PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA SPEKTROMETER *VISIBLE* (VIS) DAN *INFRARED* (IR) MENGGUNAKAN PYTHON

(Skripsi)

Oleh

OKKA PUTRI YANTI
NPM 2117041067

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA SPEKTROMETER *VISIBLE* (VIS) DAN *INFRARED* (IR) MENGGUNAKAN PYTHON

Oleh

OKKA PUTRI YANTI

Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem akuisisi data spektrometer *visible* (Vis) dan *infrared* (IR) berbasis sensor AS7265x dengan fokus pengembangan *Graphical User Interface* (GUI) untuk menampilkan data dan grafik secara *real-time* dengan analisis konsentrasi pertalite secara intuitif. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem spektrometer portable dan ekonomis sebagai solusi alternatif untuk peneliti, teknisi laboratorium, dan institusi Pendidikan yang memerlukan analisis spektral *real-time* pada spektrum *visible* dan IR, khususnya untuk *quality control* di laboratorium.

Sistem dirancang mengintegrasikan mikrokontroler arduino nano, sensor AS7265x dengan 18 chanel spektral (410-940 nm), dan desktop GUI *application* yang dikembangkan menggunakan Python dengan *library* Tkinter dan Matplotlib untuk *interface* dan visualisasi data. Validasi sistem dilakukan melalui pengujian dengan variasi konsentrasi sampel pertalite untuk melihat responsivitas *interface*. Hasil pengujian menunjukan bahwa *interface* mampu menampilkan data spektral dan grafik absorbansi/transmitansi secara *real-time*. GUI sistem akuisisi data terbukti efektif meningkatkan *usability* serta aksesibilitas teknologi spektrometer untuk monitoring, dan memberikan alternatif ekonomis dibandingkan spektrometer komersial.

Kata kunci: Spektrometer, Sensor AS7265x, *Graphical User Interface* (GUI),

ABSTRACT

DESIGN OF VISIBLE (VIS) AND INFRARED (IR) SPECTROMETER DATA ACQUISITION SYSTEM USING PYTHON

By

Okka Putri Yanti

This research designs and implements a visible (Vis) and infrared (IR) spectrometer Data acquisition system based on AS7265x sensor with focus on developing a Graphical User Interface (GUI) to display data and graphs in real-time with intuitive gasoline concentration analysis. This research aims to develop a portable and economical spectrometer system as an alternative solution for researchers, laboratory technicians, and educational institutions that require real-time spectral analysis in visible and infrared spectrum, particularly for quality control in laboratories.

The system is designed by integrating arduino nano microcontroller, AS7265x sensor with 18 spectral channels (410-940 nm), and desktop GUI application developed using Python with Tkinter and Matplotlib libraries for interface and data visualization. System validation was conducted through testing with various gasoline sampel concentrations to observe interface responsiveness. Test results show that the interface is capable of displaying spectral data and absorbance/transmittance graphs in real-time. The data acquisition system GUI proves effective in improving usability and accessibility of spectrometer technology for monitoring, providing economical alternative compared to commercial spectrometers.

Keywords: Spectrometer, AS7265x sensor, Graphical User Interface (GUI)

PERANCANGAN SISTEM AKUISISI DATA SPEKTROMETER *VISIBLE* (VIS) DAN *INFRARED* (IR) MENGGUNAKAN PYTHON

Oleh

Okka Putri Yanti

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Lampung

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025

Judul Penelitian : Perancangan Sistem Akuisisi Data Spektrometer *Visible* (Vis) dan *Infrared* (IR) Menggunakan Python

Nama Mahasiswa : Okka Putri Yanti

Nomor Induk Mahasiswa : 2117041067

Jurusan : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc.
NIP 198206182008121001

Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.
NIP 197108291997032001

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.
NIP 197109092000121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

Sekretaris : **Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si.** .....

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

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **01 Oktober 2025**

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Okka Putri Yanti
Nomor Pokok Mahasiswa	: 2117041067
Jurusan	: Fisika
Fakultas	: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi	: Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripi saya dengan judul **"Perancangan Sistem Akuisisi Data Spektrometer *Visible* (Vis) dan *Infrared* (IR) Menggunakan Python"** adalah hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil maupun prosesnya. Selanjutnya saya tidak keberatan jika sebagian dan keseluruhan data didalam skripsi ini digunakan oleh dosen atau program studi dalam kepentingan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi atas persetujuan penulis dan sepanjang nama saya disebutkan sebelum dilakukan publikasi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 01 Oktober 2025

Yang Menyatakan

Okka Putri Yanti
NPM. 2117041067

RIWAYAT HIDUP

Penulis Bernama lengkap Okka Putri Yanti, dilahirkan di Bandar Lampung, Provinsi Lampung pada tanggal 05 Oktober 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Bachtiar dan Ibu Yuliyanti serta memiliki adik Bernama Petricia Balques. Penulis menyelesaikan Pendidikan di TK Islam Perkemas pada tahun 2009, SDN Sukatani pada tahun 2015, SMPN 2 Kalianda pada tahun 2018, dan SMAN 2 Kalianda pada tahun 2021. Penulis diterima di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui Jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). 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 dana dan usaha Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) periode tahun 2023, serta penulis pernah menjadi asisten praktikum Elektronika Dasar dan Fisika Komputasi.

Tahun 2024 penulis menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di PT. PLN (Persero) P3B Sumatera UPT Tanjung Karang, dengan judul "**Analisis Data Pengukuran Kuat Medan Listrik dan Medan Magnet Daerah Pemukiman, Perkebunan dan Tanah Lapang di Sekitar Jaringan SUTT PT PLN (PERSERO) P3B Sumatera UPT Tanjung Karang"**. Penulis juga melakukan pengabdian terhadap Masyarakat dengan mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Lampung tahun 2021 di Desa Negeri Agung Dusun VI Libo, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur.

MOTTO

“Jangan melihat masa lalu dengan penyesalan, jangan pula melihat masa depan dengan ketakutan, tapi lihatlah sekitar dengan penuh kesadaran”

~ James Thurber ~

Apa yang kita ketahui adalah setetes, apa yang tidak kita ketahui adalah samudera."

~ Isaac Newton ~

PERSEMBAHAN

Segala puji bagi Allah SWT Tuhan seluruh alam.
Saya persembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tua

Bapak Bachtiar dan Ibu Yuliyanti

Terimakasih atas segala doa, dukungan, dan pengorbanan yang tak terhingga. Skripsi ini adalah persembahan kecil dari perjalanan panjang yang telah kalian dampingi dengan penuh kasih sayang dan kesabaran.

Adik Tercinta

Petricia Balques

Terimakasih telah memberikan dukungan dan doa.

Bapak-Ibu Dosen

Terima kasih kepada seluruh dosen yang telah berbagi ilmu, pengalaman, dan inspirasi selama masa perkuliahan. Setiap ilmu yang diberikan adalah bekal berharga untuk masa depan saya.

Teman-teman Fisika FMIPA Unila 2021

Almamater Tercinta

UNIVERSITAS LAMPUNG

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kemampuan, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal seminar hasil dengan judul "Perancangan Sistem Akuisisi Data Spektrometer *Visible* (Vis) dan *Infrared* (IR) Menggunakan Python". Proposal ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk kelulusan di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dalam menyelesaikan proposal ini, penulis telah mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu, diantaranya:

1. Kedua Orang Tua dan Adik yang sudah memberikan doa, semangat, motivasi dan dukungan berupa materi kepada penulis hingga saat ini.
2. Bapak Dr. Junaidi, S.Si., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah membantu, memberikan ilmu, waktu, tenaga, motivasi dan sarannya dalam membimbing penulis menyusun proposal tugas akhir.
3. Ibu Dr. Sri Wahyu Suciyati, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir yang selalu sabar untuk membimbing, memberikan ilmu, semangat, motivasi, arahan, saran, serta nasehat dalam membimbing penulis menyusun proposal tugas akhir.
4. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Dosen Pembahas dan ketua jurusan fisika yang telah memberikan saran, masukan dan ilmu pada penulis dalam penyusunan proposal tugas akhir.
5. Bapak Iqbal Firdaus, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.

6. Segenap dosen Jurusan Fisika yang telah memberikan ilmunya kepada penulis. Para staff dan karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu penulis memenuhi kebutuhan administrasi berkas.
7. Teman-teman seperjuangan Jurusan Fisika angkatan 2021, Teman-teman Instrumentasi, dan Teman-teman Negeri Agung 3 (Libo).
8. Teman-teman Team Spektrometer yaitu Armelia, Gusti dan Ega, serta teman yang selalu membantu Elta Pariati dan Nurjanah.

Penulis menyadari dalam penyusunan proposal ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penulisan yang lebih baik lagi kedepannya. Atas segala kekurangannya, penulis mohon maaf sebesar-besarnya.

Bandar Lampung, 01 Oktober 2025

Okka Putri Yanti
NPM 2117041067

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR ..... **vi**
DAFTAR TABEL ..... **viii**
I. PENDAHULUAN
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1 Penelitian Terdahulu 5
2.2 Dasar Teori 13
2.2.1 Gelombang Elektromagnetik 13
2.2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik 15
2.2.3 Spektrum *Visible* 16
2.2.4 Karakteristik *Infrared* 17
2.2.5 Hukum Lambert-Beer 19
2.2.6 Mikrokontroler 19
2.2.7 Sistem Akuisisi Data 21
2.2.8 Sensor AS7265x 22
2.2.9 PYTHON 24

III. METODE PENELITIAN
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 26

3.2 Alat dan Bahan Penelitian 26
3.3 Prosedur Penelitian 27
3.4 Desain Perancangan Grafis Antarmuka 30
3.4.1 Perancangan Tampilan Antarmuka Grafik Spektrum 31
3.4.2 Perancangan Tampilan Antarmuka Status Kalibrasi 32
3.4.3 Perancangan Tampilan Antarmuka Puncak Spektrum 32
3.4.4 Perancangan Tampilan Antarmuka Tabel Data Spektral 32
3.4.5 Perancangan Tampilan Antarmuka Control Panel 33
3.5 Pengujian Alat Spektrometer *Visible* dan IR 33

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
4.1 Gambaran Umum Sistem 36
4.2 Perancangan dan Implementasi GUI Komputer 36
4.3 Pengujian Sampel Pertalite 39
4.4 Perbandingan Konsentrasi dengan Absorbansi dan Transmitansi 48

V. SIMPULAN DAN SARAN
5.1 Simpulan 50
5.2 Saran 50

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Spektrum laser dengan pergesaran sudut 6
2. Intensitas yang dinormalisasi pada panjang gelombang 610 nm 8
3. Intensitas yang dinormalisasi pada panjang gelombang 860 nm 9
4. Hubungan absorbansi cahaya terhadap panjang gelombang $Fe(SCN)3$ 10
5. Tingkat Absorbansi Spektral 11
6. Spektrum Serapan Maksimum 12
7. Arah Rambat Medan Litrik dan Medan Magnet 14
8. Spektrum Elektromagnetik 15
9. Arduino Nano 20
10. Spektrometer Sensor-AS7265x 22
11. Respon Spektral sensor AS7265x 23
12. Diagram Alir Penelitian 28
13. Diagram Blok Akuisisi Data Spektrometer *Visible* dan IR 29
14. Skematik Akuisisi Data Spektrometer 29
15. Tampilan Awal Antarmuka Sistem Akuisisi Data SparkFun 30
16. Desain Tampilan Utama Antarmuka Sistem 31
17. Tampilan Antarmuka Grafik Spektrum 31
18. Tampilan Antarmuka Status Kalibrasi 32
19. Tampilan Antarmuka Puncak Spektrum 32
20. Tampilan Antarmuka Data 18 Spektral 32
21. Tampilan Antarmuka Control Panel 33
22. Grafik Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi 35
23. Grafik Hubungan Konsentrasi dan Transmitansi 35
24. Realisasi Spektrometer AS7265x: (a) tampak atas spektrometer, (b) 36

25. Tampilan GUI siap Menerima Data 37

26. Tampilan GUI Pengukuran Absorbansi Sampel Pertalite 0:10..... 41

27. Tampilan GUI Pengukuran Transmitansi Sampel Pertalite 0:10..... 41

28. Tampilan GUI Pengukuran Absorbansi Sampel Pertalite 10:0..... 42

29. Tampilan GUI Pengukuran Transmitansi Sampel Pertalite 10:0..... 43

30. Tampilan Spektral GUI Sampel Pertalite: (a) Grafik Absorbansi Konsentrasi 2:8, (b) Grafik Transmitansi Konsentrasi 2:8, (c) Grafik Absorbansi Konsentrasi 3:7, (d) Grafik Transmitansi Konsentrasi 3:7 44

31. Tampilan Spektral GUI Sampel Pertalite: (a) Grafik Absorbansi Konsentrasi 4:6, (b) Grafik Transmitansi Konsentrasi 4:6, (c) Grafik Absorbansi Konsentrasi 5:5, (d) Grafik Transmitansi Konsentrasi 5:5 45

32. Tampilan Spektral GUI Sampel Pertalite: (a) Grafik Absorbansi Konsentrasi 6:4, (b) Grafik Transmitansi Konsentrasi 6:4, (c) Grafik Absorbansi Konsentrasi 7:3, (d) Grafik Transmitansi Konsentrasi 7:3 46

33. Tampilan Spektral GUI Sampel Pertalite: (a) Grafik Absorbansi Konsentrasi 8:2, (b) Grafik Transmitansi Konsentrasi 8:2, (c) Grafik Absorbansi Konsentrasi 9:1, (d) Grafik Transmitansi Konsentrasi 9:1 47

34. Tampilan Nilai Absorbansi Pertalite di Panjang gelombang 485 nm 48

35. Tampilan Nilai Transmitansi Pertalite Panjang gelombang 485 nm 49

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensi..16
2. Daerah serapan infrared pada ikatan kimia 18
3. Alat Penelitian dan Fungsinya 26
4. Bahan Penelitian dan Fungsinya 27
5. Data Pengujian Spektrometer visible (410–700 nm) dan IR (700–940 34
6. Hasil Pengukuran Pertalite dengan Spektrometer AS7265x..... 40

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Spektrometer berperan penting dalam mengamati spektrum cahaya ketika melewati suatu medium (Khairunnisa dkk., 2023). Berdasarkan jenis cahaya yang digunakan, spektrometer terbagi menjadi dua jenis yaitu *visible* dan *infrared* yang merupakan instrumen penting dalam menganalisis dan mengidentifikasi senyawa kimia. Spektrometer *visible* diaplikasikan dalam berbagai bidang kimia, farmasi, serta penelitian bahan karena dapat mengenali struktur molekul dan mengukur konsentrasi suatu senyawa (Rahima *et al*., 2025), sedangkan spektrometer *infrared* digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi melalui vibrasi ikatan kimia (Angraini dan Yanti, 2021).

Untuk menjalankan fungsi analisis tersebut, spektrometer tersusun dari komponen-komponen dasar yang saling terintegrasi. Rancang bangun spektrometer secara umum terdiri dari lima bagian utama yaitu sumber cahaya, monokromator untuk menyeleksi spektrum sesuai panjang gelombang, kuvet sebagai tempat sampel, detektor untuk menangkap cahaya yang melewati sampel, dan hasil ditampilkan pada display alat (Angraini dan Yanti, 2021).

Sejalan dengan perkembangan teknologi elektronika, sistem *read out* pada spektrometer mengalami transformasi dari analog menuju digital. Pada spektrometer analog, keluaran ditampilkan melalui *liquid crystal display* (LCD) yang memerlukan pencatatan manual dan memiliki keterbatasan dalam presisi serta kecepatan pembacaan. Kemajuan teknologi mikroelektronika dan digitalisasi memungkinkan pengembangan sistem dengan *analog to digital converter* (ADC) dan antarmuka komunikasi data. Sistem digital ini memberikan keunggulan berupa

akurasi lebih tinggi, kemampuan penyimpanan data, serta konektivitas dengan komputer untuk analisis kompleks (Li *et al*., 2022). Untuk menghasilkan spektrometer dengan akurasi tinggi dan tampilan *real-time*, diperlukan sistem akuisisi data yang mengintegrasikan *hardware* dan *software* secara efisien (Fiyanti dkk., 2016).

Sistem akuisisi data pada spektrometer awalnya menggunakan transmisi kabel antar perangkat dan pengukuran dilakukan secara manual melalui pembacaan visual dan pencatatan hasil secara langsung. Kemudian terjadi perkembangan ketika seorang peneliti Beckman pada tahun 1941 memperkenalkan Beckman DU Spectrometer yang menggunakan sistem pembacaan meter analog (Billmeyer *et al*., 1974). Selanjutnya, pada periode 1950–1980 transmisi dilakukan secara paralel dan *chart recorder* untuk merekam sinyal analog. Pada tahun 1990 setelah masuk di era digital transmisi dapat diwujudkan melalui antarmuka RS-232 serial sebagai standar komunikasi antara instrument dan komputer (Park *et al*., 2018). Memasuki abad ke-21, teknologi nirkabel seperti *Bluetooth* dan *Wi-Fi* diintegrasikan dalam spektrometer, memungkinkan transmisi data secara *real-time* tanpa kabel. Tampilan hasil pengukuran juga berkembang menjadi layar digital dengan penyimpanan berbagai format seperti CSV dan Excel (Nazarenko *et al*., 2015).

Dalam sistem akuisisi data spektrometer, penyimpanan data juga sangat penting. Pada awalnya, spektrometer belum dilengkapi dengan sistem penyimpanan data, Seiring perkembangan teknologi pada tahun 1990, spektrometer mulai dilengkapi dengan tampilan LCD. Namun, sistem LCD memiliki keterbatasan seperti tidak dapat menyimpan data dalam jumlah besar, serta kurangnya fleksibilitas dalam pengolahan dan visualisasi data spektral (Yates, 2015). Keterbatasan ini mendorong integrasi spektrometer dengan sistem komputer yang menawarkan keunggulan seperti kapasitas penyimpanan data yang hampir tidak terbatas, kemampuan pengolahan data menggunakan *software*, dan visualisasi spektra yang lebih detail (Conde, 2023).

Pengembangan sistem akuisisi data spektrometer sangat bergantung pada pemilihan bahasa pemrograman. Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Conde (2023) dengan sistem akusisi data yang menggunakan bahasa compiled seperti C++

dan Delphi yang memiliki kekurangan dalam membutuhkan waktu lama untuk mengintegrasikan perangkat baru ke dalam sistem akuisisi data, dan membutuhkan proses kompilasi ulang setiap kali ada perubahan. Hal ini menjadi hambatan ketika peneliti perlu memodifikasi parameter akuisisi atau menambahkan fungsi pengolahan data secara cepat. Bahasa pemrograman Python menawarkan solusi dengan desain modular untuk pengembangan cepat, library Pandas untuk pemrosesan data, dan dukungan *machine learning* untuk analisis spektral. Python versi terbaru seperti 3.9 dan 3.11 semakin memperkuat kemampuannya dalam membangun tampilan komputer dengan library tkinter, PyQt, matplotlib, dan scipy untuk membangun tampilan grafis spektrometer yang handal dengan visualisasi data dan grafik untuk visualisasi komplek (Shetty dan Sahin, 2016). GUI Python juga memfasilitasi proses kerja yang lebih mudah untuk analisis *real-time* dan visualisasi (Yates, 2015). Meskipun demikian, implementasi Python untuk sistem akuisisi data spektrometer dengan tampilan grafis terintegrasi penuh masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk membuktikan keunggulannya dibandingkan sistem konvensional.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem akuisisi data spektrometer *visible* dan *infrared* dengan GUI berbasis Python yang mampu melakukan akuisisi data secara *real-time*, penyimpanan data, visualisasi spektrum interaktif, dan analisis data terintegrasi dalam satu platform desktop. Sistem ini diharapkan menjadi solusi alternatif yang lebih efisien, fleksibel, dan mudah diakses dibandingkan metode-metode sebelumnya, serta dapat meningkatkan produktivitas penelitian dan analisis spektrometer.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang sistem akuisisi data spektrometer *visible*-IR menggunakan sensor AS7265x Berbasis Python?

2. Bagaimana merancang antarmuka pengguna yang efisiensi dan fleksibilitas untuk aplikasi spektrometer *visible*-IR?
3. Bagaimana performa sensor AS7265x dalam menangkap spektrum *visible*-IR pada sistem berbasis Python

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang sistem akuisisi data spektrometer *visible* dan IR yang menggunakan Python.
2. Mengembangkan sistem akuisisi data yang efisien, fleksibel, dan hemat biaya.
3. Menguji performa dan validitas data yang diperoleh dari sensor AS7265x dengan implementasi Python.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengembangan spektrometer *visible* dan IR sederhana dengan kualitas spektrometer komersial.
2. Peningkatan efisiensi dan fleksibilitas penggunaan instrumen melalui antarmuka pengguna yang dirancang secara intuitif sederhana.
3. Memudahkan pencatatan data pengukuran spektrum secara terus-menerus karena penggunaan komputer.

1.5 Batasan Penelitian

Demi hasil penelitian yang lebih berfokus maka permasalahan yang akan dibahas akan dibatasi dengan ketentuan berikut.

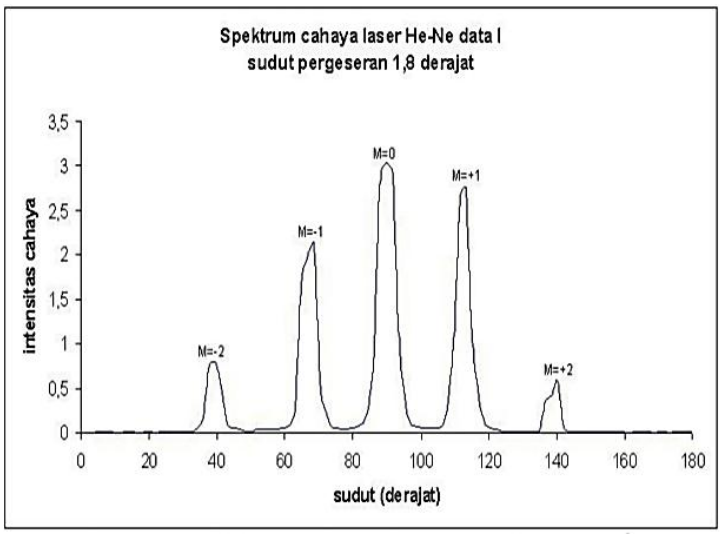
1. Sistem akuisisi data hanya dirancang untuk spektrometer berbasis modul sensor AS7265x.
2. Rentang spektrum yang ditangkap terbatas pada kemampuan sensor AS7265x yaitu 410–940 nm.
3. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano dengan chip ATmega328P, tanpa melibatkan jenis mikrokontroler lainnya.

4. Fokus pada pengembangan sistem perangkat lunak tanpa melibatkan analisis mendalam pada pengolahan data spektrum lanjutan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Menurut penelitian yang dilakukan dalam tesis (Kurniawan, 2012) ini bertujuan untuk merancang dan membangun prototipe spektrometer digital yang digunakan untuk mengukur panjang gelombang cahaya dari sumber seperti laser HeNe dan lampu LED. Penelitian ini juga mengeksplorasi hubungan linier antara pergeseran serat optik akibat pelenturan mekanik dengan intensitas cahaya yang keluar. Sedangkan, perangkat lunak untuk spektrometer digital dibuat Menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5.0 untuk komunikasi dengan *port* paralel komputer. Delphi dipilih sebagai bahasa utama untuk pengembangan perangkat lunak berbasis *Windows*, karena kemampuannya dalam menangani antarmuka pengguna grafis (GUI) dan kontrol perangkat keras. hasil dari penelitian ini diilustrasikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Spektrum laser dengan pergesaran sudut (Kurniawan, 2020)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrometer berhasil mengukur panjang gelombang dengan tingkat akurasi yang memadai, seperti panjang gelombang laser

HeNe yang terukur berada di sekitar 635-637 nm, mendekati panjang gelombang referensi 632,8 nm. Sistem ini juga mampu mencatat pengurangan intensitas cahaya pada serat optik yang dilenturkan hingga 3,4 mm secara linier.

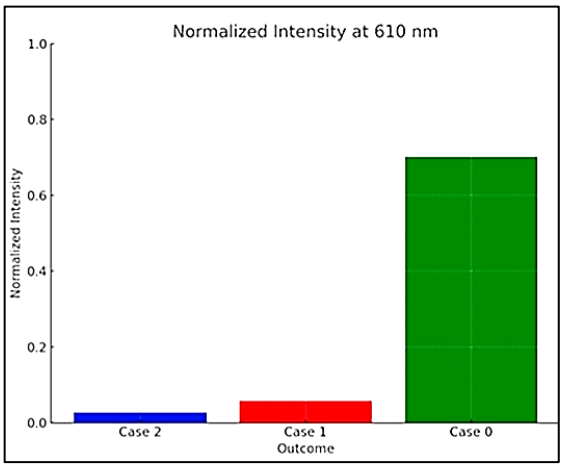
Kelebihan penelitian ini adalah berhasil mengembangkan alat ukur spektrum cahaya dengan biaya lebih rendah dibandingkan spektrometer komersial dan alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut secara mandiri. Namun, kekurangannya mencakup ketelitian perangkat keras yang terbatas akibat penggunaan motor *stepper recondition*, serta perangkat lunak berbasis teknologi lama (Windows 98SE dan Delphi 5.0), yang mungkin kurang kompatibel dengan sistem modern.

Menurut penelitian yang dilakukan (Sulistyo *et al*., 2024) bertujuan mendeteksi pemalsuan gula kelapa granulasi (GCS) dengan gula tebu (CS) menggunakan spektrometer LED portabel berbasis *chipset* sensor multispektral AS7265x. Spektrometer ini terdiri dari chipset AS7265x, Arduino Uno, kabel jumper, kabel USB, dan sakelar dengan kemampuan mengukur spektrum tampak hingga inframerah dekat (410–940 nm). Sistem bekerja dengan memancarkan cahaya LED ke sampel gula, lalu mengukur pantulan menggunakan tiga sensor optik. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan algoritma pembelajaran mesin, seperti Matlab, *Support Vector Machine* (SVM), *k-Nearest Neighbors* (kNN), dan *Backpropagation Neural Network* (BPNN). Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrometer ini efektif dalam membedakan gula kelapa murni dan campuran. Algoritma BPNN memberikan hasil terbaik dengan akurasi 99,4% untuk klasifikasi gula kelapa murni dan campuran, serta 94,1% untuk memprediksi tingkat pencampuran.

Sistem ini memiliki keunggulan berupa biaya rendah, portabilitas tinggi, dan kemudahan operasional dibandingkan spektrometer *visible*-NIR laboratorium. Namun, terdapat beberapa kelemahan, seperti waktu pelatihan yang lebih lama pada algoritma BPNN dan variasi respon spektral pada panjang gelombang 645–940 nm akibat perbedaan kedalaman penetrasi cahaya. Selain itu, noise eksperimental menyebabkan osilasi kecil pada respon spektral, yang memengaruhi akurasi pengukuran. Penelitian ini mempunyai kelebihan penggunaan LED-*based spectrometer* AS7265x yang terjangkau, portabel, dan mudah dioperasikan, dengan

akurasi tinggi melalui algoritma BPNN untuk mendeteksi dan mengklasifikasi *adulterasi* gula kelapa. Namun, kekurangannya meliputi keterbatasan panjang gelombang sensor (410–940 nm) yang mungkin kurang optimal untuk analisis mendalam, serta pengaturan khusus untuk menghindari pengaruh cahaya ambient yang sulit diterapkan di lapangan. Selain itu, kendali ketat terhadap variabilitas seperti ukuran partikel dan kadar air dalam penelitian ini bisa menjadi tantangan dalam aplikasi nyata.

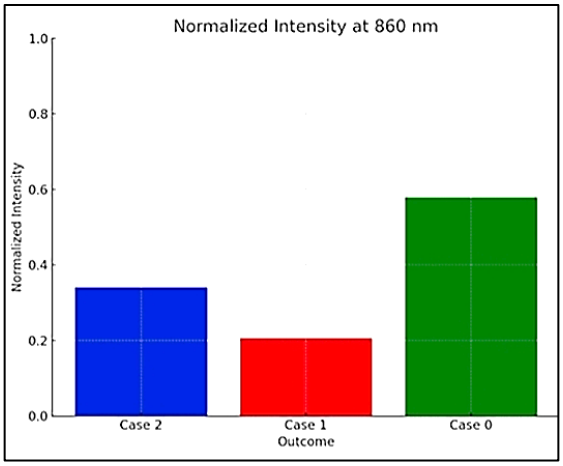
Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Durgun, 2024) melakukan analisa kualitas air dengan menggunakan sensor spektroskopi multispektral yang didukung teknologi kecerdasan buatan (AI). Sensor multispektral berbasis AS7265x ini mengumpulkan data spektral dari sampel air. Data spektral ini diproses menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terhubung ke sistem komputer untuk penyimpanan dan analisis. Tiga model pembelajaran mesin diterapkan untuk mengklasifikasikan sampel air ke dalam tiga kategori yaitu air bersih, air terkontaminasi, dan air yang telah didisinfeksi UV. Tiga model yang digunakan adalah Random Forest, *Support Vector Machines* (SVM), dan *Neural Networks*. Hasil dari Analisa kualitas air dengan sensor SparkFun diperoleh grafik intensitas normalisasi pada panjang gelombang 610 nm dan 860 nm. Dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**



Gambar 2. Intensitas yang dinormalisasi pada panjang gelombang 610 nm (Durgun, 2024)

Hasil analisis menunjukkan bahwa air bersih (Case 0) memiliki intensitas spektral rendah, sementara air yang terkontaminasi *Escherichia coli* (Case 1) menunjukkan

peningkatan intensitas pada panjang gelombang tertentu. Setelah disinfeksi UV (Case 2), spektrum air kembali menyerupai air bersih, menandakan efektivitas UV dalam menghilangkan kontaminasi.

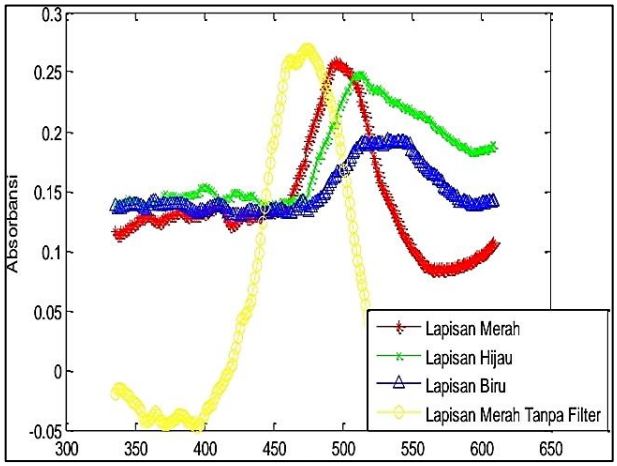


Gambar 3. Intensitas yang dinormalisasi pada panjang gelombang 860 nm (Durgun, 2024)

Pada panjang gelombang 610 nm dan 860 nm, perbedaan intensitas yang signifikan terlihat antara air bersih, air terkontaminasi, dan air yang telah disinfeksi UV. Pembelajaran mesin menggunakan model Random Forest, SVM, dan *Neural Networks*, semuanya mencapai akurasi 100% dalam mengklasifikasikan sampel air. Model Random Forest menunjukkan hasil yang paling konsisten, sementara SVM dan *Neural Networks* juga efektif. Analisis mikrobiologi mendukung temuan spektroskopi, dengan air terkontaminasi menunjukkan pertumbuhan bakteri yang tinggi, dan disinfeksi UV mengurangi bakteri secara signifikan.

Menurut penelitian selanjutnya (Afandi and Purwanto, 2018) melakukan Analisa mengenai Spektrofotometer spektrum *visible* sederhana untuk menentukan panjang gelombang serapan maksimum larutan $Fe(SCN)_3$ dan $CuSO_4$. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengukur panjang gelombang serapan maksimum dari larutan $Fe(SCN)_3$ dan $CuSO_4$ serta untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan filter cahaya terhadap spektrum serapan larutan tersebut. Data diambil dengan dua metode, menggunakan filter dan tanpa filter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang gelombang serapan maksimum untuk larutan $Fe(SCN)_3$ adalah 481 nm

dengan filter dan 472 nm tanpa filter, sedangkan untuk $CuSO_4$ adalah 570 nm dengan filter dan 553 nm tanpa filter. Penggunaan filter monokromatis terbukti menghasilkan data yang lebih akurat dan mendekati nilai teoritis. Grafik hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang larutan $Fe(SCN)_3$ dapat dilihat pada **Gambar 4**.



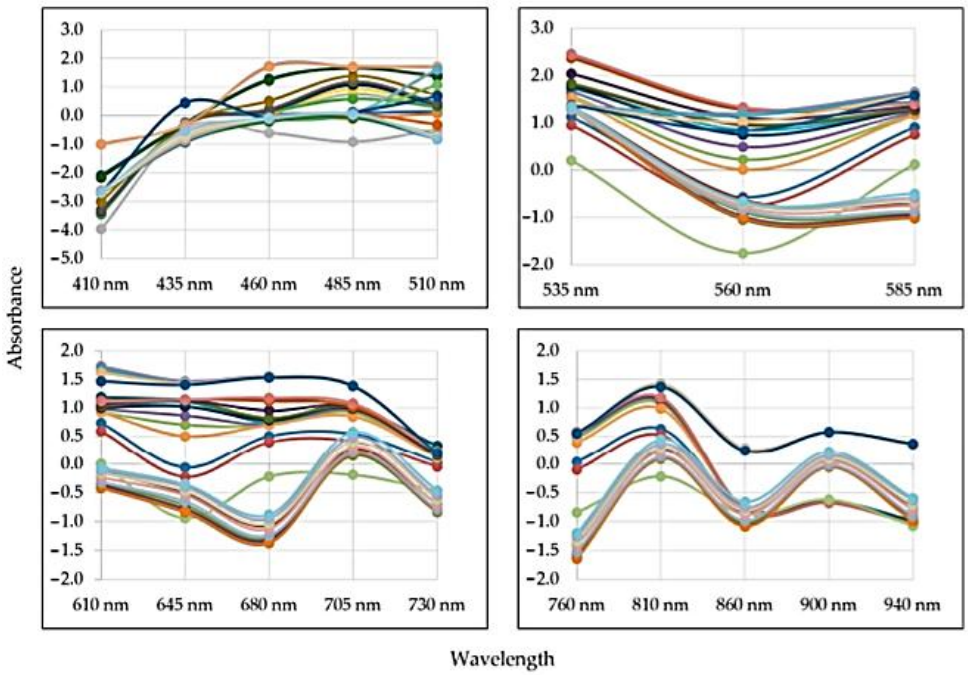
Gambar 4. Hubungan absorbansi cahaya terhadap panjang gelombang $Fe(SCN)_3$ (Afandi dan Purwanto, 2018)

Saat menggunakan filter hijau, nilai absorbansi terbesar terjadi pada spektrum hijau, yaitu pada rentang panjang gelombang 480–520 nm dan ketika tidak menggunakan filter, nilai absorbansi masih terdeteksi tetapi dengan perbedaan yang lebih kecil daripada menggunakan filter. Panjang gelombang serapan maksimum larutan $Fe(SCN)_3$ menggunakan filter adalah 481 nm, sedangkan tanpa filter adalah 472 nm. Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa penggunaan spektrofotometer sederhana dapat efektif dalam menentukan panjang gelombang serapan maksimum dari larutan $Fe(SCN)_3$ dan $CuSO_4$. Penggunaan filter monokromatis memberikan hasil yang lebih akurat dan mendekati nilai teoritis dibandingkan dengan pengukuran tanpa filter.

Menurut penelitian (Stevens *et al*., 2023), Penelitian yang berjudul "*Development and Testing of an IoT Spectroscopic Nutrient Monitoring System for Use in Micro Indoor Smart Hydroponics*" ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan nutrisi berbasis spektroskopi yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk hidroponik skala kecil dalam ruangan. Sistem yang dinamakan NutriSpec ini menggunakan sensor spektroskopi murah AS7265x untuk mendeteksi

perubahan konsentrasi nitrogen dalam larutan nutrisi hidroponik. Penelitian ini melibatkan eksperimen selama 28 hari dengan menanam selada di dua tangki nutrisi (40 l dan 80 l) untuk memantau perubahan dinamis nitrogen.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem NutriSpec mampu memprediksi perubahan konsentrasi nitrogen dengan tingkat akurasi yang tinggi, ditunjukkan oleh nilai R^2 sebesar 0,904 untuk tangki 80 l dan 0,9 1 untuk tangki 40 l. Model ini melebihi metode tradisional berbasis konduktivitas listrik (EC) dalam memprediksi konsentrasi nitrogen. Sistem ini juga membuktikan potensi besar penggunaan sensor optik murah yang terbenam dalam larutan untuk menggantikan metode pemantauan nutrisi berbasis EC di sistem hidroponik pintar. Penelitian ini memberikan dasar untuk penerapan teknologi IoT dalam pertanian cerdas, yang dapat mendukung keberlanjutan *urban farming* di masa depan.



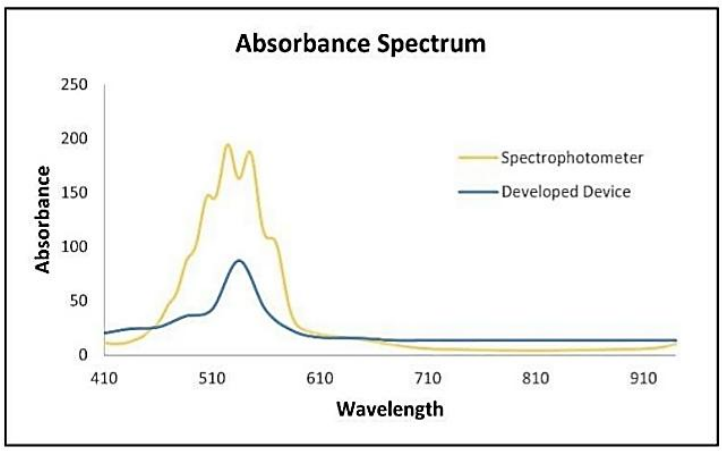
Gambar 5. Tingkat Absorbansi Spektral (Steven *et al*., 2023)

Grafik ini menunjukkan tingkat absorbansi spektral untuk berbagai panjang gelombang (410-940 nm) di tangki 80 l selama eksperimen. Tingkat absorbansi menunjukkan pola konsisten, mencerminkan kemampuan sensor untuk mendeteksi perubahan kecil pada konsentrasi nitrogen di berbagai panjang gelombang. Panjang

gelombang tertentu, seperti di wilayah UV dan *visible*, memiliki korelasi lebih tinggi dengan perubahan nitrogen dibandingkan wilayah *infrared*.

Penelitian ini menunjukkan kelebihan dalam penggunaan sensor spektrometer berbasis AS7265x yang akurat, ekonomis, dan memungkinkan monitoring nutrisi nitrogen secara *real-time* di sistem hidroponik pintar. Dengan nilai R^2 lebih dari 90%, sistem ini mendukung pengelolaan hidroponik yang lebih sederhana dan ramah lingkungan, sehingga mendorong adopsi teknologi di tingkat rumah tangga. Namun, penelitian ini memiliki kekurangan, seperti fokus yang terbatas pada nitrogen tanpa analisis mendalam terhadap nutrisi lain, serta gangguan dari sensor tambahan yang memengaruhi akurasi pengukuran pH dan EC. Selain itu, beberapa koefisien panjang gelombang tidak signifikan secara statistik, menunjukkan ruang untuk peningkatan model. Konsistensi sistem di kondisi lapangan juga masih menjadi tantangan untuk aplikasi skala besar.

Menurut penelitian (Daurai *et al*., 2023) berjudul "*Comparison of Sparkfun TRIAD AS7265x Spectroscopy Sensor Device with a Spectrophotometer for Qualitative and Quantitative Analysis*" bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan dari sensor Sparkfun AS7265x dalam melakukan analisis spektral dibandingkan dengan spektrofotometer konvensional. Penelitian ini melibatkan pengembangan perangkat spektroskopi portabel berbasis sensor AS7265x yang dirangkai dengan Arduino Uno. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi panjang gelombang dalam rentang 410-940 nm menggunakan metode spektroskopi reflektif. Perangkat diuji dengan larutan kalium permanganat ($KMnO_4$) untuk analisis kuantitatif dan kualitatif.



Gambar 6. Spektrum Serapan Maksimum (Daurai *et al*., 2023)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat yang dikembangkan mampu menghasilkan data serupa dengan spektrofotometer konvensional. Dalam analisis kualitatif, puncak absorbansi larutan $KMnO_4$ tercatat pada 535 nm untuk perangkat yang dikembangkan, sedangkan spektrofotometer mencatat pada 525 nm. Dalam analisis kuantitatif, perangkat menunjukkan nilai R^2 sebesar 0,9907, mendekati nilai R^2 0,9987 dari spektrofotometer standar. Meskipun resolusi perangkat lebih rendah dibandingkan spektrofotometer, perangkat ini terbukti efektif untuk analisis tertentu dan memiliki keunggulan dalam portabilitas serta kecepatan.

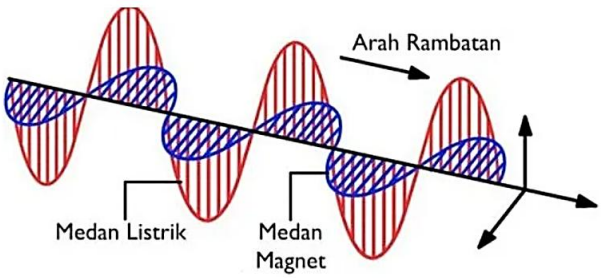
Penelitian ini menyimpulkan bahwa perangkat spektroskopi berbasis AS7265x dapat digunakan untuk aplikasi cepat dan portabel, termasuk dalam bidang medis untuk analisis *point-of-care*. Sistem ini juga memiliki potensi untuk diaplikasikan pada spektrofotometri fluoresensi dengan mengganti sumber cahaya untuk eksitasi analit. Meskipun perangkat ini memiliki keterbatasan, pengembangannya membuka peluang untuk perangkat analitik murah dan praktis di berbagai bidang.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gelombang Elektromagnetik

Proses terbentuknya gelombang elektromagnetik pertama kali dikemukakan oleh James Clerk Maxwell pada tahun 1862-1864 yang mengembangkan teori medan listrik dengan medan magnet. Hertz menunjukkan bahwa gelombang dapat dipantulkan, dibiaskan, dan dipolarisasi, serta memiliki kecepatan yang sama dengan cahaya (Firdaus dkk., 2024). Dari beberapa percobaan yang telah dilakukan hingga akhirnya terbukti teori Maxwell yang dinamakan sebagai gelombang elektromagnetik (Rasiman dkk., 2024). Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat meskipun tanpa adanya medium, karena energi elektromagnetik memiliki kecepatan tetap, yaitu kecepatan cahaya, maka panjang gelombang dan frekuensinya memiliki hubungan yang saling berbanding terbalik. (Yudono, 2017). Gelombang elektromagnetik terjadi diperoleh dari muatan listrik yang berosilasi kemudian mengalami percepatan atau bisa disebut muatan listrik dipercepat sehingga menimbulkan gelombang elektromagnetik (Tristianti dan

Sudarti, 2021). Arah rambat dari medan Listrik dan medan magnet terlihat seperti **Gambar 7.**



Gambar 7. Arah Rambat Medan Litrik dan Medan Magnet (Tristansi and Sudarti, 2021).

Menurut Maxwell, kecepatan gelombang elektromagnetik seperti tertulis pada Persamaan **(2.1)**.

$$v = c = \frac{E}{B} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} \quad \textbf{(2.1)}$$

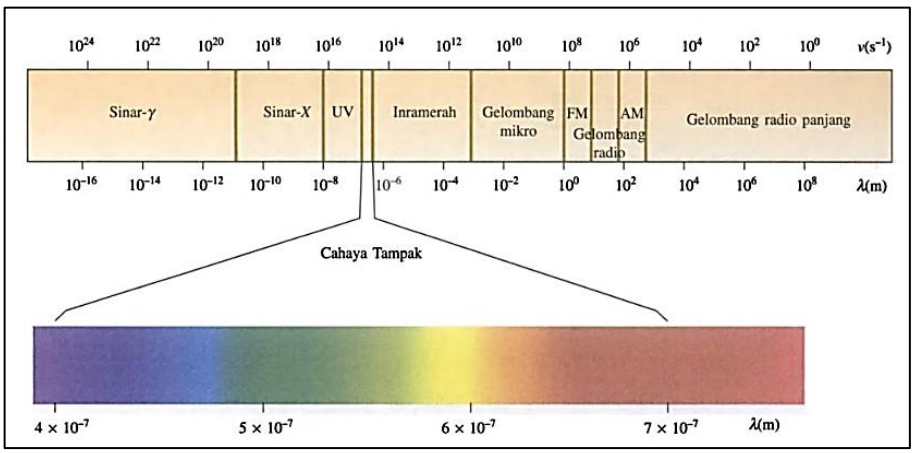
Gelombang elektromagnetik memiliki sifat-sifat, antara lain mampu merambat di ruang hampa, serta dapat mengalami polarisasi, refleksi, pembiasan refraksi (Sari dkk., 2023). Sifat lain gelombang elektromagnetik yaitu perubahan medan listrik dan medan magnetik terjadi pada saat yang bersamaa, arah medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus (Yudono, 2017).

Cahaya adalah salah satu jenis gelombang elektromagnetik yang dapat merambat tanpa memerlukan medium, sehingga mampu bergerak bahkan di ruang hampa (Sari dkk., 2023). Radiasi merupakan suatu pancaran energi dari suatu materi dalam bentuk panas, partikel ataupun gelombang elektromagnetik (Tristanti and Sudarti, 2021). Radiasi energi umumnya hadir dalam bentuk gelombang, gelombang-gelombang tersebut menjadi sumber terbentuknya radiasi elektromagnetik (Seniari dan Bagus, 2021). Semua radiasi elektromagnetik dianggap sebagai gelombang yang bergerak melalui medan elektromagnetik. Radiasi ini dihasilkan ketika partikel bermuatan listrik seperti elektron, mengalami perubahan kecepatan atau arah geraknya (Yudono, 2017). Radiasi terbagi menjadi dua berdasarkan muatan listriknya yaitu radiasi pengion yang mempunyai frekuensi dengan rentang 10^{15} Hz seperti sinar-X keatas dan radiasi non pengion yang memiliki frekuensi sinar UV ke bawah (Tristanti and Sudarti, 2021). semua bentuk gelombang elektromagnetik

berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya disebut spektrum elektromagnetik. Spektrum elektromagnetik terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, sinar inframerah, cahaya tampak, sinar *ultraviolet* dan sinar gamma (Yudono, 2017).

2.2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang elektromagnetik terbentuk dari gabungan dua medan yaitu medan magnet dan medan Listrik. Muatan Listrik yang bergetar lalu bergerak dengan kecepatan tertentu akan menghasilkan gelombang elektromagnetik (Tristanti and Sudarti, 2021). Semakin panjang gelombangnya, semakin rendah frekuensinya, dan semakin pendek gelombangnya, semakin tinggi frekuensinya (Sinaga dkk., 2023). Susunan berbagai jenis gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya disebut spektrum elektromagnetik (Yudono, 2017). Spektrum elektromagnetik ditunjukkan pada **Gambar 8.**



Gambar 8. Spektrum Elektromagnetik (Oxtoby *et al*., 2003)

Gelombang elektromagnetik dapat diklarifikasikan berdasarkan panjang gelombang dan frekuensinya yang ditunjukkan pada **Tabel 1.**

Tabel 1. Gelombang elektromagnetik berdasarkan panjang gelombang dan frekuensi

Spektrum Gelombang Elektromagnetik	Panjang Gelombang	Frekuensi (Hz)
Gelombang Radio	>1 mm	$10^3 – 10^8$ Hz
Gelombang Mikro	1 mm–1m	$10^9 – 10^{10}$ Hz
Infrared	700–1 mm	$10^{11} – 10^{14}$ Hz
Visible	400-700 nm	10^{15} Hz
Ultraviolet	10-400 nm	$10^{15} – 10^{16}$ Hz
Sinar-X	0,01-10 nm	$10^{16} – 10^{20}$ Hz
Sinar Gamma	<0,01 nm	$10^{20} – 10^{25}$ Hz

Spektrum elektromagnetik terbagi menjadi gelombang radio yang banyak digunakan dalam bidang telekomunikasi dan siaran radio, selanjutnya gelombang mikro yang dapat menembus ke dalam material dan mengumpulkan energinya di dalam permukaan material yang dapat digunakan untuk memanaskan makanan, *infrared*, spektrum *visible* dalam penerapannya serat optik yang mentransmisikan cahaya tampak dapat membawa informasi, spektrum *ultraviolet* digunakan untuk mensterilkan peralatan medis dan mengaktifkan kulit manusia memproduksi vitamin D, sinar-X dan sinar gamma mampu melakukan inspeksi industri dan diterapkan pada pisau gamma (Firdaus dkk., 2024).

2.2.3 Spektrum *Visible*

Mata manusia peka terhadap radiasi elektromagnetik dari rentang 400-700 nm yang disebut dengan spektrum *visible* (Tipler, 2001). Spektrum *visible* merupakan salah satu jenis radiasi elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh mata manusia (Yudono, 2017). Seberkas cahaya putih yang melewati suatu medium, maka sebagian cahaya akan diabsorpsi dan sebagian diteruskan. Berkas cahaya yang diteruskan akan terlihat berwarna yang disebut dengan warna komplementer (Khaldun, 2018). Warna komplementer spektrum *visible* terdiri dari beberapa range frekuensi yang berbeda (Dachriyanus, 2004). Spektrum *visible* terbagi menjadi 6 spektrum yaitu warna ungu pada panjang gelombang 380-450nm dengan warna komplementer kuning, biru berada pada rentang 450-495 nm dengan komplementer orange, hijau berada pada 495-570nm mempunyai warna komplementer merah, orange berada pada rentang 570-620 nm warna komplementer biru, dan merah berada pada 620 -

750 nm dengan warna komplementer yaitu hijau. Panjang gelombang paling pendek dalam spektrum *visible* berkaitan dengan cahaya *violet*, sedangkan panjang gelombang paling panjang berhubungan dengan cahaya merah (Tipler, 2001).

Spektrum *visible* memiliki sifat-sifat seperti cahaya dapat merambat lurus, cahaya dapat dibiaskan, cahaya dapat menembus benda bening dan cahaya dapat dipantulkan. Cahaya merambat lurus yaitu cahaya memancarkan ke segala araah dengan jalur lurus ketika melewati medium yang homogen di semua bagiannya. Pembiasan (refraksi) merupakan fenomena saat cahaya membelok saat melewati batas antara dua medium dengan kerapatan berbeda. Pemantulan cahaya terbagi menjadi dua jenis yaitu pemantulan teratur dan pemantulan baur. Pemantulan teratur terjadi ketika cahaya dipantulkan secara sejajar, biasanya terjadi pada cermin, pemantulan baur terjadi ketika cahaya dipantulkan secara tidak teratur (Maharani dkk., 2024).

Salah satu aplikasi spektrum *visible* yaitu penggunaan sinar laser dalam serat optik, fotografi, komunikasi serat optik, dan display serta layer elektronik. Cahaya yang diserap oleh suatu zat berbeda dengan cahaya yang ditangkap oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat disebut dengan cahaya komplemeter (Yudono, 2017).

2.2.4 Karakteristik *Infrared*

Radiasi *infrared* (IR) secara umum mengacu pada spektrum elektromagnetik antara daerah spektrum *visible* dan gelombang mikro (Silverstein *et al*., 2005). Spektrum *infrared* suatu molekul merupakan hasil transisi antara Tingkat energi getaran (vibrasi) yang berlainan. Ketika molekul menyerap radiasi *infrared*, energi yang diserap menyebabkan kenaikan pada amplitudo getaran atom-atom yang terikat. Jadi, molekul berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi (Kombongkila dkk., 2024). Radiasi IR dengan frekuensi sekitar 100 cm^{-1} diserap dan diubah oleh molekul organik menjadi energi rotasi molekul. Kemudian penyerapan ini dikuantisasi yang akan membentuk garis-garis diskrit (Silverstein *et al*., 2005).

Panjang gelombang yang tepat dari absorpsi oleh suatu jenis ikatan tergantung pada jenis getaran yang dimiliki oleh ikatan. Berbagai tipe ikatan (C-H, C-C, C=O, C=C,

O-H dan lainnya) menyerap radiasi IR pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Dengan demikian, pengukuran spektrum IR dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi keberadaan gugus fungsi dalam suatu molekul (Raturandang dkk., 2022). Ikatan dalam suatu molekul dapat mengalami vibrasi molekul, ada dua tipe vibrasi molekul yaitu *stretching* (vibrasi regang) dan bending (vibrasi lentur). *Stretching* yaitu vibrasi sepanjang ikatan terjadi perpanjangan atau pemendekan ikatan, bending adalah vibrasi yang disebabkan oleh sudut ikatan sehingga terjadi pembesaran atau pengecilan sudut ikatan. Suatu ikatan tertentu dapat menyerap energi lebih dari satu panjang gelombang (Kombongkila dkk., 2024). Berikut merupakan daerah serapan *infrared* pada beberapa ikatan kimia ditunjukkan pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Daerah serapan infrared pada ikatan kimia

Tipe Ikatan	Daerah Serapan (cm^{-1})
C-C, C-O, C-N	1300-1800
C=C, C=O, C=N, N=O	1900-1500
C≡C, C≡N	2300-2000
C-H, O-H, N-H	3800-2700

Penggunaan spektrum IR untuk mengelusidasikan struktur senyawa organik umumnya berada dalam rentang 4.000 - 650 cm^{-1}. Daerah frekuensi $<$ 650 cm^{-1} disebut IR jauh, sementara daerah $>$ 4.000 cm^{-1} disebut IR dekat. Puncak serapan dapat dinyatakan dalam satuan frekuensi v (Hertz), panjang gelombang λ (μm) (Raturandang dkk., 2022). Intensitas dapat dinyatakan sebagai transmitan (*T*) dan absorbansi (*A*). *T* merupakan rasio daya radiasi yang ditransmisikan oleh sampel terhadap daya radiasi yang mengenai sampel (Silverstein *et al*., 2005). Berdasarkan intensitasnya pita IR pada spektrum terdiri dari kuat (s), medium (m) dan lemah (w). Pita lemah yang bertumpang tindih dengan pita kuat disebut *shoulder* (Raturandang dkk., 2022).

2.2.5 Hukum Lambert-Beer

Cahaya yang berasal dari sumber diarahkan ke prisma yang selanjutnya dilewatkan ke sampel didalam suatu sel. Intensitas cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (*A*) dan intensitas cahaya yang dilewatkan diukur sebagai transmitansi (*T*) (Oxtoby *et al*., 2003). Transmisi (*T*) merupakan rasio I terhadap I_0 yang diilustrasikan pada Persamaan **(2.2).**

$$T = \frac{I}{I_0} \quad \textbf{(2.2)}$$

Absorbansi (*A*) mengukur berapa banyak cahaya yang diserap oleh suatu larutan, ditunjukkan Persamaan **(2.3)**.

$$A = -\log T = -\log \frac{I}{I_0} \quad \textbf{(2.3)}$$

(Burdge, 2014).

Jika sampel berupa larutan, maka transmitansi (*T*) menurun dan absorbansi (*A*) meningkat saat konsentrasi c dari zat terlarut pengabsorpsi cahaya meningkat. Hubungan kuantitatif antara absorbansi dan konsentrasi larutan disebut dengan hukum Lambert-Beer yang diilustrasikan pada Persamaan **(2.4)**.

$$-\log \frac{I}{I_0} = c.\varepsilon.l = A \quad \textbf{(2.4)}$$

(Oxtoby *et al*., 2003).

Keterangan:

A = Absorbtivitas molar (l/mol cm)

l = Panjang lintasan cahaya melalui larutan (cm)

c = Konsentrasi larutan (mol/cm)

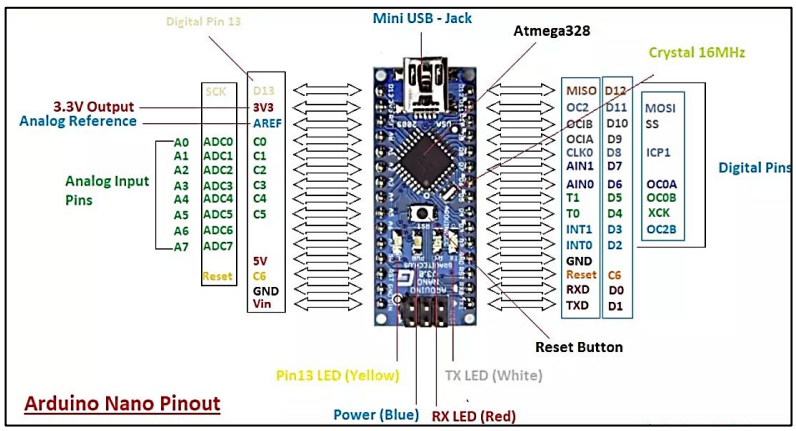
ε = Tetapan absorbtivitas molar

2.2.6 Mikrokontroler

mikrokontroler adalah sebuah *single* chip yang di dalamnya telah dilengkapi oleh *central processing unit* (CPU), *random access memory* (RAM), *read only memory* (ROM), *input*, dan *output* (Zulfa dkk., 2021). Mikrokontroler pada umumnya beroperasi pada frekuensi 4 MHz-40 MHz. Mikrokontroler diibaratkan sebagai

sebuah otak dari suatu perangkat yang dapat berinteraksi dengan komponen elektronik lainnya. Mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman *assembly* dengan berdasar pada kaidah digital dasar yang pengoperasian sistemnya mudah dikerjakan (Sitorus dan Tahyudin, 2018). Mikrokontroler memiliki berbagai jenis yaitu MCS51 berteknologi *Complex Intruction Set Computing* (CISC) dan AVR berteknologi *Reduce Instruction Set Computing* (RISC) yang dikelompokkan menjadi 3 kelas yaitu AT90Sxx, keluarga ATmega dan AT86RFxx (Zulfa dkk., 2021).

Arduino merupakan perangkat keras yang bersifat *open source* yang dapat dibuat oleh siapa saja, Arduino dibuat dengan tujuan untuk memudahkan eksperimen berbagai peralatan yang berbasis Arduino (Lubis dkk., 2019). Arduino banyak dimanfaatkan untuk menciptakan proyek-proyek dan perangkat-perangkat yang mempunyai modul pendukung seperti sensor, tampilan, penggerak, dan sejenisnya (Sibuea dkk., 2021). Salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang menggunakan chip ATmega328P memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu Arduino Nano. Arduino Nano didesain dan diproduksi oleh Gravitech (Iksal dkk., 2018). Perbedaannya terletak pada tidak adanya jack power DC dan digunakannya konektor mini-B. Arduino Nano tidak memiliki soket untuk catu daya, namun dilengkapi dengan pin untuk sumber daya eksternal atau bisa menggunakan daya melalui port mini USB. Bentuk Arduino Nano dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Arduino Nano (Suari, 2017)

Arduino Nano memiliki 14 pin *input/output* digital, 8 pin *input* analog dengan resolusi 1024 bit fungsi khusus untuk pin analog yaitu pin A4 untuk pin SDA, pin A5 untuk pin SCL, pin ini dapat digunakan untuk komunikasi 1^2C, memori flash

sebesar 32 KB, kecepatan *clock* 16 MHz, dan berukuran sekitar 45 mm × 18 mm. Arduino Nano sudah dilengkapi dengan komunikasi serial UART TTL (5V) yang terdapat pada pin D0 dan D1. Board juga dilengkapi dengan 1^2C yang dapat dihubungkan langsung kekomputer untuk menghasilkan *virtual com-port* pada *operating system*. Arduino Nano sudah dilengkapi dengan *boatloader* sehingga *programmer* dapat mengupload program langsung ke *board* Arduino Nano tanpa melalui *board* perantara (Iksal dkk., 2018). Papan ini tidak dapat berfungsi secara mandiri, sehingga membutuhkan tambahan komponen lain untuk dapat menghasilkan suatu aplikasi (Suari, 2017).

2.2.7 Sistem Akuisisi Data

Sistem akuisisi data merupakan suatu sistem yang berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan, dan menyiapkan data yang akan memprosesnya untuk menghasilkan data yang diinginkan (Fiyanti dkk., 2016). Sistem akuisisi data terdiri dari sejumlah elemen atau komponen yang saling berhubungan satu dengan yang lain dibentuk sedemikian rupa sehingga sistem tersebut dapat berfungsi untuk mengambil, mengumpulkan dan menyimpan data secara cepat, *real-time* dan akurat sehingga kemudian data siap untuk diproses lebih lanjut. Akuisisi data suatu proses sampling pada kondisi fisik dan konversi dari sampel yang telah diperoleh menjadi nilai numerik yang dapat diproses komputer atau perangkat prosesor lainnya (Putra dkk., 2018).

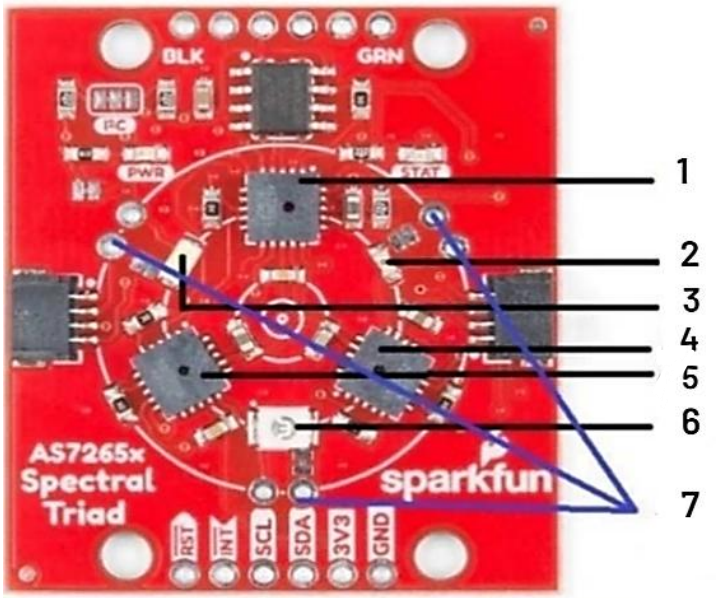
Spektrometer AS7265x adalah perangkat spektroskopi yang dirancang untuk mengukur spektrum cahaya pada panjang gelombang 410–940 nm, mencakup *visible* dan *near-infrared* (NIR). Alat ini terdiri dari tiga sensor spektral (AS72651, AS72652, AS72653) yang bekerja dengan filter interferensi untuk mendeteksi cahaya pada panjang gelombang tertentu. Cahaya yang masuk diubah menjadi sinyal listrik oleh fotodioda, diperkuat, dan diolah oleh mikrokontroler internal sebelum dikirimkan melalui antarmuka komunikasi digital, seperti I^2C atau UART. Dengan 18 kanal spektral dan sumber cahaya internal, AS7265x memungkinkan analisis material, pengukuran warna, dan pemantauan lingkungan secara efisien. Keunggulan spektrometer ini meliputi ukurannya yang kecil, kalibrasi internal, dan kemudahan integrasi untuk aplikasi penelitian atau industri.

Proses akuisisi data membutuhkan proses konversi besaran fisis data *source* ke bentuk sinyal digital dan akan diolah oleh komputer. Pengolahan dan pengontrolan pada komputer menerapkan akuisisi data dengan perangkat lunak yang dapat divariasi dengan mudah sesuai kebutuhan (Putra dkk., 2018).

Dengan akuisisi data ketika spektrum dengan senyawa yang tidak diketahui diperoleh, identitas dapat ditentukan melalui referensi spektrum acuan yang disebut pencarian spektral. Perbandingan yang dibuat oleh algoritma yang menghitung selisih kumulatif antara absorbansi sampel dan spektrum referensi (Yudono, 2017).

2.2.8 Sensor AS7265x

SparkFun Triad Spectroscopy Sensor-AS7265x merupakan perangkat canggih yang memanfaatkan tiga fotodioda AMS pra-kalibrasi untuk mendeteksi spektrum cahaya pada 18 saluran spektral dengan lebar pita 30 nm. Sensor ini mencakup rentang panjang gelombang dari 410-940 nm, yang meliputi spektrum *visible* dan *infrared* (IR). sensor memiliki tiga lampu LED terpasang di samping fotodioda, lampu ultraviolet (UV), LED putih 3300 k untuk spektrum *visible*, dan lampu IR. Lampu-lampu ini digunakan dalam aplikasi spektrofotometri reflektif (Stevens *et al*., 2023). Bentuk dari SparkFun dapat dilihat pada **Gambar 10.**

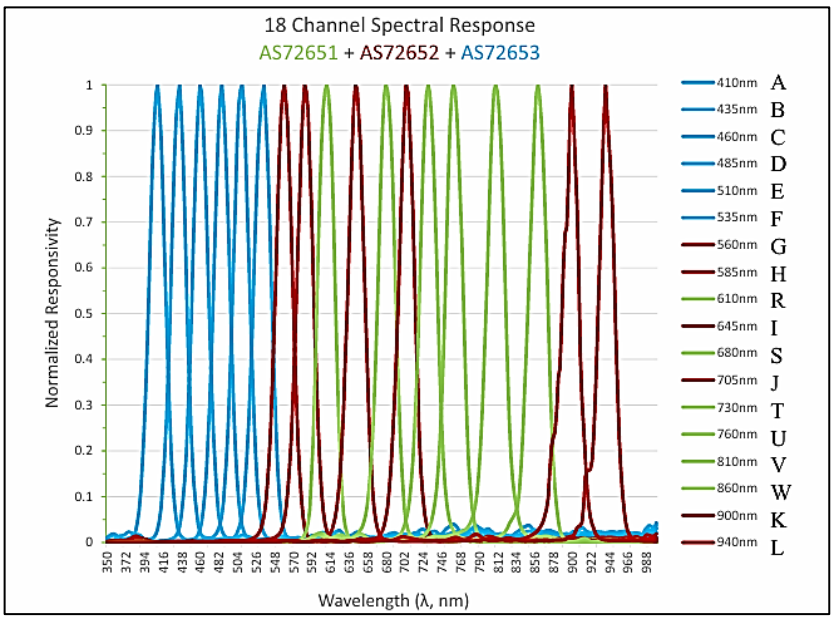


Gambar 10. Spektrometer Sensor-AS7265x (Daurai et al., 2023).

Adapun komponen-komponen sensor TRIAD AS7265x yaitu sebagai berikut.

1. Sensor AS72651 berfungsi untuk deteksi spektrum *visible*.
2. Dioda pemancar cahaya *ultraviolet* (LED UV) berfungsi sebagai sumber cahaya untuk menganalisis objek pada spektrum UV.
3. *White* LED berfungsi memberikan pencahayaan mencakup spektrum cahaya tampak.
4. Sensor AS72652 berfungsi untuk mendeteksi spektrum UV.
5. Sensor AS72653 berfungsi untuk mendeteksi spektrum IR.
6. IR LED untuk menganalisis objek pada spektrum *infrared*.
7. *Option to attach other light source* berfungsi untuk menyambungkan sumber cahaya tambahan seperti LED eksternal (Daurai *et al*., 2023).

Pada bagian *Near-Infrared Spectrometer* (NIR) dari spektrum ini mencakup panjang gelombang antara 700-940 nm, yang merupakan bagian dari kemampuan deteksi sensor tersebut. NIR dikenal memiliki karakteristik analisis yang cepat dan mampu memenuhi kebutuhan pengukuran secara langsung dengan efisien (Wang *et al*., 2023). Berikut responivitas normalisasi masing-masing saluran sensor spektral dalam rentang panjang gelombang 410-940 nm ditunjukkan pada **Gambar 11.**



Gambar 11. Respon Spektral sensor AS7265x (Durgun, 2024)

Sensor AS7265X mendeteksi cahaya pada panjang gelombang yang berbeda, dengan puncak-puncak yang menunjukkan tingkat kepekaan sensor pada panjang gelombang tertentu. Saluran-saluran ini meliputi rentang spektrum *visible* dan NIR. Setiap puncak mewakili responsivitas sensor pada panjang gelombang tertentu (Durgun, 2024).

2.2.9 PYTHON

Pemrograman komputer kini menjadi bagian penting dalam berbagai aspek kehidupan modern. Salah satu bahasa pemrograman yang sangat populer adalah Python (Nazar, 2024). Python merupakan bahasa pemrograman interpretatif yang bersifat *multiplatform* dan multiguna. Sebagai salah satu bahasa tingkat tinggi, Python dikembangkan oleh Guido Van Rossum (Khoirudin, 2019). Python disebut multiguna karena dapat diaplikasikan dalam bidang *machine learning* dan *deep learning* (Rahman dkk., 2023). Beberapa *library* Python yang sering digunakan dalam pengembangan *machine learning* dan *deep learning* adalah sebagai berikut.

1. Numpy yaitu berisikan fungsi matematika dengan kompleksitas tinggi digunakan untuk memproses array dan matriks multidimensi.
2. Tkinter Adalah pustaka standar yang digunakan untuk membuat aplikasi berbasis *Graphical User Interface* (GUI) pada bahasa pemrograman python.
3. SciPy adalah library yang berisikan fungsi untuk aljabar linier, pengoptimalan gambar, interpolasi integrasi, dan fungsi lainnya dalam sains dan teknologi.
4. TensorFlow adalah library yang digunakan untuk membuat *machine learning*.
5. Keras merupakan library yang bekerja dengan blok bangunan jaringan saraf seperti lapisan, fungsi aktivasi, dan pengoptimalan.
6. Pandas digunakan untuk Analisis data dengan dukungan untuk struktur data yang cepat, fleksibel, dan ekspresif yang dirancang untuk bekerja pada data relasional.
7. Matplotlib digunakan untuk visualisasi data (Alfarizi dkk., 2023).

Python mengadopsi paradigma pemrograman dari beberapa bahasa seperti bahasa C, Java, dan Lisp. Gabungan paradigma ini membuat Python lebih fleksibel dan memudahkan programmer dalam mengembangkan berbagai jenis proyek (Rahman dkk., 2023). Penulisan kode Python dapat dilakukan menggunakan berbagai IDE,

seperti VS Code, Sublime Text, PyCharm, Jupyter Notebook, atau Google Colab (Alfarizi dkk., 2023).

Python memiliki sejumlah keunggulan, di antaranya adalah kemudahan penggunaannya dalam pengembangan perangkat lunak, perangkat keras, *Internet of Things* (IoT), dan aplikasi web. Selain itu, Python juga dilengkapi dengan beragam pustaka (library) yang sangat kaya dan luas, serta mendukung ekosistem IoT secara optimal (Kadarina dan Fajar, 2019). Salah satu pustaka yang memperkuat fleksibilitas Python adalah library untuk pengembangan *Graphical User Interface* (GUI), seperti Tkinter, PyQt, dan Kivy. Dengan memanfaatkan library GUI ini, proses akuisisi data dari sensor atau perangkat IoT dapat divisualisasikan secara *real-time* dalam interface yang intuitif dan mudah dioperasikan, sehingga meningkatkan efektivitas monitoring dan kontrol sistem. GUI merupakan sebagai segala sesuatu yang memungkinkan interaksi antara manusia dengan sistem komputer, perangkat lunak atau perangkat lainnya. GUI adalah tampilan antarmuka komputer yang digunakan pengguna berinteraksi dengan perangkat lunak menggunakan elemen grafis seperti ikon, tombol, jendela, dan menu. Perkembangan GUI salah satu hal penting dalam Sejarah komputasi yang telah mengubah cara berinteraksi dengan komputer (Prihastomo dan Winanti, 2024).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2024 hingga Juli 2025. Perancangan dan pembuatan dilakukan di Laboratorium Fisika Eksperimen Universitas Lampung, Bandar Lampung dan pengambilan data dilakukan di Jurusan Fisika Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Alat Penelitian dan Fungsinya

No	Nama Alat/ Spesifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler	Mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan mengirimkan data dari sensor serta mengontrol aktuator dalam sistem akuisisi data.
2	Laptop	Membuat Program tampilan GUI dan Mengolah data.
3	Sensor AS7265x	untuk mengukur intensitas cahaya pada panjang gelombang *visible* dan IR.
4	*Power Supply*	Memberi daya untuk semua sistem.
5	*Software*	Memprogram mikrokontroler dan menampilkan hasil pengukuran

Selanjutnya yaitu bahan yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada **Tabel 4.**

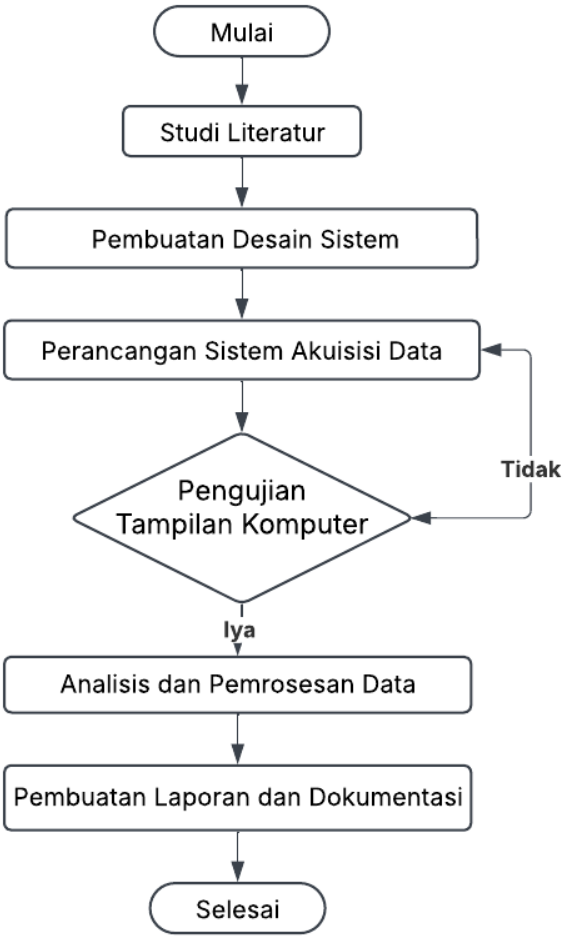
Tabel 4. Bahan Penelitian dan Fungsinya

No	Nama Bahan	Fungsi
1	Kabel USB	Menghubungkan Mikrokontroller dengan komputer untuk *transfer* data.
2	*Casing*	Melindungi komponen elektronik.
3	Aquades	Digunakan sebagai pelarut sampel
4	Pertalite	Pertalite digunakan sebagai sampel.

3.3 Prosedur Penelitian

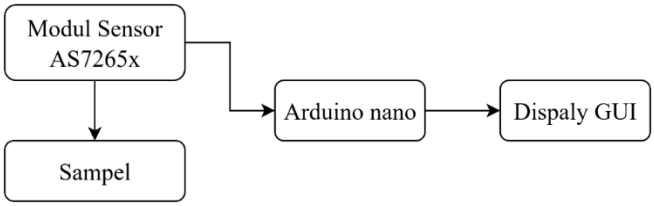
Proses dimulai dengan kegiatan Studi Literatur yaitu pengumpulan informasi terkait sensor AS7265x, prinsip kerja spektrometer, dan teknologi terkait lainnya. Tahap berikutnya adalah perancangan sistem akuisisi data dan pembuatan desain sistem yang melibatkan pembuatan konsep perangkat lunak yang akan digunakan. Setelah desain selesai, dilakukan tahap implementasi berupa perancangan sistem akuisisi data, di mana modul sensor AS7265x diintegrasikan dengan komponen lain untuk merekam data spektral.

Tahap selanjutnya adalah pengembangan dan pemeriksaan sistem, untuk menguji apakah sistem yang telah dirancang berfungsi dengan baik. Jika ditemukan bahwa sistem belum bekerja sesuai harapan, maka dilakukan perbaikan ulang pada tahap sebelumnya. Jika sistem dinyatakan berfungsi, proses berlanjut ke tahap Analisis hasil dan pemrosesan data, data yang dihasilkan dari sistem diolah dan dianalisis untuk memperoleh informasi yang relevan. Akhirnya, proses ditutup dengan Pembuatan Laporan dan Dokumentasi yang berisi hasil penelitian, spesifikasi sistem, dan evaluasi kinerja sistem. Proses selesai setelah semua dokumen tersusun dengan baik. Adapun secara keseluruhan prosedur penelitian ditunjukkan dalam **Gambar 12.**



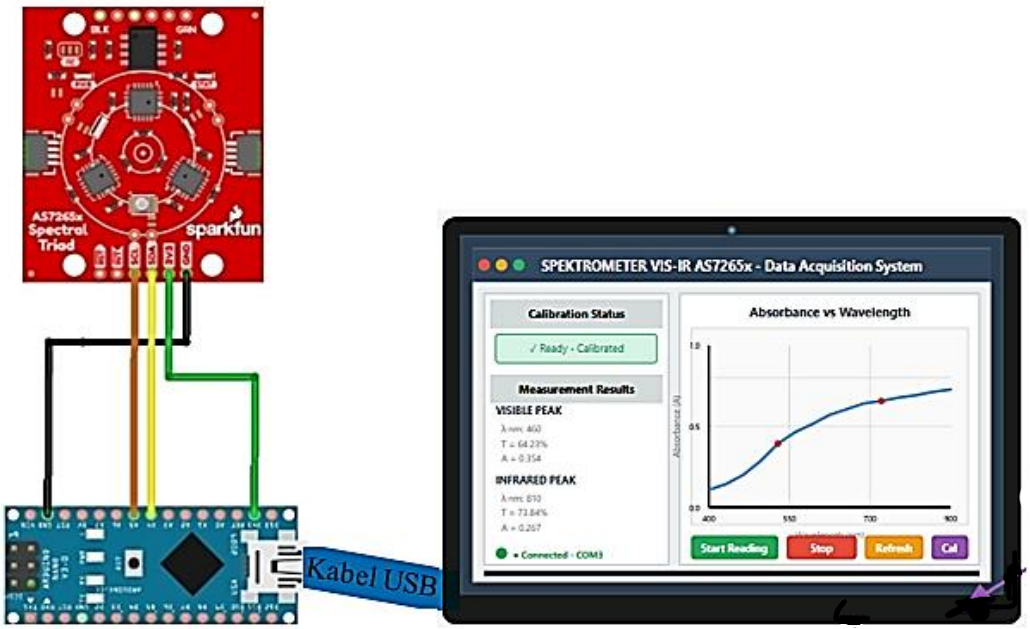
Gambar 12. Diagram Alir Penelitian

Pada proses pembuatan dan pengujian alat terbagi menjadi tiga komponen utama pada rancang sistem yaitu *input*, proses, dan *output*. Dalam sistem yang dikembangkan, *input* berupa cahaya yang diterima oleh sensor spektral AS7265x, yang kemudian difilter dan diubah menjadi sinyal digital oleh *Analog to Digital Converter* (ADC) internal pada sensor. Nilai digital spektral ini dibaca oleh mikrokontroler melalui komunikasi *Inter-Integrated Circuit* (I^2C). Mikrokontroler kemudian memproses data tersebut (misalnya menghitung nilai absorbansi atau transmitansi), dan mengirimkan hasilnya ke komputer untuk ditampilkan dalam bentuk grafik atau numerik. Diagram blok ini menggambarkan alur dari penerimaan sinyal, konversi melalui ADC internal, pengolahan oleh mikrokontroler, hingga tampilan hasil pada komputer seperti pada **Gambar 13.**



Gambar 13. Diagram Blok Akuisisi Data Spektrometer *Visible* dan IR

Diagram blok tersebut menjelaskan alur sistem spektrometer berbasis sensor AS7265x yang digunakan untuk menganalisis sampel dan menampilkan hasil melalui *Graphical User Interface* (GUI) komputer. Cahaya dari sampel ditangkap oleh sensor AS7265x dan langsung mengubah intensitas cahaya menjadi data digital melalui ADC internal. Data ini dikirim ke mikrokontroler melalui komunikasi I^2C untuk diproses. Mikrokontroler membaca data dari sensor, lalu menghitung nilai fisis seperti transmitansi dan absorbansi. Mikrokontroler kemudian mengirimkan hasilnya ke komputer melalui USB serial. Di komputer, data ditampilkan secara *real-time* dalam GUI berupa grafik panjang gelombang terhadap absorbansi atau transmitansi serta kontrol lainnya. Skematik akusisi data dari spektrometer ke komputer GUI ditunjukkan pada **Gambar 14.**



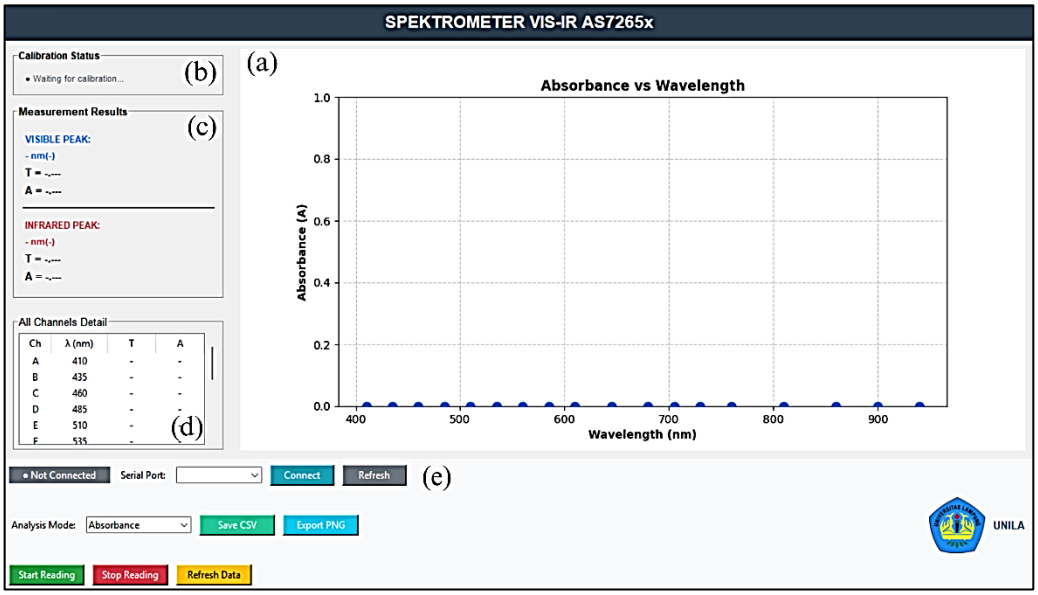
Gambar 14. Skematik Akuisisi Data Spektrometer

3.4 Desain Perancangan Grafis Antarmuka

Desain perancangan alat spektrometer dengan sensor AS7265x menggunakan bahasa pemrograman Python. Sensor AS7265x dirancang untuk mendeteksi spektrum cahaya dalam rentang panjang gelombang 410-940 nm. Sistem ini melibatkan beberapa komponen utama, yaitu Sensor AS7265x berfungsi sebagai modul pendeteksi spektrum cahaya, mikrokontroler untuk mengelola data dari sensor, dan antarmuka berbasis Python untuk menampilkan hasil pengukuran. Tampilan antarmuka spektrometer ini berupa *button* absorbansi atau Transmitansi (*A*/*T*) untuk menampilkan bentuk grafik absorbansi atau transmitansi. Sumbu x menggambarkan panjang gelombang spektrum (410-940 nm) dan sumbu y menunjukan absorbansi atau transmitansi. Terdapat juga control panel yang terdiri dari tombol *start*, *stop*, *serial port*, *refresh* data, *save* CSV dan *export* PNG. Adapun tampilan untuk antarmuka ditunjukkan pada **Gambar 15.**

Gambar 15. Tampilan Awal Antarmuka Sistem Akuisisi Data SparkFun

Desain tampilan awal *graphical user interface* (GUI) terdiri dari logo Universitas Lampung dan tombol *Start Application*, jika di klik akan melanjutkan ke tampilan GUI selanjutnya berupa tampilan utama GUI, ditunjukkan pada **Gambar 16.**

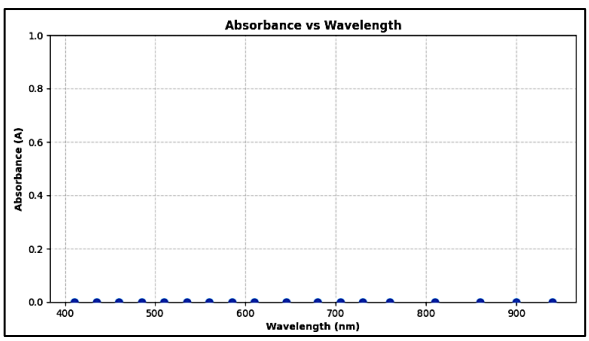


Gambar 16. Desain Tampilan Utama Antarmuka Sistem

Tampilan utama GUI pada sistem spektrometer ini dirancang agar pengguna dapat dengan mudah melihat hasil pengukuran dari sensor AS7265x. GUI ini terdiri dari lima bagian itu yaitu (a) Grafik Spektrum, (b) Status kalibrasi, (c) Menampilkan peak *visible* dan *infrared*, (d) Tabel detail data 18 spektral, dan (e) Panel control.

3.4.1 Perancangan Tampilan Antarmuka Grafik Spektrum

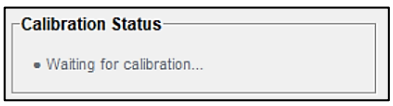
Tampilan antarmuka grafik spektrum menampilkan grafik hubungan antara panjang gelombang dan nilai absorbansi atau transmitansi. Grafik ini memberikan representasi visual data spektrum yang diperoleh dari 18 spektral spektrum sensor AS7265x. Tampilan antarmuka grafik spektrum ditunjukkan pada **Gambar 17.**



Gambar 17. Tampilan Antarmuka Grafik Spektrum

3.4.2 Perancangan Tampilan Antarmuka Status Kalibrasi

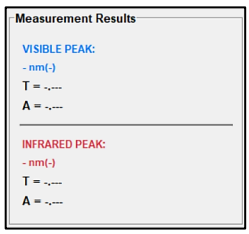
Tampilan antarmuka selanjutnya terdapat status kalibrasi, untuk mengetahui apakah kalibrasi telah berhasil dilakukan. Tampilan antarmuka ditunjukkan pada **Gambar 18.**



Gambar 18. Tampilan Antarmuka Status Kalibrasi

3.4.3 Perancangan Tampilan Antarmuka Puncak Spektrum

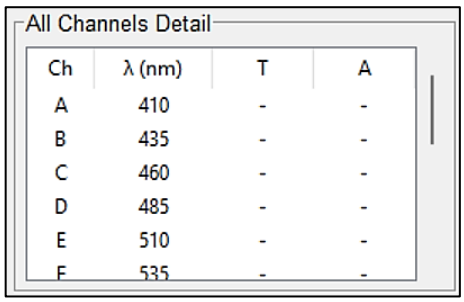
Tampilan antramuka puncak spektrum menampilkan hasil analisis puncak absorbansi dan transmitansi pada rentang spektrum *visible* dan *infrared* yang otomatis diperbarui berdasarkan data yang diperoleh. Tampilan antarmuka ditunjukkan pada **Gambar 19.**



Gambar 19. Tampilan Antarmuka Puncak Spektrum

3.4.4 Perancangan Tampilan Antarmuka Tabel Data Spektral

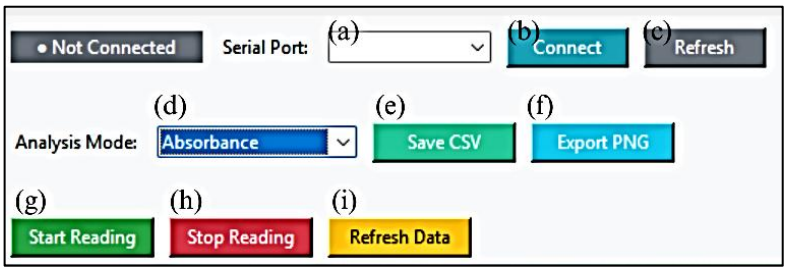
Tampilan antarmuka tabel data spektral berupa transmitansi dan absorbansi yang memuat 18 spektral yaitu 410 nm, 435 nm, 460 nm, 485 nm, 510 nm, 535 nm, 560 nm, 585 nm, 610 nm, 645 nm, 680 nm, 705 nm, 730 nm, 760 nm, 810 nm, 860 nm, 900 nm, dan 940 nm. Tampilan antarmuka ditunjukkan pada **Gambar 20.**



Gambar 20. Tampilan Antarmuka Data 18 Spektral

3.4.5 Perancangan Tampilan Antarmuka Control Panel

Tampilan antarmuka control panel terdapat berbagai jenis tombol seperti ditunjukkan pada **Gambar 21.**



Gambar 21. Tampilan Antarmuka Control Panel

Adapun fungsi-fungsi dari tombol tersebut yaitu sebagai berikut.

1. Tombol (a) *Serial Port*, berfungsi menampilkan daftar port serial (COMx) yang tersedia pada komputer.
2. Tombol (b) *Connect*, berfungsi menghubungkan aplikasi ke port serial yang dipilih.
3. Tombol (c) *Refresh*, berfungsi untuk memindai ulang port serial yang tersedia.
4. Tombol (d) *Analysis Mode*, berfungsi untuk menentukan mode analisis data spektrum absorbansi atau transmitansi yang akan ditampilkan pada grafik dan tabel.
5. Tombol (e) *Save* CSV, menyimpan hasil pengukuran ke dalam file .csv.
6. Tombol (f) *Export* PNG, berfungsi menyimpan grafik absorbansi atau transmitansi yang sedang ditampilkan sebagai file gambar .png.
7. Tombol (g) *Start Reading*, berfungsi untuk memulai proses pembacaan data dari sensor secara *real-time* melalui port serial.
8. Tombol (h) *Stop Reading*, berfungsi untuk menghentikan pembacaan data dari sensor secara *real-time*.
9. Tombol (i) *Refresh* Data, berfungsi untuk menghapus/*reset* semua data pengukuran dan grafik yang sedang ditampilkan.

3.5 Pengujian Alat Spektrometer *Visible* dan IR

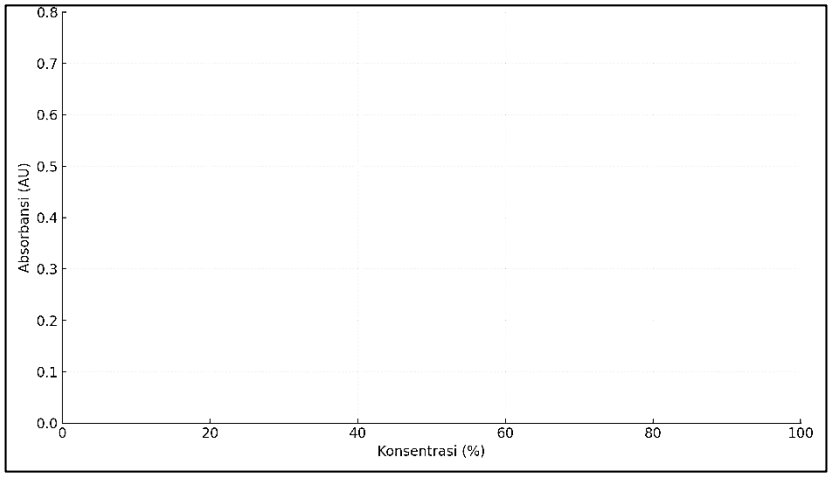
Proses pengujian alat ini dilakukan 10 kali perulangan dengan memvariasikan konsentrasi sampel untuk melihat hasil spektrum yang dihasilkan. Spektrometer ini

menghasilkan spektrum diskrit dari panjang gelombang *visible* hingga IR. Hasil dari spektrometer *visible* dan IR ini merupakan nilai absorbansi dan transmitansi yang di ilustrasikan pada **Tabel 5.**

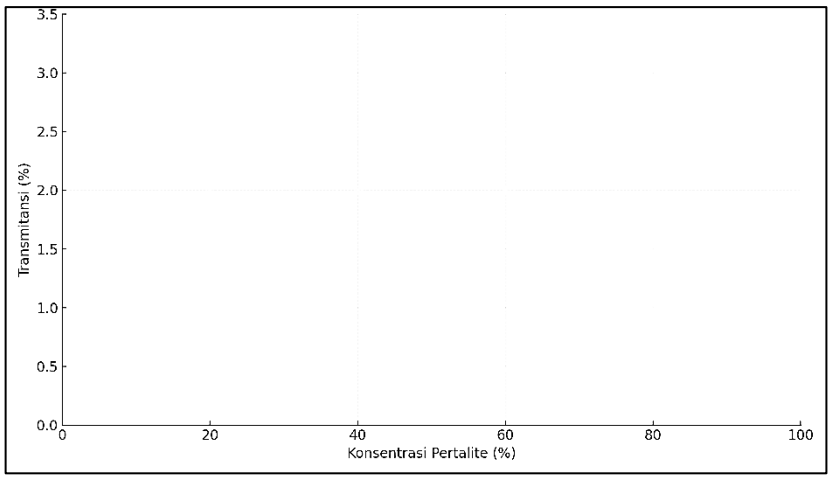
Tabel 5. Data Pengujian Spektrometer *visible* (410–700 nm) dan IR (700–940 nm) dengan Sampel Pertalite

No	Konsentrasi Pertalite(ml) : Air Murni (ml)	Spektrum	λ (nm)	Absorbansi (a.u)	Transmitansi (a.u)
1	0:10	Vis			
		IR			
2	2:8	Vis			
		IR			
3	3:7	Vis			
		IR			
4	4:6	Vis			
		IR			
5	5:5	Vis			
		IR			
6	6:4	Vis			
		IR			
7	7:3	Vis			
		IR			
8	8:2	Vis			
		IR			
9	9:1	Vis			
		IR			
10	10:0	Vis			
		IR			

Hasil dari pengujian alat berupa data nilai absorbansi dan transmitansi dengan variasi konsentrasi sampel. Selanjutnya, akan diplot menjadi grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi larutan campuran pertalite dan aquades dengan nilai absorbansi dan transmitansi pada spektrum *visible* dan IR yang terdeteksi oleh sensor spektrometer AS7265x. Kurva grafik diilustrasikan pada **Gambar 22** dan **Gambar 23.**



Gambar 22. Grafik Hubungan Konsentrasi dan Absorbansi



Gambar 23. Grafik Hubungan Konsentrasi dan Transmitansi

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian ini maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sistem akuisisi data spektrometer *visible* dan IR menggunakan sensor AS7265x berbasis mikrokontroler arduino nano telah berhasil dirancang dan diimplementasikan. Sistem ini mampu membaca panjang gelombang spektrum secara *real-time* dan menampilkannya melalui antarmuka GUI berbasis python.
2. Sistem akuisisi data yang dikembangkan bersifat efisien, fleksibel, dan hemat biaya, dengan fitur utama seperti pembacaan data dan visualisasi grafik serta tabel hasil pengukuran.
3. Spektrometer AS7265x yang diimplementasikan dengan mikrokontroler arduino nano mampu mendeteksi perubahan absorbansi dan transmitansi sesuai dengan peningkatan konsentrasi larutan. Hasil pengukuran menunjukkan tren yang konsisten dengan prinsip optik dan penelitian sebelumnya, sehingga sistem ini valid dan layak digunakan sebagai alat ukur alternatif dalam analisis spektrum.

5.2 Saran

Pada tahap selanjutnya, pengembangan GUI dapat diarahkan untuk memiliki tampilan yang lebih responsif, baik untuk berbagai ukuran layar maupun perangkat. Dengan mengembangkan GUI berbasis web atau menggunakan *framework* yang mendukung portabilitas ke sistem operasi lain seperti Android atau iOS. Hal ini akan meningkatkan fleksibilitas penggunaan dan menjangkau pengguna yang lebih luas, tidak terbatas pada pengguna PC atau laptop saja, sehingga sistem dapat digunakan lebih praktis di lapangan maupun di luar laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Afandi, R., dan Purwanto, A. (2018). Spektrofotometer Cahaya Tampak Sederhana untuk Menentukan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Larutan $Fe(SCN)_3$ dan $CuSO_4$. *Jurnal Spektrofotometer Cahaya Tampak*, 2(4), 161–166.

Alfarizi, M. R. S., Al-farish, M. Z., Taufiqurrahman, M., Ardiansah, G., dan Elgar, M. (2023). Penggunaan Python Sebagai Bahasa Pemrograman untuk Machine Learning dan Deep Learning. *Karya Ilmiah Mahasiswa Bertauhid (KARIMAH TAUHID)*, 2(1), 1–6.

Angraini, N., dan Yanti, F. (2021). Penggunaan Spektrofotometer Uv-Vis untuk Analisis Nutrien Fosfat Pada Sedimen dalam Rangka Pengembangan Modul Praktikum Oseonografi Kimia. *Jurnal Penelitian Sains*, 23(2), 78-83.

Balabin, R.M, Safieva, R.Z., dan Lomakina, E.I. (2010). Gasoline Classification Using Near Infrared (NIR) Spectroscopy Data: Comparison of Multivariate Techniques. *Journal Analytica Chimica.* 6(1), 27-35.

Billmeyer, F.W., D Ellen, J., dan Marcus, R.T. (1974). Comparative Performance of Color-Measuring Instruments: Second Report. *Applied Optics*. 13(6). 1510-1518.

Burdge, J.R. (2014). Chemistry. New York: MC Graw Hill.

Conde, F.J. (2023). A Low-Cost Hardware/Software Platform for Lossless Real-Time Data Acquisition From Imaging Spectrometers.*Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).*22(1). 1-13.

Dachriyanus. (2004). *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK).

Daurai, B., Ramchiary, S. S., dan Gogoi, M. (2023). Comparison of Sparkfun TRIAD AS7265x Spectroscopy Sensor Device with a Spectrophotometer for Qualitative and Quantitative Analysis. *4th International Conference on Computing and Communication Systems(I3CS)*. 2(1), 1–3.

Durgun, Y. (2024). Real-time Water Quality Monitoring Using AI-enabled

Sensors: Detection of Contaminants and UV Disinfection Analysis in Smart Urban Water Systems. *Journal of King Saud University - Science*, 36(9), 1-8.

Firdaus, M.A., Maulia, A., Khairyansyah, S.R., Rosyid, G.N., Karlina, D.L. (2024). Studi dan Implementasi Gelombang Elektromagnetik Dalam Berbagai Aplikasi. *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan InformatikaI*, 3(4), 223-235.

Fiyanti, A., Suciati, S. W., dan Muslih, M. R. (2016). Akuisisi Data Encoder Absolut Spektrometer Neutron Tiga Sumbu Menggunakan NI Usb-6351 dan Bahasa Pemrograman Labview. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)5(1),* 1-6.

Iksal, Suherman, dan Sumiati. (2018). Perancangan Sistem Kendali Otomatis On-Off Lampu Berbasis Arduino dan Borland Delphi. *Seminar Nasional Rekayasa Teknologi Informasi (SNARTISI)*, 1(4), 117-123.

Kadarina, T. M., dan Ibnu Fajar, M. H. (2019). Pengenalan Bahasa Pemrograman Python Menggunakan Aplikasi Games untuk Siswa/I di Wilayah Kembangan Utara. *Jurnal Abdi Masyarakat (JAM)*, 5(1), 11-16.

Kelly, J.J., Barlow, C.H., Jinguji, T.M., dan Callis, J.B. (1998) Prediction of Gasoline Octane Numbers From Near-Infrared Spectral Features in the Range 660-1215 nm. *Journal Analytical Chemistry*, 61(4), 313-319.

Khairunnisa, S., Amelza, R., Azizah Lubis, N., dan Darma Putri, M. (2023). Kajian Spectrometer Menggunakan Sensor Cahaya TCS3200. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, 6(1), 13–19.

Khaldun, I. (2018). *Kimia Analisa*. Aceh: Syiah Kuala University Press.

Khoirudin. (2019). *Algoritma dan Struktur Data dengan Phyton 3*. Semarang: In Universitas Semarang Press.

Kurniawan, W. (2012). *Rancang Bangun Prototipe Spektrometer Digital*. Surabaya: Universitas Sebelas Maret Surakarata.

Kombongkila, O., Taunaumang, H., dan Tumimomor, F. (2024). Analisis Struktur Film Tipis Disperse Orange-3 Hasil FTIR. *Jurnal FisTa: Fisika dan Terapannya*, 5(1), 45-50.

Li, A., Yao, C., Xia, J., Wang, H., Cheng, Q., Penty, RD., Fainman, Y., and Pan, S., (2022). Advances in Cost-Effective Integrated Spectrometers. *Journal of the CIOMP*, 11(174), 1-18.

Maharani, D., Cahyani,B., Wahyuni, R., Ardelia, T., Qatrunada., Wava, A.Z., dan Ratnasari, Y. (2024). Analisis Tingkat Pemahaman Konsep Melalui Praktikum Sifat-Sifat Cahaya Dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Review Pendidikan dan*

Pengajaran, 7(3), 9958-9964.

Nagara, N., dan Yazid, P. I. (2012). Perangkat Lunak Sistem Akuisisi Data Menggunakan Delphi. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, *4*(1), 17-24.

Nazar, R. (2024). Implementasi Pemrograman Python Menggunakan Google Colab. *Jurnal Informatika dan Komputer (JIK)* , *15*(1), 50–56.

Nazarenko, A.Y., dan Nazarenko, N.A. (2015). Analog Spectrophotometers in the Digital Age: Data Acquisition on a Budget. *Journal of Chemical Education*. 82(2). 294-296.

Oxtoby, D. W., Gillis, H., dan Nachtrieb, N. H. (2003). *Prinsip-Prinsip Dasar Kimia*. Jakarta: Erlangga.

Park, S.G., Anderson, G.A., and Bruce. J.E. (2018). Parallel detection in a single ICR Cell: Spectral Averaging and Improved S/N Without Increased Acquisition Time. *International Journal of Mass Spectrometry*. 1(2). 29-34.

Prihastomo, Y., dan Winanti. (2024). Tren Perkembangan Graphical User Interface Melalui Permohonan Desain Industri Di Indonesia. *Jurnal Joce*, 18(2), 93-100.

Putra, Y.E., Sulistiyanti, S.R., dan Komarudin, M. (2018). Sistem Akuisisi Data Pemantauan Suhu dan Kadar Keasaman (pH) Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Unmanned Surface Vehicle. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 12(3), 84-96.

Rahman, S., Sembiring, A., Siregar, D., Khair, H., Gusti Prahmana, I., Puspadini, R., dan Zen, M. (2023). *Python : Dasar dan Pemrograman Berorientasi Objek*. Surakarta: Tahta media.

Rahima, G., Nazwa, A., Khairatunnisa, Sa'adah, L., Firdaus, N.S., Rahmadani, N., Shalha, N.P., dan Putri, S.G. (2025). Tinjauan Teknik Spektroskopi dalam Analisa Senyawa Kimia dan Bahan Alam. *Journal Sains Farmasi dan Kesehatan.* 3(1), 121-129.

Rasiman, Y., T, Y. K., dan Ike, R. (2024). Gelombang Elektromagnetik (GEM) Telepon Seluler dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *Jurnal TNI Angkatan Udara*, *2*(1). 1-7

Raturandang, R., Wenas, D. R., Mongan, S., dan Bujung, C. (2022). Analisis Spektroskopi FTIR untuk Karakterisasi Kimia Fisik Fluida Mata Air Panas di Kawasan Wisata Hutan Pinus Tomohon Sulawesi Utara. *Jurnal FisTa : Fisika dan Terapannya*, *3*(1), 28–33.

Sari, D. K., Sudarti, dan Yushardi. (2023). Analisis Pengaruh Gelombang Elektromagnetik Cahaya Tampak Pada Proses Fotosintesis Tanaman Hydrilia.

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek, *01*(10), 11-20.

Shetty, M., and Sahin, D. (2016). Data Acquisition and Analysis Software for Gamma Coincidence Spectrometry. *Journal Radional Nucl Chem.* 309(1). 243-247.

Seniari, N. M., dan Bagus, W. (2021). Penyuluhan Cara Mengurangi Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Kesehatan di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Jurnal Bakti Nusa*, *2*(1), 32–38.

Sibuea, S., Rahmaddoni, A., dan Widodo, B. (2021). Perancangan Robot Pemadam Api Dengan Pengontrolan Gerak Metode *Proportional Integral Derivative* (PID) Menggunakan Sensor Sonar Berbasis Mikrokontroller. *Jurnal Informatika dan Teknologi Komputer*, *1*(3), 1–14.

Silverstein, R. M., Webster, F. X., dan Kiemle, D. J. (2005). *Spectrometric Identification Of Organic Compounds* (7th ed.). New York: John Wiley and Sons, INC.

Sitorus, B., dan Tahyudin, A. (2018). Rancang Bangun Alat Memberi Pakan Ikan Lele Otomatis Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 14(1), 1–12.

Stevens, J. D., Murray, D., Diepeveen, D., dan Toohey, D. (2023). Development and Testing of an IoT Spectroscopic Nutrient Monitoring System for Use in Micro Indoor Smart Hydroponics. *Horticulturae*, *9*(2), 1-22.

Suari, M. (2017). Pemanfatan Arduino Nano dalam Perancangan Media Pembelajaran Fisika. *Natural Science Journal*, *3*(1), 474–480.

Sulistyo, S. B., Sudarmaji, A., Haryanti, P., dan Kuncoro, P. H. (2024). A Novel Approach for Detection of Granulated Coconut Sugar Adulteration Using LED-Based Spectrometer and Machine Learning. *Information Processing in Agriculture*, 10(1), 1-22.

Tipler, P. (2001). *Fisika untuk Sains dan Teknik (3rd ed)*. Jakarta: Erlangga.

Tristanti, D. D. T., dan Sudarti. (2021). Analisis Kemampuan multirepresentasi Verbal dan Tabel Tentang Konsep Spektrum Gelombang Elektromagnetik Pada Mahasiswa Fisika. *Pancasakti Science Education Journal*, *6*(2), 46–51.

Wang, Y., Zhang, K., Shi, S., Wang, Q., dan Liu, S. (2023). Portable Protein and Fat Detector in Milk Based on Multi-Spectral Sensor and Machine Learning. *Applied Sciences*, 13(22). 1-13.

Yates, J.R. (2015). Pivotal Role of Computers and Software in Mass Spectrometry SEQUEST and 20 Years of Tandem MS Database Searcing. *Journal Am Soc Spectrom*. 26(11). 1-18.

Yudono, B. (2017). Spektrometri. Palembang: Simetri

Zulfa, I., Syahputra, H., dan Faisal, A. (2021). Rancang Bangun System Kontrol Alat-Alat Listrik Menggunakan Bluetooth Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Elektronika dan Komputer*, *14*(1), 188–199.