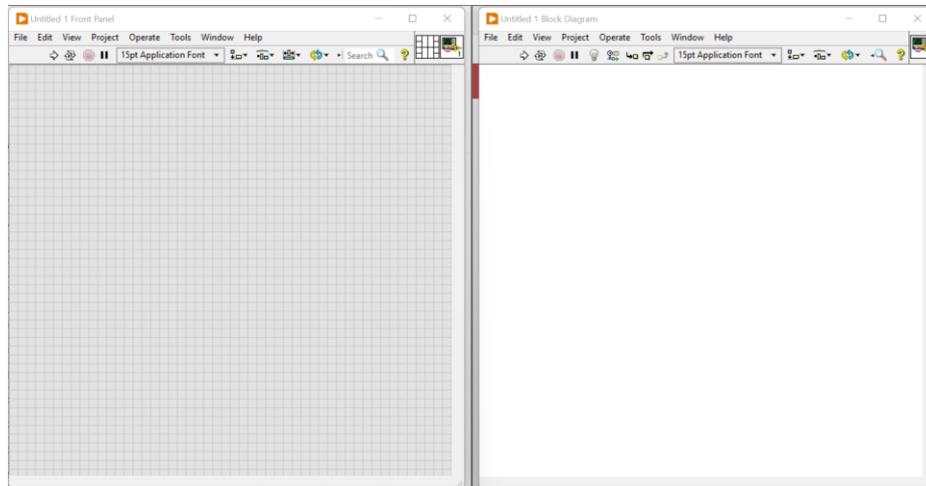
Setelah menampilkan jendela seperti pada **Gambar 2.6** selanjutnya adalah membuka lembar kerja baru dengan cara klik pada menu *file* lalu klik *New VI* atau dengan cara tekan **ctrl + N**. Setelah membuka lembar kerja baru, maka akan memunculkan tampilan seperti pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Tampilan lembar kerja baru

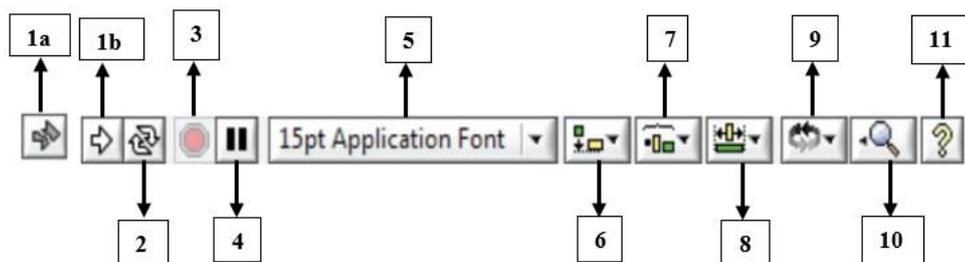
**Gambar 2.7** merupakan tampilan awal berupa *front panel* dan *block diagram* yang masih bertumpuk. Untuk memudahkan dalam pemrograman dapat meletakkan

kedua lembar kerja berdampingan dengan cara menekan **ctrl + T** seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8** Tampilan lembar kerja berdampingan

**Gambar 2.8** memudahkan dalam pemrograman sehingga dapat membuat *block diagram* dan tampilan *front panel* secara bersamaan. Untuk memulai pemrograman sebelum itu pemrogram harus mengetahui terlebih dahulu nama dan fungsi dari tombol-tombol yang tersedia pada LabVIEW. Oleh karena itu dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.



**Gambar 2.9** Tombol pada jendela depan (National Instruments, 2011)

**Gambar 2.9** merupakan tampilan dari tombol yang berada di jendela depan lembar kerja yang mempunyai nama dan fungsinya masing-masing sebagai berikut (National Instruments, 2011).

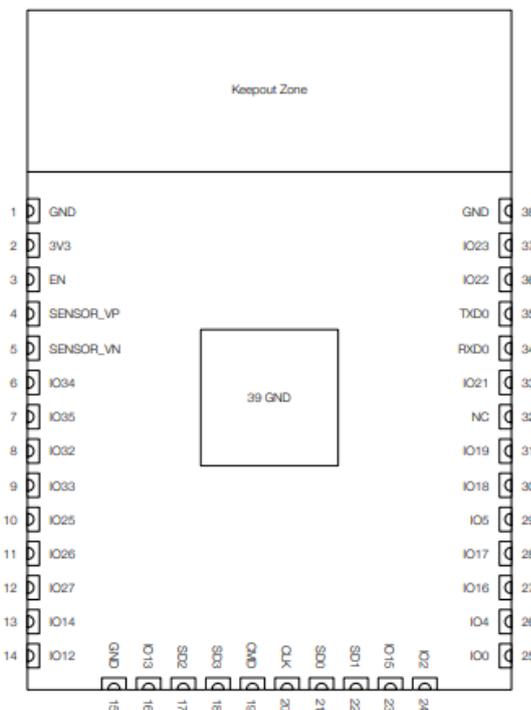
1. Bagian nomor 1b merupakan tombol *Run* yang berfungsi untuk menjalankan program VI yang dibuat. Bagian nomor 1a merupakan tombol *Run* yang rusak saat program VI dibuat mengalami kesalahan atau *error*. Untuk mengetahui kesalahan apa yang sedang terjadi silahkan klik tombol ini. Jika tombol masih seperti ini maka program yang dibuat tidak bisa dijalankan.
2. Bagian nomor 2 merupakan *Run Continuously* yang berfungsi untuk menjalankan program VI secara terus-menerus, setelah program selesai maka program akan dieksekusi dari awal Kembali. Proses ini akan berulang secara terus menerus sampai tombol *Abort* ditekan.
3. Bagian nomor 3 merupakan tombol *Abort* yang berfungsi untuk menghentikan proses *running*.
4. Bagian nomor 4 merupakan tombol *Pause* yang berfungsi untuk menghentikan proses *running* sementara.
5. Bagian nomor 5 merupakan tombol *text setting* yang berfungsi untuk mengatur *text*.
6. Bagian nomor 6 merupakan tombol *Align objek* yang berfungsi untuk mengatur tampilan dari objek.
7. Bagian nomor 7 merupakan tombol *Distribute objek* yang berfungsi untuk mengatur tampilan beberapa objek.
8. Bagian nomor 8 merupakan tombol *Resize objek* yang berfungsi untuk mengubah ukuran beberapa objek panel depan ke ukuran yang sama.
9. Bagian nomor 9 merupakan tombol *Reorder* yang berfungsi untuk mengatur tampilan objek yang saling tumpang tindih.

10. Bagian nomor 10 merupakan tombol *Search* yang berfungsi untuk mencari program yang diinginkan.
11. Bagian nomor 11 merupakan tombol *Show context help window* yang berfungsi untuk mengaktifkan tampilan jendela bantuan.

Untuk menyimpan proyek yang telah dibuat dapat memilih file pada menu utama lalu pilih *save all* untuk menyimpan *block diagram* dan *front panel*.

### 2.2.8 NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP 32 adalah mikrokontroler yang diproduksi oleh *espressif system* sebagai penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul *bluetooth* dan WiFi dalam *chip* sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things (IoT)* (Muliadi *et. al.*, 2020). ESP32 memiliki 38 pin seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.10**.



**Gambar 2.10** ESP32 Pin layout (Datasheet, 2021)

ESP32 mampu berfungsi dengan baik di lingkungan industri dengan suhu pengoperasian mulai dari  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ESP32 menambahkan fungsionalitas dan keserbagunaan yang tak terbatas ke aplikasi yang dibuat. Dibuat untuk perangkat seluler, elektronik yang dapat dikoneksikan, dan aplikasi IoT. ESP32 dapat mencapai konsumsi daya yang sangat rendah dengan kombinasi beberapa jenis perangkat lunak resmi. ESP32 dapat berinteraksi dengan sistem lain dengan menyediakan fungsionalitas WiFi dan *bluetooth* (Datasheet, 2021).

WiFi ESP32 memiliki fitur utama berupa WiFi 802.11 b/g/n, 802.11 n (2,4 GHz), hingga 150 Mbps. Sinyal WiFi umumnya tidak akan menembus dinding logam atau beton, begitu juga pohon, dan dedaunan karena merupakan penghalang frekuensi WiFi 802.11 yang akan menghalangi sebagian atau seluruh sinyal WiFi. Terdapat beberapa faktor penentu dari jangkauan WiFi yaitu sebagai berikut.

1. Frekuensi radio

Umumnya sinyal WiFi yang ada pada saat ini dibagi kepada sinyal WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz dan juga 5 GHz. Ada beberapa hal yang mendasari perbedaan yang terdapat pada WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz dan juga 5 GHz. Pertama adalah karena adanya interferensi sinyal. Ternyata wifi dengan frekuensi 5 GHz ini memiliki frekuensi yang sama dengan gelombang yang ada pada *microwave* dan *bluetooth* sehingga tentunya interferensi sinyal pada frekuensi 5 GHz menjadi lebih sedikit daripada WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz. Sehingga WiFi dengan frekuensi 2.4 GHz karena interferensinya yang lebih banyak, tentunya sinyal WiFinya menjadi lebih kuat daripada sinyal yang didapatkan dengan frekuensi 5 GHz. Hal kedua yang membedakannya adalah karena adanya lingkup sinyal 2.4 GHz lebih luas dibandingkan 5 GHz.

2. Jenis antena

Antena yang mempunyai sudut pancar lebih sempit akan mempunyai kualitas sinyal yang lebih baik. Umumnya WiFi *Indoor* menggunakan jenis antena *omni* yang akan memancarkan sinyal ke segala arah yaitu 360°.

3. Jenis router/*access point* yang digunakan

*Wireless* router atau *access point* yang mempunyai daya yang lebih besar akan memiliki jangkauan yang lebih luas. Namun, perlu diingat bahwa koneksi *wireless* antara router dan perangkat klien juga dibatasi oleh radio pada perangkat klien.

4. Penguatan antena/*gain*

Sudut pancar suatu antena dipandang dari dua sisi, yaitu *vertical beamwidth* (*v-beam*) dan *horizontal beamwidth* (*h-beam*) semakin besar *gain* suatu antena, maka *beamwidth* akan semakin sempit.

5. Benda penghalang

Benda-benda seperti tembok, *furniture*, *aquarium* dan lain sebagainya bahkan kelembapan udara juga bisa mempengaruhi kualitas jangkauan sinyal WiFi.

6. Interferensi atau gangguan

Faktor penurunan kualitas sinyal WiFi selain penghalang adalah banyaknya interferensi yang ditimbulkan oleh peralatan elektronik lain, bahkan dari peralatan WiFi itu sendiri (Anonim, 2020).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai dengan November 2022. Kegiatan penelitian ini terdiri dari studi literatur, perancangan dan pembuatan *software*, pengujian antara *software* dan *hardware*, pengambilan data, dan analisis hasil. Jadwal pelaksanaan penelitian ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Jadwal pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan			
		Agustus	September	Oktober	November
1.	Studi Literatur	■			
2.	Perancangan dan Pembuatan <i>Software</i>	■	■		
3.	Pengujian <i>software</i>		■	■	
4.	Pengambilan data			■	■
5.	Analisis Hasil				■

Untuk tempat pelaksanaan perancangan dan pembuatan *software* dilaksanakan di Ruang Workshop Laboratorium Fisika Dasar Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Kemudian untuk pengujian *software* dan pengambilan data dilaksanakan di Lingkungan Fakultas MIPA Universitas Lampung.

### 3.2. Alat dan Bahan

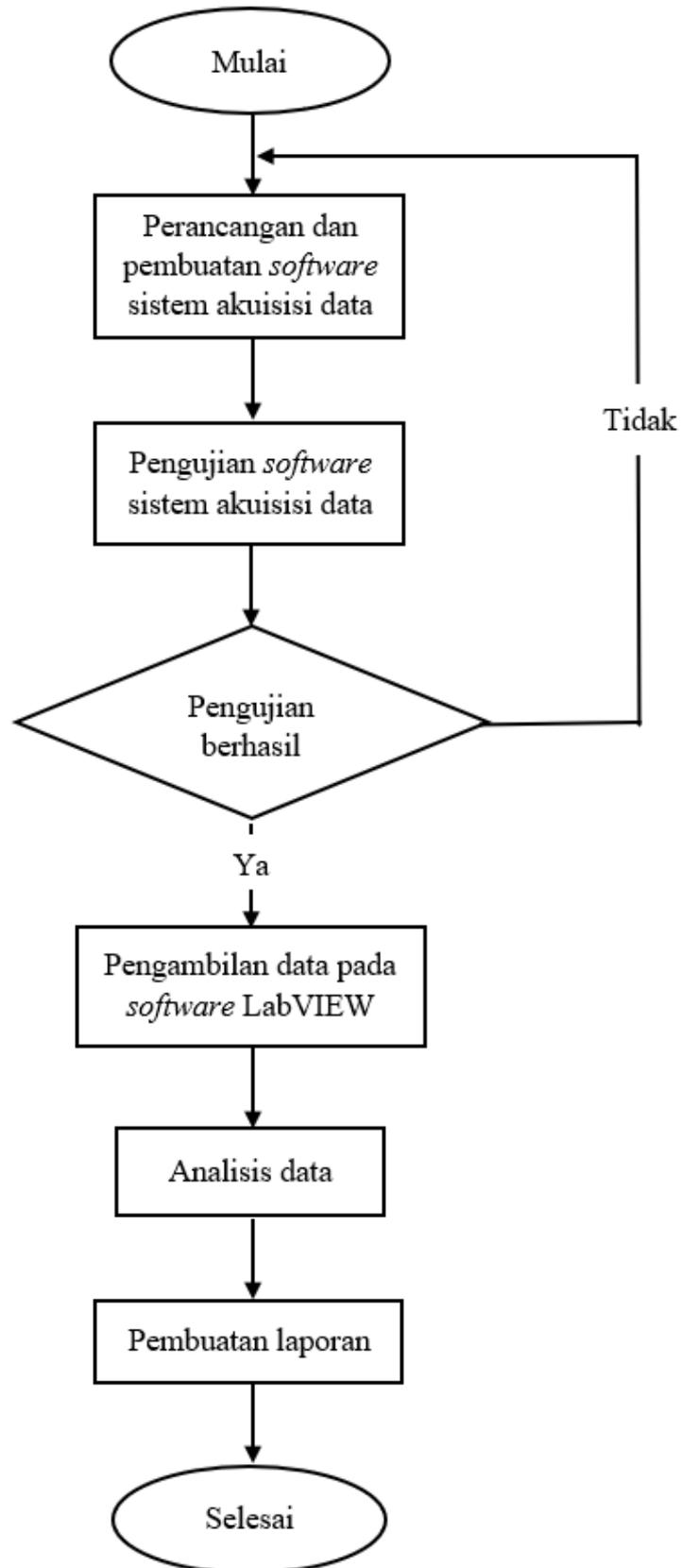
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat pengukur kualitas udara dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan multi sensor yang mendeteksi gas CO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, suhu dan kelembaban. Dengan media penyimpanan *Micro SD* sebagai sumber penyimpanan data pengukuran kualitas udara yang akan di tampilkan pada *software* yang dibuat.
2. *Personal Computer* (PC) atau Laptop digunakan untuk menampilkan dan mengolah data hasil monitoring.
3. LabVIEW yang digunakan untuk merancang, membuat *software* sistem akuisisi data monitoring kualitas udara.

### 3.3. Prosedur Penelitian

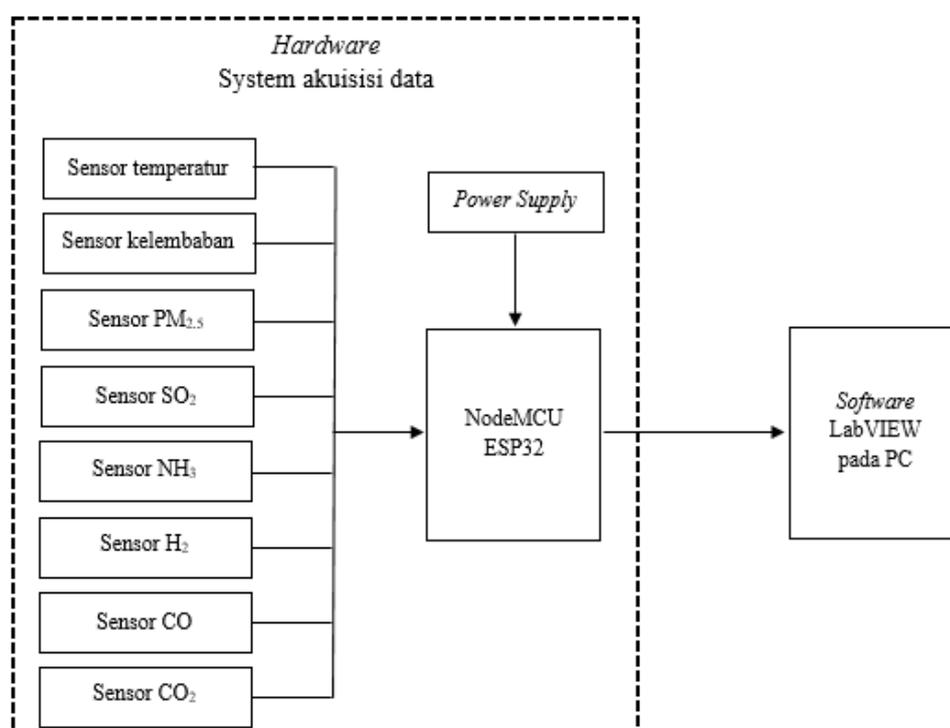
Metode yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, antara lain perancangan dan pembuatan *software*, pengujian *software*, pengambilan data serta analisis hasil. Untuk secara keseluruhan proses perancangan dan pembuatan *software* sistem akuisisi data monitoring kualitas udara berbasis multisensor secara nirkabel menggunakan LabVIEW yang disajikan dalam *flowchart* pada **Gambar**

**3.1.**



**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

1. Perancangan *software* sistem monitoring diawali dengan membuat skema dan desain tampilan *software* dari sistem monitoring kualitas udara dengan menampilkan nilai pembacaan pengukuran gas CO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, suhu dan kelembaban. Menggunakan modul *wireless* NodeMCU ESP32 sebagai sarana komunikasi antara *software* dan *hardware*. Berikut ini merupakan diagram blok rancangan sistem akuisisi data monitoring kualitas udara yang akan digunakan ditunjukkan pada **Gambar 3.2**.

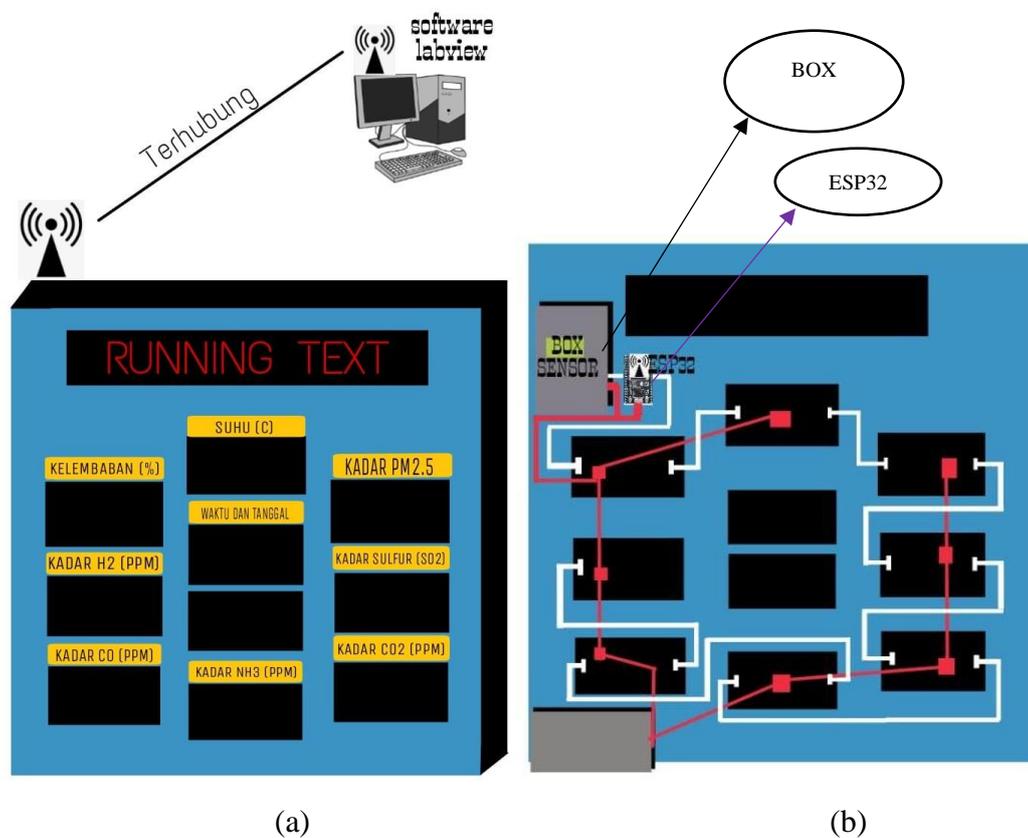


**Gambar 3.2** Diagram blok sistem

2. Pengujian pada *software* LabVIEW yang telah dibuat bertujuan untuk mengetahui apakah program pada *software* yang telah dibuat berjalan dengan baik atau tidak. Selain itu pengujian juga bertujuan agar mengetahui kualitas dari *software* tersebut. Terdapat dua pengujian pada penelitian ini yaitu pengujian komunikasi *wireless* pada *software* LabVIEW dan pengujian jarak antara *software* dan *hardware*.

### 3.3.1. Desain dan Perancangan Alat

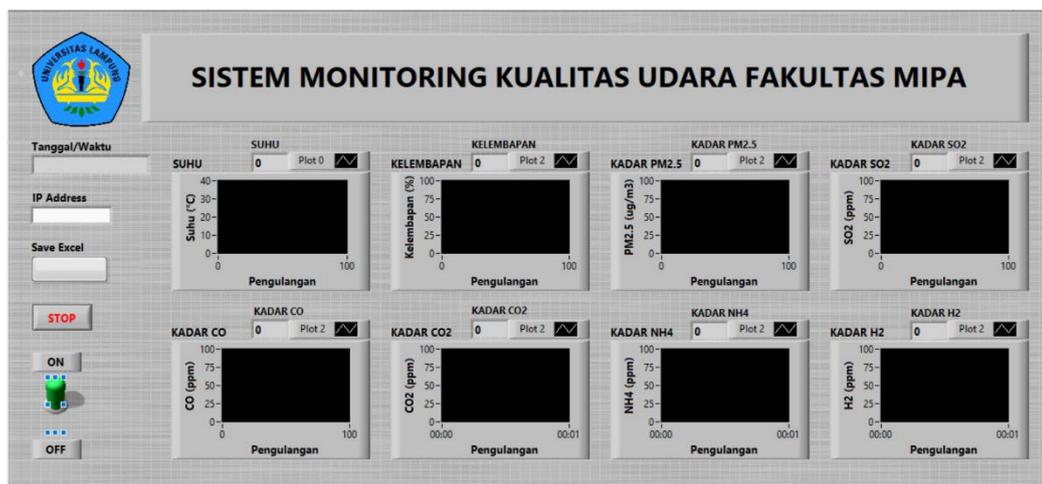
Pada penelitian ini didesain dan dirancang sebuah *software* sistem monitoring kualitas udara berbasis multisensor secara nirkabel menggunakan LabVIEW. Dengan menampilkan hasil pengukuran gas CO<sub>2</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub>, suhu dan kelembaban menggunakan komunikasi secara nirkabel menggunakan modul *wireless* NodeMCU ESP32. Adapun tampilan dari *hardware* pada sistem akuisisi data monitoring secara nirkabel dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.



**Gambar 3.3** Desain sistem monitoring secara nirkabel: (a) tampak depan, (b) tampak belakang

Pada perancangan *software* sistem monitoring menggunakan LabVIEW yang pertama dilakukan adalah membuat *block diagram* setelah itu merancang *front panel*. Dengan *block diagram* berisi *source code* yang berfungsi sebagai instruksi

untuk *front panel*. Sedangkan pada *front panel* sendiri mengandung *control* dan indikator untuk membangun sebuah *Virtual Instruments (VI)* menjalankan dan *mendebug* program. Adapun desain tampilan pada *front panel* LabVIEW ditunjukkan pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4** Desain tampilan *front panel* LabVIEW

Pada **Gambar 3.4** merupakan rancangan desain tampilan yang akan dibuat dengan menampilkan semua parameter yang terukur berupa nilai dan grafik. Selain itu, terdapat bagian koneksi WiFi yang menunjukkan nama WiFi yang tersambung dengan perangkat LabVIEW. Terdapat pula bagian IP WiFi yang menunjukkan bahwa tempat untuk memasukkan IP WiFi yang digunakan. Dan bagian yang terakhir terdapat perintah *stop* dan simpan yang merupakan perintah untuk menghentikan dan menyimpan data yang telah diakuisisi oleh perangkat LabVIEW.

### 3.3.2. Pengujian *Software Monitoring*

Dalam membuat *software* sistem monitoring, pengujian sangat diperlukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai rencana atau tidak. Terdapat dua pengujian pada penelitian ini yaitu pengujian komunikasi *wireless* pada *software*

LabVIEW dan pengujian jarak antara *software* dan *hardware*.

### 3.3.2.1. Pengujian Komunikasi *wireless* pada *Software* LabVIEW

Pengujian komunikasi nirkabel perlu dilakukan pada *software* LabVIEW untuk mengetahui apakah modul *wireless* ESP32 dapat mengirimkan data pada *software* LabVIEW atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara menyambungkan rangkaian multisensor. Setelah rangkaian tersambung, lalu mengamati tampilan pada *software* LabVIEW. Dilakukan pengamatan nilai terukur di NodeMCU ESP32 dan *software* LabVIEW seperti pada **Tabel 3. 2** berikut.

**Tabel 3.2** Data nilai pengujian parameter terukur

No	Parameter Yang Diuji	Nilai Terukur									
		NodeMCU ESP32					<i>Software</i> LabVIEW				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1.	Suhu (°C)										
2.	Kelembaban (%)										
3.	PM <sub>2.5</sub> (ppm)										
4.	SO <sub>2</sub> (ppm)										
5.	CO (ppm)										
6.	CO <sub>2</sub> (ppm)										
7.	H <sub>2</sub> (ppm)										
8.	NH <sub>3</sub> (ppm)										

Setelah mendapatkan hasil nilai pengukuran pada **Tabel 3.2** selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mencari nilai ralat dengan menggunakan persamaan 3.1 berikut.

$$\% R = \left| \frac{x-y}{x} \right| \times 100\% \quad (3.1)$$

% *R* adalah nilai ralat dalam persen, *X* adalah nilai pengukuran ESP32, *Y* adalah nilai pengukuran LabVIEW. Untuk dapat mengetahui nilai persentase akurasi maka dapat menggunakan persamaan 3.2 berikut.

$$\% A = 100\% - \% R \quad (3.2)$$

Dengan % *A* adalah nilai akurasi dalam persen (Cahyono *et al.*, 2019). **Tabel 3.3** merupakan tabel data yang digunakan untuk hasil perhitungan.

**Tabel 3.3** Data nilai keakuratan *software* LabVIEW

No.	Parameter Yang Diuji	Ralat (%)	Akurasi (%)
1.	Suhu (°C)		
2.	Kelembaban (%)		
3.	PM <sub>2.5</sub> (ppm)		
4.	SO <sub>2</sub> (ppm)		
5.	CO (ppm)		
6.	CO <sub>2</sub> (ppm)		
7.	H <sub>2</sub> (ppm)		
8.	NH <sub>3</sub> (ppm)		

### 3.3.2.2. Pengujian Koneksi Antara *Software* dan *Hardware*

Fungsi dari komunikasi secara nirkabel adalah memungkinkan pengukuran jarak jauh dan pelaporan informasi kepada operator sistem. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana stabilitas koneksi terhadap jarak antara PC dan *access point*. Pengujian dilakukan dengan memastikan PC dan *access point* telah terhubung, dengan menggunakan *command prompt*. Setelah terhubung, selanjutnya adalah meletakkan PC dan *access point* dengan jarak 5 meter, 10 meter, 15 meter, 20 meter dan seterusnya sampai jarak maksimum atau sampai koneksi terputus. Setiap jarak

yang telah ditentukan, lakukan pengiriman perintah ping nomor IP *Address* pada kolom *command prompt*. Perintah tersebut akan menampilkan data berupa waktu pengiriman dan koneksi *loss*. Data yang telah didapatkan, dimasukkan dalam tabel pengamatan seperti pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Data Pengamatan Koneksi *wireless*

No.	Jarak (meter)	Koneksi <i>Loss</i> (%)	<i>Time Average</i> (ms)
1.	5	...	...
2.	10		
3.	15		
...	...		
...	...		
...	Max.	100%	...

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan data hasil pengujian dan pengukuran menggunakan *software* yang telah dibuat pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. *Software* LabVIEW sistem akuisisi data yang telah dibuat berhasil dirancang dan mampu memonitoring kualitas udara secara *real time* dengan *error* sebesar 0% dan akurasi sebesar 100%.
2. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa *baud rate* berpengaruh terhadap *time average* saat proses transfer data. *Baud rate* 115200 yang lebih baik digunakan karena memiliki *time average* tercepat yaitu 2,8 ms.
3. Dari hasil pengujian yang didapatkan, alat monitoring kualitas udara dapat di akuisisi data dengan *range* jarak sebesar 0 sampai 20 meter. Akuisisi data dengan menggunakan jarak yang berbeda berpengaruh terhadap *time average* transfer data yaitu semakin jauh akuisisi data akan memperlama *time average* transfer data.

### 5.2 Saran

Untuk dapat memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari *software* yang telah dibuat, maka perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan menggunakan alat

komunikasi yang berbeda karena jarak maksimum *access point* dari modul ESP32 hanya mampu mengakuisisi data dalam jarak 20 meter, transfer data tidak stabil, serta membuat tampilan LabVIEW lebih menarik lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akshay, N., Sravanth, K. U., Varanasi, R., & Reddy, J. A. (2012). *Real time Automated Control of Industrial Processes with PLC-LabVIEW Communication. International Journal for Research in Science & Advanced Technologies*, 1(1), 35–388.
- Amaliawati, R., Wibowo, A. S., & Murti, M. A. (2020). Perancangan Sistem Komunikasi PLC dengan Raspberry Pi Via Protokol Modbus. *eProceedings of Engineering*, 7(3), 8720-8729.
- Andarini, D., Lestari, M., & Bahruddin, M. (2017). Analisis Risiko Paparan Gas Amoniak pada Pekerja Peternakan Ayam di Desa Lembak Sumatera Selatan. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 8(2), 74-82.
- Anonim. (2020). Seberapa Jauh Jangkauan Sinyal Wi-Fi?. <https://catatanteknisi.com/seberapa-jauh-jangkauan-sinyal-wifi/>. diakses pada pukul 13.50 WIB, tanggal 13-06-2022.
- Anonim. (2022). *Data Acquisition*. [https://en.wikipedia.org/wiki/Data\\_acquisition](https://en.wikipedia.org/wiki/Data_acquisition). Di akses pada pukul 22.32 WIB, tanggal 11-02-2022.
- Arba, S., Soleman, I. S., Iswan, R., Salu, F. W., Safitri, A., & Ismail, M. (2021). Sistem Filtering Berbahan Pelepeh Pisang Untuk Emisi Particulate PM<sub>2,5</sub> (Particulate Matter<sub>2,5</sub>). *Buletin Keslingmas*, 40(3), 113-117.
- Astuti, T., Parenta, T., & Paddu, H. (2014). Peranan Kegiatan Industri Pengolahan Terhadap Pencemaran Lingkungan di Sulawesi Selatan. *Jurnal Analisis*, 3(1), 49–56.
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). (2022). Informasi Konsentrasi Partikulat (PM<sub>2.5</sub>). <https://www.bmkg.go.id/kualitas-udara/informasi-partikulat-pm25.bmkg>. Diakses pada pukul 23.05 WIB, tanggal 17-12-2022.
- Barnett, A. G., Tong, S., & Clements, A. C. (2010). What Measure of Temperature Is the Best Predictor of Mortality?. *Environmental research*, 110(6), 604-611.
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. *Dirgantara*, 2(1), 21–27.

- Cahyono, B. E., Utami, I. D., Lestari, N. P., & OktaVIany, N. S. (2019). Karakterisasi Sensor LDR dan Aplikasinya pada Alat Ukur Tingkat Kekeuhan Air Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 7(2), 179-186.
- Cahyono, W. E. (2011). Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia. *Berita Dirgantara*, 12(4), 132-137.
- Datasheet, E. (2021). ESP32 Series Datasheet. In *Espressif Systems*. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/ESP32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/ESP32_datasheet_en.pdf)
- Emilio, M. D. P. (2013). *Data Acquisition Systems from Fundamentals to Applied Design*. Italy: Springer.
- Fatih, A., & Ropianto, M. (2019). Jenis dan Media dalam Komunikasi Data. *Information Engineering Program. University of Ibnu Sina, Indonesia*, 5(1), 23.
- Geier, J. (2007). *Wireless Network Industry Report*. Principal Consultant Wireless United States of America: Nets Ltd.
- Habibah, A. (2019). *Monitoring Pemantauan Kualitas Udara*. Tugas Akhir. Departemen Teknik Elektro Otomasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Herliana, A., & Rasyid, P. M. (2016). Sistem Informasi monitoring pengembangan *software* pada tahap development berbasis web. *Jurnal Informatika*, 3(1), 41-50.
- Hidayat, T. (2014). Penggunaan Labview untuk Simulasi Sistem Kontrol Keamanan Rumah. *Jurnal Sains Dan Teknologi Muria Kudus*, 7(1), 1-5.
- Hidayati, Q., Rachaman, F. Z., & Rimbawan, M. A. S. (2020). Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis Fuzzy Logic. *Qory Hidayati, Fathut Zain Rachaman*, 6(1), 260-267.
- Indrayani, & Asfiati, S. (2018). Pencemaran Udara Akibat Kinerja Lalu-Lintas Air Pollutions Due to Traffic Performance of Motor Vehicles in Medan City. *Jurnal Pemukiman*, 13(1), 13-20.
- Iqbal, Z., & Hermanto, L. (2017). Sistem Monitoring Tingkat Pencemaran Udara Berbasis Teknologi Jaringan Sensor Nirkabel. *Jurnal Informatika Dan Komputer*, 22(1), 10-20.
- Istantinova, D. B. (2013). Pengaruh Kecepatan Angin, Kelembaban dan Suhu Udara Terhadap Konsentrasi Gas Pencemar Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Dalam Udara Ambien di Sekitar PT. Inti General Yaja Steel Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), 1-10.

- Jacobson, M. Z. (2002). *Atmospheric Pollution: History, Science, and Regulation*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Kehtarnavaz, N., & Kim, N. (2005). *Digital Signal Processing System-Level Design Using LabVIEW*. United States of America: Elsevier Inc.
- Kementerian Kesehatan. (2019). *Dampak Pencemaran Udara (Polusi Udara) Terhadap Penyakit Hipertensi*. <http://p2ptm.kemkes.go.id/kegiatan-p2ptm/dki-jakarta/dampak-pencemaran-udara-polusi-udara-terhadap-penyakit-hipertensi>. Di akses pada pukul 14:35, tanggal 17-02-2022.
- Kementerian Ketenagakerjaan. (2018). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja (pp. 1-258)*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2010). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 Tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah Menteri Negara Lingkungan Hidup, (pp. 1–199)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara (pp. 1–16)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Uji Emisi Kendaraan Sebagai Bentuk Kontribusi Masyarakat Terhadap Pengendalian Pencemaran Udara*. [https://www.menlhk.go.id/site/single\\_post/4078](https://www.menlhk.go.id/site/single_post/4078). Di akses pada pukul 14:21, tanggal 29-01-2022.
- Kosegeran, V. V., Kendekallo, E., Sompie, S. R., & Bahrun, B. (2013). Perancangan Alat Ukur Kadar Karbon Monoksida (CO), Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Dan Hidro Karbon (HC) Pada Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 2(3), 50-56.
- Krzyzanowski, J. (2012). Environmental Pathways of Potential Impacts to Human Health From Oil and Gas Development in Northeast British Columbia, Canada. *Environmental Reviews*, 20(2), 122-134.
- Kusuma, I. G. B. W. (2010). Alat Penurun Emisi Gas Buang pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak. *Makara of Technology Series*, 6(3), 95–101.
- Lahdji, A., & Putra, B. B. (2017). Hubungan Hujan, Suhu, Kelembapan dengan Kasus Demam Berdarah Dengue di Kota Semarang. *Medik*, 8(1), 46-53.

- Latif, Nuraida. dkk. 2022. *Komunikasi Data*. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Lestari, K. R., Darusalam, U., & Hidayanti, F. (2013). Rekayasa Fotosintesis Alga *Scenedesmus* sp. dengan Variasi Metode Penyinaran untuk Peningkatan Produksi Gas Hidrogen. *Jurnal Ilmiah Giga*, 16(1), 1-6.
- Maryanto, D., Mulasari, S. A., & Suryani, D. (2009). Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dengan Penambahan Arang Aktif Pada Kendaraan Bermotor Di Yogyakarta. *Kes Mas*, 3(3), 198-205.
- Muliadi, M., Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 73-79.
- National Instruments. (1999). Data Acquisition ( DAQ ) Fundamentals. *Application Notes 007*, 1–14. [http://physweb.bgu.ac.il/courses/SignalNoise/data\\_aquisition\\_fundamental.pdf](http://physweb.bgu.ac.il/courses/SignalNoise/data_aquisition_fundamental.pdf).
- National Instruments. (2005). *Baud Rate*. National Instruments Komunitas. <https://forums.ni.com/t5/LabVIEW/Baud-Rate/td-p/222008>. diakses pada pukul 15:50, tanggal 17-11-2022.
- National Instruments. (2011). *Programming Tools: Detailed Explanation*. [ni.com/students/learnlabView](http://ni.com/students/learnlabView). diakses pada pukul 23:34, tanggal 01-11-2022.
- National Instruments. (2011). *Baru dengan Labview? Mau Belajar Labview?*. <https://forums.ni.com/t5/Labview-Team-Indonesia/Baru-dengan-Labview-Mau-belajar-Labview/td-p/3490436>. diakses pada pukul 19:48, tanggal 25-06-2022.
- Nelvidawati, N. (2022). Analisa Deskriptif Pengelompokan Data Konsentrasi Pm<sub>2,5</sub> Berdasarkan Hari Pada Titik Pemantauan Bundaran HI Jakarta Untuk Data Februari-Oktober 2021. *Journal of Infrastructural in Civil Engineering (JICE)*, 3(01), 42-48.
- Novirsa, R., & Achmadi, U. F. (2012). Analisis Risiko Paparan PM<sub>2,5</sub> di Udara Ambien Siang Hari Terhadap Masyarakat di Kawasan Industri Semen. *Kesmas: Jurnal Kesehatan Masyarakat Nasional (National Public Health Journal)*, 7(4), 173-179.
- Nurjannah, N., Hasanah, L., & Aminudin, A. (2016). Analisis Jangkauan dan Baud Rate Transmisi Data pada Sistem Telemetry Temperatur Berbasis Mikrokontroler. *Wahana Fisika*, 1(1), 13-20.
- Ohara, G. J. (2005). Aplikasi Sistem Monitoring Berbasis Web untuk Open Cluster. Tugas Akhir. *Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom Bandung*.
- Park, J., & Mackay, S. (2003). *Practical-Data-Acquisitions and Control Sistem*.

Australia: IDC Technologies.

- Pratama, F. Y. (2018). Rancang Bangun Pengendalian Kecepatan Brushless DC Motor Tipe A2212 / 10t 1400 KV Menggunakan Kontroler PID Berbasis LabView. *Jurusan Teknik Elektro*, 7(3), 157–166.
- Rahayuningtyas, A., & Kuala, S. I. (2016). Pengaruh Suhu dan Kelembaban Udara pada Proses Pengeringan Singkong (Studi Kasus: Pengering Tipe Rak). *Ethos: Jurnal Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat*, 4(1), 99-104.
- Rahmi, D. A., Sumardi, S., & Setiawan, I. (2011). Monitoring Kandungan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Dalam Sebuah Model Ruang Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. *Doctoral dissertation*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Saputra, A., Irfannuddin, I., & Swanny, S. (2018). Pengaruh Paparan Gas Amonia Terhadap Perubahan Kadar Serum SGOT dan SGPT pada Kelompok Berisiko. *Biomedical Journal of Indonesia*, 4(1), 32-39.
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. E. (2011). Tingkat Pencemaran Udara CO Akibat Lalu Lintas dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 1(2), 119-126.
- Simandjuntak, A. G. (2013). Pencemaran Udara. *Buletin Limbah*, 11(1), 34-40.
- Siswanti, A., & Suryono, S. (2016). Wireless Sensor System untuk Pemantauan Kadar Gas Amonia (NH<sub>3</sub>) Menggunakan Algoritma Berbasis Aturan. *Youngster Physics Journal*, 5(2), 59-68.
- Slavov, V., Tashev, T., & Maldenov, V. (2008). Virtual Laboratories Software Research. *Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Application of Electrical Engineering*, 3(1), 186–189.
- Sukmawati, T., Fitrihidajati, H., & Indah, N. K. (2015). Penyerapan Karbon Dioksida pada Tanaman Hutan Kota di Surabaya. *Lentera Bio*, 4(1), 108-111.
- Suryantoro, H., & Budiyanto, A. (2019). Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis LabView dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali. *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(3), 20.
- Susana, T. (1988). Karbon Dioksida. *Oseana*, 12(1), 1-11.
- Susanti, W. E., Faisya, A. F., & Novrikasari, N. (2021). Analysis of Environmental Health Risks of Cement Dust in Cement Grinding and Packing. *Jurnal Aisyah: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 6(2), 341-346.
- Swarinoto, Y. S., & Sugiyono, S. (2011). Pemanfaatan Suhu Udara dan Kelembaban Udara dalam Persamaan Regresi untuk Simulasi Prediksi Total

Hujan Bulanan di Bandar Lampung. *Jurnal meteorologi dan geofisika*, 12(3), 271-281.

Tengger, B. A., & Ropiudin, R. (2019). Pemanfaatan Metode Kalman Filter Diskrit untuk Menduga Suhu Udara. *Square: Journal of Mathematics and Mathematics Education*. 1(2), 127-132.

Ulaan, G. C., Poekoel, V. C., & Ontowirjo, A. H. . (2022). Pembuatan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan. *Jurnal Teknik Informatika*, 17(1), 93–104.

Vaicdan, F., Chandra, I., & Suhendi, A. (2019). Pengamatan Konsentrasi Massa PM2.5 di Cekungan Udara Bandung Raya. *eProceedings of Engineering*, 6(1), 1181-1188.

Wijiarti, K., Darundiati, Y. H., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>) Udara Ambien pada Pedagang Kaki Lima di Terminal Bus Pulogadung, Jakarta Timur. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(4), 983-991.