

OTOMATISASI KIT EKSPERIMEN HUKUM PERGESERAN WIEN

LAPORAN AKHIR

Dosen Pengampu : Mada Sanjaya, W.S., Ph.d



uin

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Gilang Pratama Putra Siswanto

1227030017

FISIKA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG

2024

ABSTRAK

Nama : Gilang Pratama Putra Siswanto
Program Studi : Fisika
Judul : OTOMATISASI KIT EKSPERIMEN HUKUM PERGESERAN WIEN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi dan ketelitian kit eksperimen Hukum Pergeseran Wien berbasis Arduino Uno dan sensor TCS34725 dalam mengukur hubungan antara suhu dan panjang gelombang radiasi benda hitam. Dengan mengadopsi teknologi modern, eksperimen ini dilakukan di Laboratorium Instrumentasi-Robotika Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati pada bulan September-Oktober 2024. Metodologi penelitian meliputi penggunaan sensor suhu dan sensor spektrum yang terintegrasi dengan mikrokontroler untuk menentukan panjang gelombang maksimum yang dipancarkan oleh benda pada suhu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem digital yang dikembangkan dapat bekerja secara optimal dan akurat, menghasilkan nilai konstanta pergeseran Wien (b) sebesar 0,002897773 dengan ketelitian $1,8796E-09$ dan ketepatan 99,99% terhadap nilai literatur. Penelitian ini diharapkan memberikan pemahaman lebih mendalam tentang aplikasi otomatisasi dalam eksperimen fisika serta kontribusinya terhadap pengembangan ilmu pengetahuan.

Kata kunci: Hukum Pergeseran Wien, Arduino Uno, sensor TCS34725, pengukuran suhu, radiasi benda hitam.

ABSTRACT

Name : Gilang Pratama Putra Siswanto
Studies Program : Physics
Title : *Automation Experiment Kit of Wien's Displacement Law*

This research aims to analyze the accuracy and precision of the Wien Displacement Law experimental kit based on Arduino Uno and the TCS34725 sensor in measuring the relationship between temperature and the wavelength of black body radiation. By adopting modern technology, this experiment was conducted at the Instrumentation and Robotics Laboratory of the State Islamic University of Sunan Gunung Djati from September to October 2024. The research methodology involves the use of temperature sensors and spectrum sensors integrated with a microcontroller to determine the maximum wavelength emitted by an object at a certain temperature. The testing results indicate that the developed digital system operates optimally and accurately, producing a Wien displacement constant (b) value of 0.002897773 with a precision of 1,8796E-09 and an accuracy of 99.99% compared to the literature value. This research is expected to provide a deeper understanding of the application of automation in physics experiments and its contribution to the development of science.

Keywords: *Wien Displacement Law, Arduino Uno, TCS34725 sensor, temperature measurement, black body radiation.*

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Radiasi Benda Hitam	6
2.2 Hukum Pergeseran Wien	9
2.3 Sensor TCS 34725	11
2.4 Arduino Uno	15
2.5 Python	17
3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian	19
3.1.1 Alat dan Bahan	19
3.1.2 Diagram Alir	19

4	DATA DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Pengukuran Panjang Gelombang, Intensitas Cahaya, dan Suhu . . .	23
4.2	Perhitungan Nilai Konstanta b	37
4.3	Pengujian Akurasi Nilai Konstanta b	51
4.4	Perbandingan Hasil Grafik Pengujian dan Literatur	65
5	PENUTUP	69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran	69
	lampiran	72
	lampiran	76
5.3	Kode Program Arduino	76
5.4	Kode Program Python	77

DAFTAR GAMBAR

2.1.1 Ilustrasi Radiasi Benda Hitam pada Bidang Bercelah	7
2.2.1 Grafik Hukum Pergeseran Wien	10
2.3.1 Sensor TCS 34725	11
2.3.2 <i>Pinout</i> Sensor TCS 34725	12
2.3.3 Diagram Blok Sensor TCS 34725	12
2.4.1 Arduino Uno R3	15
2.4.2 <i>Pinout</i> Arduino Uno R3	16
4.4.1 Grafik Intensitas Terhadap Panjang Gelombang Wien - <i>Interface</i> Python	65
4.4.2 Grafik Intensitas Terhadap Panjang Gelombang Wien - Excel	66
5.2.1 Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Tampilan Dalam	72
5.2.2 Skematik Rangkaian Kit Eksperimen Pergeseran Wien -	72
5.2.3 Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Tampilan Samping	73
5.2.4 Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Konfigurasi Sensor	73
5.2.5 Tampilan Awal Antarmuka Python untuk Kit Eksperimen Pergeseran Wien	74
5.2.6 Tampilan Antarmuka <i>Plotting</i> Kit Eksperimen Pergeseran Wien . . .	74
5.2.7 Tampilan Desain <i>Casing</i> Akrilik Kit Eksperimen Pergeseran Wien .	75

DAFTAR TABEL

3.1.1 Alat dan Bahan	19
4.1.1 Pengukuran Panjang Gelombang, Intensitas Cahaya, dan Suhu . . .	24
4.2.1 Perhitungan Konstanta Pergeseran Wien (b)	38
4.3.1 Pengujian Akurasi Konstanta b	51

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai aspek kehidupan manusia, termasuk dalam bidang pendidikan dan penelitian sains. Hukum pergeseran Wien adalah prinsip fundamental dalam fisika yang menjelaskan hubungan antara suhu suatu benda hitam dan panjang gelombang maksimum radiasi yang dipancarkannya. Memahami hukum ini sangat penting untuk berbagai aplikasi teknik dan ilmiah, termasuk astronomi, teknik termal, dan analisis material. Dengan demikian, penelitian mengenai pengukuran dan pemahaman hukum pergeseran Wien sangat relevan dalam konteks pendidikan fisika.

Pengukuran suhu menggunakan hukum pergeseran Wien dapat dilakukan melalui pengamatan radiasi yang dipancarkan oleh benda hitam. Untuk menentukan panjang gelombang maksimum yang sesuai dengan suhu suatu benda, penelitian ini memerlukan instrumen yang mampu mendeteksi dan menganalisis spektrum radiasi. Dalam praktiknya, eksperimen ini seringkali dilakukan secara manual, yang dapat menyebabkan variasi dalam pengukuran dan kesalahan dalam analisis data. Oleh karena itu, penting untuk mengadopsi teknologi modern guna meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam eksperimen ini.

Otomatisasi kit eksperimen hukum pergeseran Wien menjadi sangat penting dalam konteks penelitian dan pendidikan fisika. Dengan otomatisasi, proses pengukuran suhu dan panjang gelombang dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat, menghasilkan data yang lebih konsisten dan memungkinkan pengulangan eksperimen dengan mudah. Otomatisasi juga membuka peluang untuk integrasi perangkat

lunak analisis data canggih, yang dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai perilaku radiasi benda hitam dan aplikasinya dalam berbagai bidang.

Cara kerja alat praktikum yang otomatis ini melibatkan penggunaan sensor suhu dan sensor spektrum yang terintegrasi dengan mikrokontroler, seperti Arduino Uno. Melalui pengolahan data secara real-time, alat ini dapat menentukan panjang gelombang maksimum yang dipancarkan oleh benda pada suhu tertentu. Dengan menggunakan antarmuka perangkat lunak seperti Python, hasil perhitungan dapat ditampilkan secara visual dan interaktif, sehingga memudahkan pemahaman konsep hukum pergeseran Wien.

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang manfaat otomatisasi kit eksperimen dalam mengukur hukum pergeseran Wien, serta kontribusinya terhadap pengembangan ilmu pengetahuan fisika dan pendidikan. Melalui penjelasan potensi dan batasan yang ada, penelitian ini juga dapat membantu dalam pengembangan unit praktikum otomatisasi yang lebih efisien dan dapat diandalkan di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat akurasi dan ketelitian kit eksperimen Pergeseran Wien berbasis Arduino Uno dan sensor TCS34725 dalam mengukur hubungan suhu terhadap panjang gelombang radiasi benda hitam?
2. Bagaimana pengembangan sistem digitalisasi berbasis Arduino Uno dan Python 3.8 dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengukuran konstanta pergeseran Wien (b) dalam eksperimen radiasi benda hitam?
3. Seberapa akurat nilai konstanta pergeseran Wien (b) yang diperoleh melalui eksperimen menggunakan sensor TCS34725 dibandingkan dengan nilai literatur yang ada?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis akurasi dan ketelitian kit eksperimen Pergeseran Wien berbasis Arduino Uno dan sensor TCS34725 dalam mengukur hubungan antara suhu dan panjang gelombang radiasi benda hitam.
2. Mengembangkan sistem digital berbasis Arduino Uno dan Python 3.8 untuk meningkatkan efisiensi pengukuran radiasi benda hitam.
3. Mengevaluasi ketepatan dan ketelitian sensor TCS34725 dalam eksperimen Pergeseran Wien dan implikasinya terhadap pengukuran suhu benda hitam.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan beberapa manfaat, di antaranya :

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan metode pengukuran eksperimental dalam fisika, khususnya dalam memahami radiasi benda hitam dan Hukum Pergeseran Wien melalui pendekatan digitalisasi.
2. Penelitian ini menyediakan perangkat eksperimen berbasis Arduino yang terjangkau dan efisien bagi pelajar, guru, atau peneliti untuk mempelajari radiasi benda hitam dengan lebih mudah, akurat, dan cepat.
3. Dengan memanfaatkan teknologi sensor TCS34725 dan interface Python, penelitian ini dapat memberikan alternatif solusi untuk aplikasi yang membutuhkan pengukuran suhu dan panjang gelombang yang presisi, khususnya dalam bidang termal dan optik.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah agar penelitian memiliki batasan demi tercapainya suatu tujuan penelitian, di antara nya yaitu :

1. Penelitian ini dibatasi pada pengamatan radiasi benda hitam secara eksperimental dengan menggunakan sensor TCS34725. Radiasi dari sumber lain seperti sinar ultraviolet atau sinar infra merah tidak akan dianalisis secara khusus.

2. Kit eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini hanya melibatkan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan Python sebagai platform pemrosesan data. Sistem lain, seperti mikrokontroler atau software pemrograman alternatif, tidak akan dibahas.
3. Pengukuran akan dilakukan dalam rentang suhu tertentu yang dapat diamati oleh sensor TCS34725. Panjang gelombang yang terdeteksi dibatasi oleh sensitivitas sensor tersebut, sehingga tidak mencakup seluruh spektrum radiasi benda hitam.
4. Penelitian ini hanya akan membahas perhitungan nilai konstanta pergeseran Wien (b) dan membandingkan hasil eksperimen dengan nilai literatur, tanpa melakukan modifikasi atau analisis teori lebih lanjut tentang Hukum Pergeseran Wien.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan Laporan Akhir ini disusun ke dalam tiga buah bab dengan sistematika sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan latar belakang dilakukannya studi, termasuk rumusan masalah yang menjadi fokus penelitian. Selain itu, penelitian ini juga memaparkan tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan setelah penelitian selesai, serta batasan masalah yang ditetapkan untuk menjaga fokus penelitian. Keseluruhan pembahasan tersebut dirangkum secara jelas dalam sistematika penulisan, yang menyajikan gambaran komprehensif dari penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini membahas tinjauan pustaka yang mencakup berbagai teori terkait yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian. Di dalamnya, terdapat penjelasan mengenai Hukum Pergeseran Wien serta deskripsi tentang alat-alat yang digunakan dalam eksperimen ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini memuat informasi rinci tentang waktu dan lokasi pelaksanaan penelitian. Di dalamnya, terdapat daftar lengkap alat dan bahan yang digunakan selama proses penelitian. Selain itu, bagian ini juga menguraikan secara sistematis tahapan dan prosedur yang diikuti dalam penelitian, mulai dari persiapan awal, pengaturan alat eksperimen, hingga pengambilan dan analisis data.

BAB IV : DATA DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat hasil dari data percobaan yang diperoleh selama penelitian berlangsung, serta menyajikan analisis mendalam terhadap data tersebut. Setiap data yang dihasilkan dari pengujian diuraikan secara rinci untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai temuan penelitian. Hasil analisis meliputi interpretasi terhadap data yang telah dikumpulkan, termasuk pengukuran, perhitungan, dan evaluasi terhadap kinerja sistem yang digunakan.

BAB V : PENUTUP

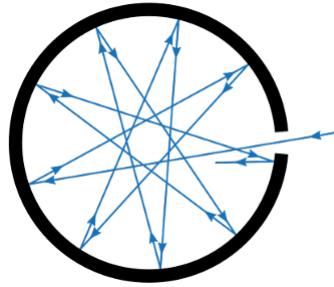
Bagian ini menyajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, yang merangkum temuan-temuan utama terkait dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Selain itu, bagian ini juga mengidentifikasi berbagai kekurangan atau keterbatasan yang muncul selama pelaksanaan penelitian, baik dari segi metode, alat yang digunakan, maupun hasil yang diperoleh.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi Benda Hitam

Sebuah benda hitam adalah objek teoritis yang ideal, digambarkan sebagai sesuatu yang "menyerap semua radiasi yang datang," sering kali diilustrasikan sebagai rongga atau botol kosong di mana gelombang atau foton memantul di antara dinding pada suhu tertentu yang mendefinisikan suhu rongga tersebut. Botol ini memiliki lubang kecil melalui mana radiasi keluar dan dapat diamati. Benda hitam ini dirancang untuk menggambarkan sifat esensial radiasi dari benda nyata seperti cahaya tampak dari besi pada suhu 1000°C , Matahari pada suhu 6000°C , atau pancaran inframerah tak terlihat dari tubuh manusia pada suhu 37°C . Namun, mengapa benda seperti besi panas, Matahari, atau tubuh manusia digambarkan sebagai botol kosong dengan lubang kecil? Alasannya adalah karena Planck menggunakan gambaran ini dalam buktinya tentang Hukum Radiasi Benda Hitam, yang didasarkan pada statistik kuantum energi atau foton di dalam kotak. Bukti matematis ini memerlukan pengaturan khusus yang kemudian mendefinisikan konsep ideal benda hitam sebagai botol kosong dengan lubang kecil. Namun, membangun benda hitam seperti ini dalam kenyataan sangatlah sulit (Johnson, 2012).



Gambar 2.1.1: Ilustrasi Radiasi Benda Hitam pada Bidang Bercelah

Setiap benda pada suhu di atas nol mutlak akan memancarkan radiasi, dengan intensitas dan distribusi frekuensi yang bergantung pada struktur detail benda tersebut. Untuk memulai analisis radiasi panas, kita harus spesifik mengenai benda yang melakukan radiasi: kasus paling sederhana adalah benda ideal yang merupakan penyerap sempurna, dan oleh karena itu (berdasarkan argumen sebelumnya) juga merupakan pemancar sempurna. Benda ideal ini disebut "benda hitam." Namun, ide ini perlu diuji secara eksperimental: bagaimana kita bisa membangun penyerap sempurna? Meski tidak ada yang benar-benar sempurna, pada tahun 1859, Kirchhoff memiliki gagasan cerdas; lubang kecil di sisi kotak besar merupakan penyerap yang sangat baik, karena radiasi yang masuk melalui lubang akan memantul di dalam, dengan sebagian besar energi diserap pada setiap pantulan, dan kecil kemungkinan radiasi tersebut keluar lagi. Hal ini juga dapat dilakukan sebaliknya: dengan menggunakan oven yang memiliki lubang kecil, radiasi yang keluar melalui lubang tersebut dianggap sebagai representasi pemancar sempurna terbaik yang bisa kita dapatkan. Kirchhoff menantang para teoritis dan eksperimentalis untuk menghitung dan mengukur kurva energi/frekuensi dari radiasi rongga ini, yang dalam bahasa Jerman disebut "*hohlraum strahlung*" (*hohlraum* berarti ruang kosong atau rongga, dan *strahlung* berarti radiasi). Tantangan Kirchhoff pada tahun 1859 ini kemudian menjadi pemicu munculnya teori kuantum empat puluh tahun kemudian. Hipotesis kuantitatif pertama berdasarkan pengamatan eksperimental terhadap radiasi lubang adalah Hukum Stefan (1879), yang menyatakan bahwa total daya yang dipancarkan dari satu meter persegi permukaan hitam pada suhu T berbanding lurus dengan pangkat empat dari suhu absolutnya:

$$P = \sigma x T^4 \quad (2.1.1)$$

Di mana nilai konstanta Stefan-Boltzmann (σ adalah 5.67×10^{-8} watt/m²/K e4).

Lima tahun kemudian, pada tahun 1884, Boltzmann menurunkan perilaku T_e ini dari teori, dengan menerapkan hukum termodinamika klasik pada kotak yang diisi dengan radiasi elektromagnetik, menggunakan persamaan Maxwell untuk menghubungkan tekanan dengan kerapatan energi. Radiasi yang keluar dari lubang kecil tentunya memiliki ketergantungan suhu yang sama dengan intensitas radiasi di dalam kotak tersebut (Fowler, 2008). Pada bulan Desember 1900, Max Planck memperkenalkan sebuah rumus untuk menggambarkan pola spesifik cahaya yang dipancarkan dalam bentuk radiasi benda hitam. Pada akhir abad ke-19, para fisikawan, terutama di *Physikalisch Technische Reichsanstalt (PTR)* di Berlin, sedang mempelajari pola cahaya yang dipancarkan oleh sebuah objek yang dikenal sebagai "benda hitam." Benda hitam adalah objek yang hampir menyerap semua cahaya yang datang padanya, sehingga tampak hitam. Ketika benda hitam dipanaskan hingga suhu yang cukup tinggi, benda ini akan bersinar, memancarkan pola radiasi tertentu. Pada suhu di atas 500 derajat C, pancarannya mencakup cahaya dalam rentang spektrum yang dapat dilihat oleh mata telanjang, seperti yang sering kita lihat pada bara api di panggangan atau perapian. Berkat rekan-rekannya di PTR, Planck memiliki akses ke pengukuran spektrum radiasi benda hitam yang paling mutakhir dan presisi, yaitu jumlah energi yang dipancarkan per frekuensi (ν) per satuan volume. Planck kemudian merumuskan sebuah persamaan yang menggambarkan pola radiasi ini (Kaiser, 2020).

$$u(\nu, T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3 [e^{h\nu/kT} - 1]} \quad (2.1.2)$$

Energi radiasi benda hitam bervariasi sesuai dengan suhu dan panjang gelombang. Saat suhu meningkat, puncak intensitas radiasi benda hitam bergeser ke energi yang lebih tinggi (panjang gelombang yang lebih pendek). Inilah yang menjelaskan mengapa benda panas awalnya tampak bercahaya merah, dan kemudian menjadi biru atau putih pada suhu yang lebih tinggi. Panjang gelombang puncak cahaya yang dipancarkan oleh benda hitam mengikuti Hukum Pergeseran Wien:

$$\lambda_{max}T = 2.898.10^{-3}m.K \quad (2.1.3)$$

di mana λ_{max} adalah panjang gelombang puncak, dan T adalah suhu absolut benda yang memancarkan cahaya tersebut. Selain itu, total energi yang dipancarkan oleh suatu benda meningkat seiring dengan suhu, sesuai dengan Hukum Stefan-Boltzmann:

$$P/A = I = \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad (2.1.4)$$

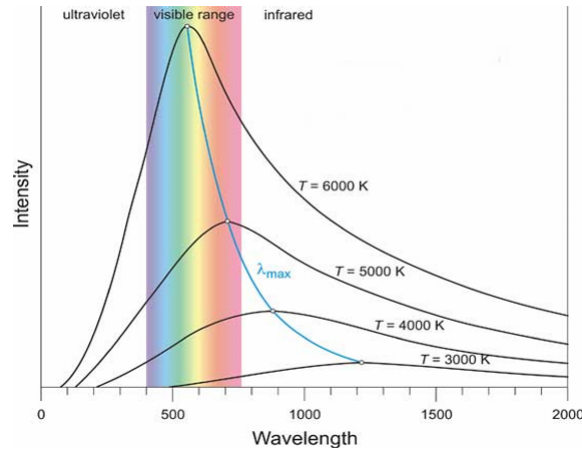
di mana P adalah daya, A adalah luas permukaan benda, I adalah intensitas radiasi di permukaan objek, ϵ adalah emisivitas permukaan, dan σ adalah konstanta Stefan-Boltzmann ($5,67 \cdot 10^8 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^4$). Pada sebagian besar objek, $\epsilon < 1$, disebut sebagai "benda abu-abu," sedangkan untuk benda hitam, $\epsilon = 1$. Radiasi benda hitam dipancarkan dalam bentuk spektrum, di mana intensitas merupakan fungsi dari frekuensi atau panjang gelombang. Intensitas yang dipancarkan dalam satuan sudut padat pada interval panjang gelombang.

$$\frac{dI}{d\lambda d\Omega} = I(\lambda, T) = \frac{2\pi ckT}{\lambda^4} \quad (2.1.5)$$

Dalam model klasik radiasi benda hitam, Hukum Rayleigh-Jeans mengasumsikan bahwa atom-atom dalam rongga berperan sebagai osilator yang memancarkan gelombang elektromagnetik dari semua panjang gelombang. Namun, Hukum Rayleigh-Jeans ini hanya merupakan pendekatan yang valid pada panjang gelombang besar, dan menyebabkan "bencana ultraviolet" karena menurut persamaan ini, intensitas akan mendekati tak terhingga saat λ mendekati nol.

2.2 Hukum Pergeseran Wien

Sebuah benda hitam memancarkan lebih banyak radiasi ketika suhunya lebih tinggi daripada saat suhunya rendah. Spektrum radiasi dari benda hitam yang panas memiliki puncak pada frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan spektrum dari benda hitam yang dingin. Karena agitasi termal elektron di permukaan suatu objek, ketika objek dipanaskan, ia akan memancarkan energi elektromagnetik. Saat benda padat dipanaskan, ia akan bercahaya dan memancarkan radiasi termal. Seiring peningkatan suhu, benda tersebut berubah warna dari merah, menjadi kuning, lalu putih. Radiasi termal terjadi ketika sebuah objek memancarkan radiasi elektromagnetik dengan spektrum radiasi yang bergantung pada suhunya. Jumlah radiasi yang dipancarkan setiap detik akan sama dengan jumlah radiasi yang diserap.



Gambar 2.2.1: Grafik Hukum Pergeseran Wien

Jumlah total energi (luas di bawah kurva) yang dipancarkan meningkat seiring peningkatan suhu. Berdasarkan Gambar 2.2, ketika suhu meningkat, puncak distribusi bergeser ke panjang gelombang yang lebih pendek. Tingkat radiasi benda hitam pada puncaknya dijelaskan oleh Hukum Pergeseran Wien, yang memanfaatkan suhu absolut benda tersebut. Implikasi dari hukum ini, yang dikonfirmasi dari Gambar 2.2, adalah bahwa distribusi radiasi pada suhu benda hitam apa pun dapat ditemukan jika kita mengetahui spektrumnya. Menurut Wien, jika sebuah benda hitam terus-menerus dipanaskan, ia akan memancarkan radiasi panas dengan spektrum warna yang bergantung pada panjang gelombangnya (Festiyed, 2008). Dari sini, dapat disimpulkan bahwa suhu memengaruhi panjang gelombang radiasi yang dipancarkan. Penurunan Hukum Pergeseran Wien dapat dimulai dari Hukum Planck, yang memberikan spektrum radiasi benda hitam. Hukum Planck menggambarkan distribusi energi radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh benda hitam pada suhu tertentu sebagai fungsi panjang gelombang (λ) dan suhu T :

$$\frac{\delta B}{\delta T} = \frac{2hc^2}{\lambda^6} \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right) \left(\frac{hc}{\lambda kT} \frac{e^{\frac{hc}{\lambda kT}}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} - 5 \right) \quad (2.2.1)$$

Kemudian, kita tetapkan turunan ini sama dengan nol untuk mencari nilai λ di mana intensitas mencapai puncaknya:

$$\frac{hc}{\lambda kT} \left(\frac{e^{\frac{hc}{\lambda kT}}}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \right) - 5 = 0 \quad (2.2.2)$$

$$x = \frac{hc}{\lambda kT} \quad (2.2.3)$$

$$\frac{xe^x}{e^x - 1} - 5 = 0 \quad (2.2.4)$$

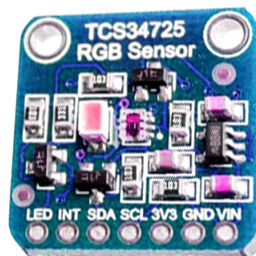
Persamaan ini kemudian dapat diselesaikan secara numerik, memberikan nilai $x = 4.965114$. Dengan nilai x ini, kita dapat menemukan hubungan antara panjang gelombang puncak (λ_{max}) dan suhu (T):

$$\lambda_{max} = \frac{hc}{xkT} \quad (2.2.5)$$

Dengan memasukkan nilai konstanta h (konstanta Planck), c (kecepatan cahaya), σ (konstanta Boltzmann), dan x , kita mendapatkan:

$$\lambda_{max} = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} m.K \quad (2.2.6)$$

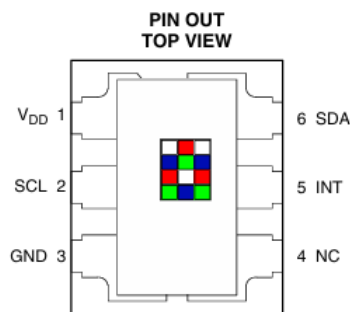
2.3 Sensor TCS 34725



Gambar 2.3.1: Sensor TCS 34725

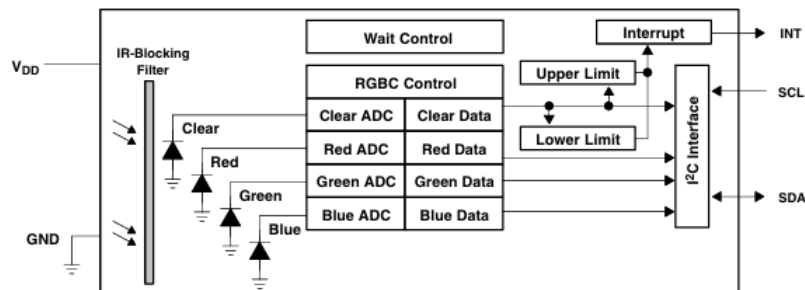
Perangkat TCS34725 menyediakan hasil digital dari pengukuran nilai cahaya merah (*red*), hijau (*green*), biru (*blue*), dan transparan (*clear*). Sensor ini memiliki filter pemblokir inframerah (IR) yang terintegrasi pada chip dan terfokus pada fotodiode sensor warna, yang berfungsi untuk meminimalkan komponen spektral IR dari cahaya yang masuk, sehingga pengukuran warna menjadi lebih akurat. Sensor

ini memiliki sensitivitas tinggi, rentang dinamis yang luas, dan filter pemblokir IR, menjadikannya solusi ideal untuk pengukuran warna di berbagai kondisi pencahayaan dan melalui material yang menghalangi (Ta'ali, et al., 2023). Sensor warna TCS34725 memiliki berbagai aplikasi, termasuk kontrol lampu latar LED RGB, pencahayaan *solid-state*, produk kesehatan dan kebugaran, kontrol proses industri, serta peralatan diagnostik medis. Selain itu, filter pemblokir IR memungkinkan sensor ini digunakan untuk deteksi cahaya sekitar (ALS) (Utami, et al., 2020).



Gambar 2.3.2: Pinout Sensor TCS 34725

Sensor TCS3472 memiliki beberapa terminal dengan fungsi spesifik. Terminal GND berfungsi sebagai *ground* catu daya, dan semua tegangan diacu terhadap GND. Terminal INT merupakan keluaran interupsi berjenis *open drain* yang aktif rendah. Terminal NC tidak terhubung dan tidak boleh digunakan. Terminal SCL adalah input sinyal *clock serial* untuk komunikasi I2C. Terminal SDA berfungsi sebagai terminal *input/output* untuk data serial I2C. Terakhir, terminal VDD adalah tempat suplai tegangan untuk sensor.



Gambar 2.3.3: Diagram Blok Sensor TCS 34725

TCS3472 memiliki konverter cahaya-ke-digital yang terdiri dari *array* fotodioda 3×4 , empat konverter analog-ke-digital (ADC) yang mengintegrasikan arus fotodioda, *register data*, mesin status, dan antarmuka I2C. *Array* fotodioda ini terdiri dari fotodioda yang dilengkapi filter merah, hijau, biru, dan fotodioda transparan (tanpa filter). ADC mengonversi arus fotodioda yang diperkuat menjadi nilai digital 16-bit, yang kemudian dipindahkan ke *register data* dengan *buffer* ganda untuk memastikan integritas data. Semua pengaturan waktu internal serta status "*low-power wait*" diatur oleh mesin status. Komunikasi data TCS3472 dilakukan melalui bus serial dua kawat I2C dengan kecepatan hingga 400 kHz, yang memudahkan koneksi langsung ke mikrokontroler dan prosesor tertanam. Selain bus I2C, TCS3472 juga menyediakan keluaran sinyal interupsi terpisah. Ketika interupsi diaktifkan dan ambang batas yang ditetapkan pengguna terlampaui, interupsi aktif-rendah akan diaktifkan hingga direset oleh pengontrol. Fitur ini meningkatkan efisiensi perangkat lunak sistem dengan menghilangkan kebutuhan *polling* sensor secara terus-menerus. Mesin RGBC di TCS3472 mencakup kontrol *gain* RGBC dan empat ADC yang mengintegrasikan fotodioda RGBC. Waktu integrasi RGBC (ATIME) mempengaruhi resolusi dan sensitivitas pembacaan RGBC. Semua saluran diintegrasikan secara bersamaan, dan setelah siklus konversi selesai, hasilnya dipindahkan ke *register data* warna. Data ini juga disebut sebagai jumlah saluran, dan transfernya dilakukan dengan *buffer* ganda untuk memastikan data yang valid tidak terbaca selama transfer. Secara teknis, algoritma perhitungan untuk mengukur temperatur warna dan panjang gelombang efektif pada sensor TCS34725 melibatkan penggunaan nilai intensitas cahaya yang dideteksi oleh kanal *Red* (R), *Green* (G), *Blue* (B), dan *Clear* (C) yang disediakan oleh sensor (Utami, et al., 2020).

Perhitungan Temperatur Warna

Temperatur warna atau Correlated Color Temperature (CCT) sering dihitung menggunakan rumus McCamy, yang didasarkan pada rasio antara kanal merah (R) dan kanal biru (B).

$$n = \frac{R - G}{B - G} \quad (2.3.1)$$

Setelah rasio n dihitung, kita bisa memperkirakan CCT menggunakan rumus empiris dari McCamy:

$$CCT = 449.n^3 + 3525.n^2 + 6823,3.n + 5520,333 \quad (2.3.2)$$

Hasil dari perhitungan ini akan memberikan nilai CCT dalam satuan Kelvin (K). Sensor TCS34725 juga dapat digunakan untuk menghitung dominasi warna (*hue*) dan saturasi berdasarkan kanal RGB. Ini berguna untuk menentukan warna dominan dari cahaya yang diukur. Nilai RGB yang dihasilkan sensor harus dinormalisasi terlebih dahulu:

$$R_{norm} = R/C, G_{norm} = G/C, B_{norm} = B/C \quad (2.3.3)$$

Setelah nilai RGB dinormalisasi, hue (warna dominan) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$H = \arctan\left(\frac{\sqrt{3}(G_{norm} - B_{norm})}{2R_{norm} - G_{norm} - B_{norm}}\right) \quad (2.3.4)$$

Pengukuran Panjang Gelombang

Pengukuran nilai panjang gelombang pada sensor TCS34725 tidak dilakukan secara langsung karena sensor ini bekerja berdasarkan intensitas cahaya yang masuk melalui tiga kanal warna dasar: merah (*Red*), hijau (*Green*), dan biru (*Blue*). Oleh karena itu, untuk mendapatkan nilai panjang gelombang efektif dari cahaya yang terdeteksi, dilakukan perhitungan secara tidak langsung melalui kombinasi intensitas warna yang diukur pada kanal tersebut. Sensor TCS34725 memiliki fotodiode yang disusun dengan filter warna pada tiga kanal, yaitu merah (R), hijau (G), dan biru (B) (TAOS, 2012). Cahaya yang masuk disaring untuk menangkap komponen warna pada masing-masing kanal dengan panjang gelombang tertentu:

1. Merah: Sekitar 615 nm.
2. Hijau: Sekitar 525 nm.
3. Biru: Sekitar 465 nm.

Masing-masing kanal ini mengukur intensitas cahaya dan mengubahnya menjadi nilai digital melalui *Analog-to-Digital Converters (ADC)*. Setiap kanal (R, G, B) memiliki sensitivitas terhadap rentang panjang gelombang tertentu, yaitu:

1. **Kanal Merah:** Sensitif terhadap panjang gelombang di sekitar 600-700 nm.
2. **Kanal Hijau:** Sensitif terhadap panjang gelombang di sekitar 500-600 nm.
3. **Kanal Biru:** Sensitif terhadap panjang gelombang di sekitar 400-500 nm.

Dengan menggunakan nilai intensitas dari setiap kanal, dapat dihitung rasio antara intensitas warna yang terukur, yang kemudian dapat digunakan untuk memperkirakan panjang gelombang dominan dari cahaya yang diterima. Untuk mengukur panjang gelombang dominan atau panjang gelombang efektif, sensor memanfaatkan intensitas relatif antara kanal R, G, dan B. Algoritma interpolasi digunakan untuk menentukan panjang gelombang dominan dari kombinasi cahaya berdasarkan distribusi spektral yang sudah dikenal. Rasio Intensitas dihitung dari nilai R, G, dan B yang terukur.

$$RasioMerah = \frac{R}{R + G + B} \quad (2.3.5)$$

$$RasioBiru = \frac{B}{R + G + B} \quad (2.3.6)$$

$$RasioHijau = \frac{G}{R + G + B} \quad (2.3.7)$$

Berdasarkan rasio tersebut, dilakukan mapping spektral ke panjang gelombang tertentu. Misalnya, jika rasio Merah lebih tinggi, maka panjang gelombang yang terukur akan mendekati 615 nm, yang merupakan panjang gelombang cahaya merah. Setelah rasio RGB dihitung, panjang gelombang dominan dari cahaya dapat ditentukan melalui interpolasi menggunakan data spektral referensi. Proses ini seringkali menggunakan model warna CIE 1931 atau distribusi spektral standar lainnya, yang memetakan intensitas RGB ke panjang gelombang tertentu (TAOS, 2012).

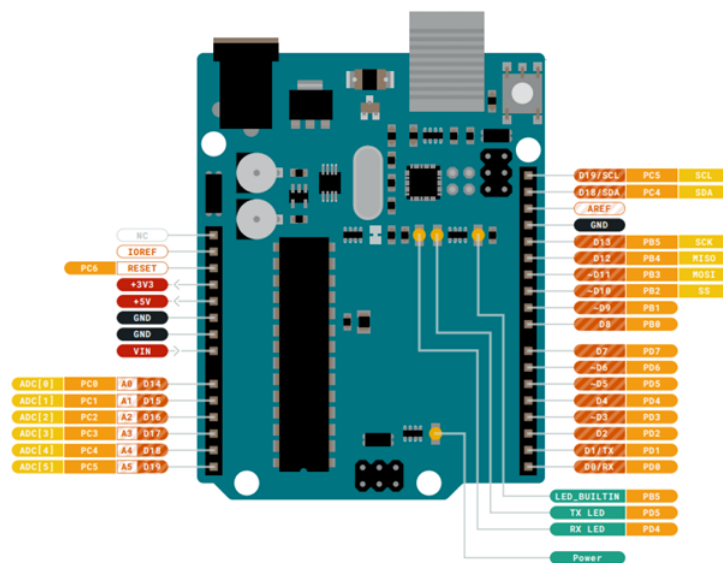
2.4 Arduino Uno



Gambar 2.4.1: Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan yang populer, ideal untuk pemula dalam dunia elektronik dan pemrograman. Papan ini dilengkapi dengan prosesor ATmega328P serta ATmega16U2 sebagai penghubung USB. Arduino Uno R3 dirancang untuk memberikan pengalaman pertama yang mudah dalam mengembangkan proyek berbasis Arduino. Fitur utama dari Arduino Uno R3 mencakup prosesor ATmega328P yang beroperasi pada frekuensi hingga 16 MHz, dengan memori flash sebesar 32 kB, SRAM 2 kB, dan EEPROM 1 kB. Papan ini juga dilengkapi dengan fitur keamanan seperti *Power On Reset (POR)* dan *Brown Out Detection (BOD)*. Terdapat tiga penghitung waktu (timer), satu di antaranya adalah 16-bit yang dilengkapi dengan input capture dan saluran pembanding. Selain itu, papan ini memiliki 14 pin input/output digital, di mana enam di antaranya mendukung PWM, serta enam input analog.

Untuk komunikasi, Arduino Uno R3 mendukung antarmuka serial USART, SPI, dan I2C. Ini memungkinkan integrasi dengan berbagai sensor dan perangkat lain melalui protokol komunikasi standar industri. Prosesor ATmega16U2 pada papan ini juga mendukung koneksi USB dan berfungsi sebagai penghubung antara komputer dan prosesor utama. Arduino Uno R3 dapat dioperasikan pada tegangan 2,7V hingga 5,5V dan dirancang untuk aplikasi industri, pendidikan, serta proyek-proyek hobi. Untuk pengoperasian yang mudah, Arduino menyediakan *Integrated Development Environment (IDE)* yang dapat digunakan baik secara *offline* maupun *online* melalui *Arduino Cloud Editor*.



Arduino Uno R3 memiliki berbagai pin yang berfungsi untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat eksternal lainnya. Papan ini dilengkapi dengan 14 pin input/output digital (D0-D13), di mana enam di antaranya (D3, D5, D6, D9, D10, D11) mendukung PWM (*Pulse Width Modulation*) yang berguna untuk mengendalikan motor atau LED dengan intensitas yang dapat diatur. Pin D0 dan D1 juga berfungsi sebagai pin komunikasi serial (RX/TX) yang memungkinkan papan untuk berkomunikasi dengan komputer atau perangkat lain. Papan ini memiliki 6 pin input analog (A0-A5), yang memungkinkan pembacaan sinyal dari sensor analog, seperti sensor suhu atau cahaya. Pin A4 dan A5 juga berfungsi sebagai jalur I2C (SDA dan SCL) untuk komunikasi dengan perangkat yang mendukung protokol I2C. Terdapat juga pin AREF yang digunakan untuk memberikan referensi tegangan eksternal untuk input analog jika dibutuhkan.

Arduino Uno R3 menyediakan pin 5V dan 3.3V sebagai sumber daya untuk komponen eksternal yang membutuhkan tegangan tersebut, serta beberapa pin GND (*ground*) untuk menutup rangkaian listrik. Selain itu, pin VIN digunakan untuk memasok daya eksternal melalui konektor *jack* DC atau pin *header*. Pin IOREF menyediakan referensi tegangan yang sesuai dengan logika digital papan, biasanya 5V, dan pin RESET memungkinkan perangkat eksternal untuk mereset papan Arduino secara manual. Arduino Uno R3 juga dilengkapi dengan pin ICSP (*In-Circuit Serial Programming*) yang terdiri dari 6 pin yang digunakan untuk pemrograman ulang mikrokontroler ATmega328P secara langsung melalui perangkat eksternal atau untuk komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*).

2.5 Python

Python adalah bahasa pemrograman yang populer dan serbaguna, diciptakan oleh Guido van Rossum dan dirilis pada tahun 1991. Python dikenal karena sintaksnya yang sederhana dan mudah dibaca, menyerupai bahasa Inggris, serta kemampuannya untuk memungkinkan pengembang menulis program dengan lebih sedikit baris kode dibandingkan bahasa pemrograman lainnya. Python digunakan dalam berbagai bidang, seperti pengembangan web, pembuatan perangkat lunak, pemrograman mikrokontroler (MicroPython), analisis data besar, hingga penyelesaian permasalahan matematika yang kompleks. Python juga mendukung berbagai paradigma pemrograman, termasuk pemrograman prosedural, berorientasi objek, dan fungsional. Dengan kemampuan multiplatform, Python dapat dijalankan di sistem operasi Windows, Mac, Linux, hingga Raspberry Pi. Python berjalan menggunakan sistem

interpreter, yang memungkinkan eksekusi kode segera setelah ditulis, menjadikannya sangat efektif untuk pembuatan prototipe cepat. Python juga dilengkapi dengan pustaka yang kaya, sehingga memudahkan pengembang dalam menyelesaikan berbagai jenis proyek (Ma'arif, 2020).

Sintaks Python yang fleksibel dan penggunaannya yang sederhana membuatnya sangat cocok untuk pemula, namun juga cukup kuat untuk digunakan dalam proyek-proyek besar, baik di industri maupun akademisi. Tersedia versi utama Python, yaitu Python 2 dan Python 3, dengan Python 3 sebagai versi terbaru yang banyak digunakan saat ini. Python juga mendukung lingkungan pengembangan yang terintegrasi (IDE) seperti Jupyter, Thonny, PyCharm, dan lainnya untuk memudahkan pengelolaan proyek berbasis Python (Ma'arif, 2020).

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2024 di Laboratorium Instrumentasi-Robotika Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati yang beralamat di Jalan A.H. Nasution No. 105, Cipadung Wetan, Kec. Cibiru, Kota Bandung.

3.1.1 Alat dan Bahan

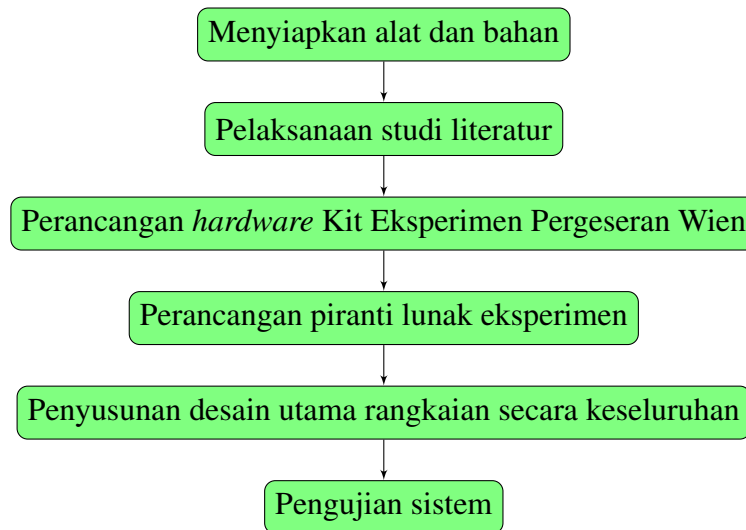
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1.1: Alat dan Bahan

No.	Alat dan Bahan	Jumlah
1.	Laptop	1 buah
2.	Software Arduino IDE	-
3.	Software Python 3.8.10	-
4.	Arduino Uno R3	1 buah
5.	Sensor RGB TCS 34725	1 buah
7.	Potongan <i>Compact Disk</i>	1 buah
8.	<i>Slider</i> untuk <i>Compact Disk</i>	1 buah
9.	Kabel Serial	1 buah

3.1.2 Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut.



Penelitian ini diinisiasi dengan melaksanakan riset terkait studi literatur dari diversifikasi sumber yang teruji validitasnya. Riset ini dilakukan untuk menganalisis secara mendalam terkait landasan teori dari topik yang diteliti, menganalisis prinsip dan langkah kerja dari eksperimen yang dilakukan, dan memahami prinsip kerja dari alat yang digunakan dalam menunjang efektivitas eksperimen. Setelah dilaksanakan riset studi literatur, tahapan selanjutnya adalah perancangan *hardware* dari kit eksperimen Pergeseran Wien, mencakup di dalamnya pemilihan komponen dan memahami prinsip kerja, *datasheet*, dan alur rangkaian dari kit yang disusun. Langkah selanjutnya setelah rangkaian berjalan dengan baik, tahapan yang dilakukan adalah menyusun piranti lunak, mencakup di dalamnya kode program terkait eksperimen Pergeseran Wien untuk program mikrokontroler melalui Arduino IDE, dan program antarmuka menggunakan piranti Python 3.8. Tahapan yang ditempuh setelah rangkaian *hardware* dan tampilan antarmuka berjalan dengan baik dan konsisten, maka tahapan yang dilaksanakan adalah penyusunan desain utama rangkaian secara keseluruhan. Tahapan ini mencakup di dalamnya membuat model *casing* dari kit eksperimen menggunakan bahan *impraboard*, penyusunan desain *casing* dari rangkaian menggunakan bahan akrilik disesuaikan dengan dimensi efektif dari kit eksperimen, pemotongan akrilik menggunakan metode *laser cutting*, dan menyusun keseluruhan rangkaian pada *casing* akrilik sehingga alat dapat tertutup dengan rapi dan bekerja lebih efisien. Setelah seluruh tahapan dilakukan, maka tahapan akhir yang ditempuh adalah pengujian sistem secara keseluruhan. Tahapan ini mencakup di dalamnya pengukuran data dan pengolahan data serta membandingkan hasil yang diperoleh dengan referensi yang ada untuk memvalidasi efektivitas kit eksperimen.

Studi Literatur

Studi literatur yang ditempuh adalah menggunakan referensi yang kredibel, mencakup di dalamnya yaitu referensi berdasarkan jurnal terakreditasi, buku, dan dokumen resmi terkait prinsip kerja dari komponen yang digunakan. Literatur ini mencakup di dalamnya terkait teori yang mendasari eksperimen, prosedur kerja eksperimen yang ditempuh, prinsip kerja dari setiap alat yang digunakan, prosedur kerja dari rangkaian yang disusun, penyusunan tampilan antarmuka dan tahapan pengukuran maupun pengolahan data yang dilakukan.

Perancangan *Hardware* Kit Eksperimen Pergeseran Wien

Pada tahap ini, tahapan prosedur difokuskan dalam penyusunan rangkaian secara elektronika. Penyusunan rangkaian dimulai dari *layouting* dari sensor RGB sebagai pengganti spektrometer yang disusun dengan sudut 45 derajat terhadap potongan *compact disk* yang diintegrasikan dengan *slider* sebagai medium pendispersi cahaya untuk memperoleh cahaya dari seluruh spektrum monokromatik dari cahaya polikromatik yang dikeluarkan oleh sensor secara *built-in*. Kemudian, penyusunan rangkaian turut dilaksanakan dengan menghubungkan beberapa pin utama yang menghubungkan sensor terhadap mikrokontroler, di antaranya pin Vin, GND, SDA, dan SCL. Pin Vin (pin *input* tegangan untuk sensor) dihubungkan dengan pin Vin Arduino Uno untuk menyuplai tegangan sesuai dengan tegangan kerja sensor di rentang 3.3 - 5 Volt. Pin GND (*ground*) dari sensor dihubungkan dengan pin GND Arduino Uno untuk referensi dari tegangan rangkaian. Pin SDA (*Serial Data*) dari sensor turut dihubungkan dengan pin SDA Arduino Uno untuk transmisi data yang diperoleh dari sensor terhadap mikrokontroler menggunakan antarmuka I2C (*Inter-Integrated Circuit*). Pada tahapan ini, rangkaian yang telah bekerja kemudian disimulasikan dalam model *casing* dari *impraboard*.

Perancangan Piranti Lunak

Tahapan perancangan piranti lunak mencakup di antaranya dua prosedur, yaitu penyusunan algoritma pemrograman untuk mikrokontroler menggunakan Arduino IDE dan penyusunan algoritma pemrograman untuk antarmuka menggunakan piranti lunak Python 3.8. Pada program di Arduino IDE ini, digunakan sensor TCS34725 untuk mengukur nilai RGB cahaya yang ditangkap dan menghitung temperatur warna serta intensitas cahaya (lux). Dalam setup diinisialisasi komunikasi serial pada baud rate 9600 dan sensor TCS34725 dengan waktu integrasi 50

ms dan penguatan 1X. Di dalam loop, sensor membaca data mentah dari cahaya (nilai R, G, B, dan clear). Nilai temperatur warna dan lux dihitung menggunakan fungsi bawaan Adafruit TCS34725. Jika temperatur warna valid, panjang gelombang dihitung menggunakan hukum Pergeseran Wien (*Wien's Displacement Law*), yaitu membagi konstanta Wien $2,8977719 \times 10^6$ oleh temperatur warna (dalam Kelvin). Data RGB, lux, dan panjang gelombang dikirimkan melalui komunikasi serial untuk pengamatan. Program Python 3.8 ini berfungsi untuk memonitor intensitas cahaya secara real-time dan memvisualisasikan hubungan antara panjang gelombang, intensitas cahaya, serta temperatur warna sesuai hukum Pergeseran Wien. Komunikasi dilakukan dengan Arduino melalui *port serial* untuk membaca data cahaya (RGB, lux, dan panjang gelombang). Dengan menggunakan konstanta Wien, program menghitung temperatur warna berdasarkan panjang gelombang yang diterima. Data tersebut kemudian ditampilkan dalam antarmuka grafis (GUI) berbasis Tkinter, di mana panjang gelombang, intensitas cahaya, dan temperatur warna diperbarui secara berkala. Selain itu, plot interaktif dari kurva intensitas cahaya terhadap panjang gelombang juga dihasilkan menggunakan Matplotlib. Program ini juga memiliki fungsi untuk menyimpan data yang diperoleh ke dalam file Excel.

Pengujian

Pada tahapan akhir, pengujian sistem dilaksanakan pada alat yang telah disusun sebanyak 50 kali iterasi pengujian, kemudian menghitung dan membandingkan data yang diperoleh terhadap hasil yang diperoleh dari literatur yang ada untuk memvalidasi keakuratan dan ketelitian data yang diperoleh. Pengujian alat ini dilakukan dengan memberikan berkas cahaya polikromatik yang terdapat pada lampu sensor RGB yang kemudian didispersikan pada sudut 45 terhadap medium pendispersi untuk memperoleh beragam spektrum cahaya tampak. Kemudian, sensor akan mencatat nilai panjang gelombang dominan (maksimum) dari spektrum dan mengkalulasi suhu warna menggunakan persamaan McCamy secara otomatis. Data yang diperoleh kemudian akan ditampilkan pada *interface* berupa panjang gelombang dominan dan temperatur terukur, serta melakukan *plotting* intensitas terhadap panjang gelombang terukur. Untuk memvariasikan nilai intensitas cahaya terukur pada sensor, maka divariasikan jarak antara medium pendispersi terhadap sensor dimana seiring meningkatnya jarak sensor terhadap medium, maka intensitasnya akan menurun dan perubahan suhu serta panjang gelombang dapat teramati.

BAB 4

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Panjang Gelombang, Intensitas Cahaya, dan Suhu

Pengujian kit dilaksanakan untuk mengukur nilai panjang gelombang, intensitas cahaya, dan temperatur terukur kemudian menggunakan persamaan 2.2.6 akan diukur nilai konstanta Wien (b). Pengujian dilakukan sebanyak 415 iterasi dengan variasi dilakukan dengan menggeser *slider* untuk kemudian mengukur perubahan nilai intensitas cahaya dan panjang gelombang dominan serta temperatur terukur. Perubahan panjang gelombang dan temperatur ini diamati perubahannya seiring bertambahnya jarak antara medium pendispersi terhadap sensor. Perubahan jarak ini turut berimplikasi terhadap sudut sensor terhadap medium dan berimplikasi terhadap intensitas cahaya yang berkurang, serta perubahan panjang gelombang yang terdeteksi dan suhu dari warna terukur. Setelah diperoleh nilai konstanta b , maka diukur nilai rata-rata dari konstanta b yang diperoleh kemudian dibandingkan terhadap konstanta b berdasarkan referensi untuk mencari seberapa besar nilai ketelitian dan ketepatan dari pengukuran terhadap referensi. Adapun data panjang gelombang, intensitas cahaya, dan temperatur berdasarkan pengukuran dan nilai konstanta b berdasarkan perhitungan dalam 415 iterasi disajikan pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.1.1: Pengukuran Panjang Gelombang, Intensitas Cahaya, dan Suhu

[illegible]

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
684,41	14	4233,97
692,75	12	4183
758,98	9	3817,98
766,81	7	3779
873,09	7	3318,98
766,81	7	3779
791,74	8	3660
707,64	9	4094,98
712,86	12	4064,99
655,01	15	4424,01
665,08	17	4357,03
665,08	17	4357,03
657,69	12	4405,98
759,97	10	3813,01
766,61	8	3779,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
766,81	7	3779
728,45	7	3978
707,64	9	4094,98
661,89	10	4378,03
700,96	14	4134
665,08	17	4357,03
697,42	18	4154,99
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
684,89	19	4231
684,89	19	4231
684,89	19	4231
684,89	19	4231
684,89	19	4231
684,89	19	4231
665,08	17	4357,03
669,08	15	4330,98
669,08	15	4330,98
721,38	15	4016,98
640,96	20	4520,99
651,48	20	4447,98
659,48	22	4394,03
659,48	22	4394,03
659,48	22	4394,03
659,48	22	4394,03
659,48	22	4394,03
622,37	21	4656,03
633,81	26	4571,99
640,96	28	4520,99
633,81	26	4571,99
621,71	30	4660,97
608,78	30	4759,97
622,77	32	4653,04
631,05	39	4591,98
651,33	40	4449,01
646,68	38	4481
646,68	38	4481
646,68	38	4481
646,68	38	4481
646,68	38	4481
646,68	38	4481
646,68	38	4481
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
636,03	39	4556,03
626,27	40	4627,03
646,25	40	4483,98
629,81	34	4601,03
645,82	46	4486,97
616,28	55	4702,04
623,44	55	4648,04
620,11	55	4673
628,04	59	4613,99
632,29	64	4582,98
629,27	65	4604,97
632,29	64	4582,98
635,89	70	4557,03
644,81	69	4493,99
644,81	69	4493,99
638,84	69	4535,99
638,84	69	4535,99
638,84	69	4535,99
638,84	69	4535,99
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
638,84	69	4535,99
635,89	67	4557,03
635,89	67	4557,03
635,89	67	4557,03
635,89	67	4557,03
635,89	67	4557,03
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
647,84	68	4472,97
635,89	67	4557,03
657,24	80	4409
660,54	78	4386,97
665,24	79	4355,98
655,01	79	4424,01
652,36	79	4441,98
662,65	80	4373,01
659,93	80	4391,03
665,24	80	4355,98
659,93	80	4391,03
662,65	80	4373,01
657,24	80	4409
657,24	80	4409
657,24	80	4409
657,24	80	4409
657,24	80	4409
657,24	80	4409
657,24	80	4409
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
655,01	79	4424,01
655,01	79	4424,01
655,01	79	4424,01
655,01	79	4424,01
659,33	84	4395,03
654,27	84	4429,02
659,33	83	4395,03
652,21	83	4443
656,35	87	4414,98
649,43	86	4462,02
654,27	85	4429,02
651,77	85	4446
651,77	85	4446
661,29	86	4382
661,29	86	4382
661,29	86	4382
661,29	86	4382
663,87	86	4364,97
656,79	84	4412,02
656,79	84	4412,02
656,79	84	4412,02
651,77	85	4446
659,33	84	4395,03
659,33	84	4395,03
659,33	84	4395,03
659,33	83	4395,03
659,33	83	4395,03
659,33	83	4395,03
659,33	83	4395,03
659,33	83	4395,03
657,24	82	4409
657,24	82	4409
657,24	82	4409
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
657,24	82	4409
657,24	82	4409
657,24	82	4409
657,24	82	4409
657,24	82	4409
661,89	83	4378,03
614,46	44	4715,97
635,48	36	4559,97
626,27	40	4627,03
622,77	32	4653,04
672,03	26	4311,97
677,52	17	4277,03
641,38	18	4518,03
684,41	14	4233,97
683,44	10	4239,98
829,59	8	3493,02
766,81	7	3779
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
873,09	7	3318,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
972,08	5	2981
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
812,16	6	3567,98
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
867,08	6	3341,99
972,08	5	2981
766,81	7	3779
766,81	7	3779
829,59	8	3493,02
791,74	8	3660
707,64	9	4094,98
683,44	10	4239,98
683,44	10	4239,98
683,44	10	4239,98
712,86	12	4064,99
712,86	12	4064,99
657,69	12	4405,98
Continued on next page		

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
640,96	20	4520,99
640,96	20	4520,99
661,89	20	4378,03
623,71	23	4646,02
624,65	24	4639,03
617,07	24	4696,02
617,07	24	4696,02
627,36	29	4618,99
627,36	29	4618,99
647,84	30	4472,97
647,84	30	4472,97
647,84	30	4472,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
641,53	28	4516,97
617,07	33	4696,02
629,81	34	4601,03
615,24	38	4709,99
636,45	42	4553,02
645,96	43	4485,99

Continued on next page

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.1.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur (K)
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
635,34	64	4560,98
632,15	62	4583,99
632,15	62	4583,99
664,47	82	4361,03
667,23	82	4342,99
661,89	83	4378,03
654,27	84	4429,02
652,21	83	4443
652,21	83	4443
652,21	83	4443

Analisis data dari tabel panjang gelombang, intensitas cahaya, dan temperatur menunjukkan pola serta tren dalam perilaku fisik dari spektrum cahaya terhadap perubahan suhu dan intensitas. Data ini mengindikasikan hubungan antara panjang gelombang dan intensitas yang secara langsung memengaruhi temperatur sumber cahaya. Misalnya, pada panjang gelombang yang lebih pendek, intensitas cenderung lebih tinggi dan temperatur meningkat, sejalan dengan prinsip radiasi benda hitam. Fenomena ini sesuai dengan teori Planck yang menyatakan bahwa benda yang memancarkan radiasi elektromagnetik pada temperatur tinggi akan memiliki spektrum pancaran dengan panjang gelombang yang lebih pendek. Pola pertama

yang dapat diamati adalah konsistensi dalam beberapa rentang data pada panjang gelombang sekitar 640-660 nm. Pada rentang ini, intensitas rata-rata berkisar antara 20 hingga 30 lux, dan temperatur cenderung berada pada kisaran 4400–4600 K. Konsistensi ini menunjukkan kesesuaian antara spektrum yang dihasilkan dengan intensitas cahaya yang relatif stabil di bawah perubahan suhu yang kecil. Hal ini bisa diakibatkan oleh kondisi lingkungan yang mendekati kesetimbangan atau perubahan suhu yang bertahap dalam sistem radiasi tersebut. Selain itu, terdapat variasi yang cukup signifikan pada panjang gelombang yang lebih besar, seperti pada 800 nm atau lebih. Pada panjang gelombang ini, intensitasnya cenderung lebih rendah (sekitar 5–10 lux), dengan temperatur sekitar 3000–3600 K. Kondisi ini dapat menunjukkan bahwa pada panjang gelombang lebih panjang, energi foton yang dilepaskan lebih kecil sehingga intensitas cahaya juga berkurang. Dengan demikian, suhu yang dibutuhkan untuk menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang yang lebih panjang juga menurun, yang berkontribusi terhadap variasi temperatur. Pada analisis selanjutnya, ada pula rentang data yang menunjukkan keseragaman pada intensitas yang tinggi, terutama pada 80 lux dengan panjang gelombang sekitar 650–660 nm. Pada intensitas ini, temperatur berada pada kisaran 4350–4400 K. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada intensitas maksimum, sumber cahaya berada pada kondisi stabil dengan panjang gelombang yang relatif seragam, menunjukkan emisi yang mungkin berasal dari sumber tunggal atau kondisi fisik yang stabil pada temperatur tinggi. Secara keseluruhan, data ini memberikan gambaran tentang hubungan antara panjang gelombang, intensitas cahaya, dan temperatur. Hubungan ini menunjukkan keterkaitan erat antara energi foton yang dihasilkan oleh panjang gelombang tertentu dan temperatur sumber cahaya. Fenomena ini sesuai dengan prinsip-prinsip dasar dalam fisika cahaya dan termodinamika, terutama dalam konteks radiasi benda hitam dan hukum Wien yang menghubungkan panjang gelombang dengan temperatur objek yang memancarkan radiasi.

4.2 Perhitungan Nilai Konstanta b

Tabel 4.2.1: Perhitungan Konstanta Pergeseran Wien (b)

[illegible]

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
684,41	4233,97	0,002897771
684,41	4233,97	0,002897771
684,41	4233,97	0,002897771
684,41	4233,97	0,002897771
684,41	4233,97	0,002897771
684,41	4233,97	0,002897771
692,75	4183	0,002897773
758,98	3817,98	0,00289777
766,81	3779	0,002897775
873,09	3318,98	0,002897768
766,81	3779	0,002897775
791,74	3660	0,002897768
707,64	4094,98	0,002897772
712,86	4064,99	0,002897769
655,01	4424,01	0,002897771
665,08	4357,03	0,002897774
665,08	4357,03	0,002897774
657,69	4405,98	0,002897769
759,97	3813,01	0,002897773
766,61	3779,98	0,00289777
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
766,81	3779	0,002897775
728,45	3978	0,002897774
707,64	4094,98	0,002897772
661,89	4378,03	0,002897774
700,96	4134	0,002897769
665,08	4357,03	0,002897774
697,42	4154,99	0,002897773
684,89	4231	0,00289777
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
684,89	4231	0,00289777
684,89	4231	0,00289777
684,89	4231	0,00289777
684,89	4231	0,00289777
684,89	4231	0,00289777
665,08	4357,03	0,002897774
669,08	4330,98	0,002897772
669,08	4330,98	0,002897772
721,38	4016,98	0,002897769
640,96	4520,99	0,002897774
651,48	4447,98	0,00289777
659,48	4394,03	0,002897775
659,48	4394,03	0,002897775
659,48	4394,03	0,002897775
659,48	4394,03	0,002897775
659,48	4394,03	0,002897775
622,37	4656,03	0,002897773
633,81	4571,99	0,002897773
640,96	4520,99	0,002897774
633,81	4571,99	0,002897773
621,71	4660,97	0,002897772
608,78	4759,97	0,002897775
622,77	4653,04	0,002897774
631,05	4591,98	0,002897769
651,33	4449,01	0,002897774
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
646,68	4481	0,002897773
636,03	4556,03	0,002897772
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
636,03	4556,03	0,002897772
626,27	4627,03	0,00289777
646,25	4483,98	0,002897772
629,81	4601,03	0,002897775
645,82	4486,97	0,002897775
616,28	4702,04	0,002897773
623,44	4648,04	0,002897774
620,11	4673	0,002897774
628,04	4613,99	0,00289777
632,29	4582,98	0,002897772
629,27	4604,97	0,002897769
632,29	4582,98	0,002897772
635,89	4557,03	0,00289777
644,81	4493,99	0,00289777
644,81	4493,99	0,00289777
638,84	4535,99	0,002897772
638,84	4535,99	0,002897772
638,84	4535,99	0,002897772
638,84	4535,99	0,002897772
638,84	4535,99	0,002897772
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
635,89	4557,03	0,00289777
635,89	4557,03	0,00289777
635,89	4557,03	0,00289777
635,89	4557,03	0,00289777
635,89	4557,03	0,00289777
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
635,89	4557,03	0,00289777
657,24	4409	0,002897771
660,54	4386,97	0,002897769
665,24	4355,98	0,002897772
655,01	4424,01	0,002897771
652,36	4441,98	0,00289777
662,65	4373,01	0,002897775
659,93	4391,03	0,002897772
665,24	4355,98	0,002897772
659,93	4391,03	0,002897772
662,65	4373,01	0,002897775
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
655,01	4424,01	0,002897771
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
655,01	4424,01	0,002897771
655,01	4424,01	0,002897771
655,01	4424,01	0,002897771
659,33	4395,03	0,002897775
654,27	4429,02	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
652,21	4443	0,002897769
656,35	4414,98	0,002897772
649,43	4462,02	0,00289777
654,27	4429,02	0,002897775
651,77	4446	0,002897769
651,77	4446	0,002897769
661,29	4382	0,002897773
661,29	4382	0,002897773
661,29	4382	0,002897773
661,29	4382	0,002897773
663,87	4364,97	0,002897773
656,79	4412,02	0,002897771
656,79	4412,02	0,002897771
656,79	4412,02	0,002897771
651,77	4446	0,002897769
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
659,33	4395,03	0,002897775
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
657,24	4409	0,002897771
661,89	4378,03	0,002897774
614,46	4715,97	0,002897775
635,48	4559,97	0,00289777
626,27	4627,03	0,00289777
622,77	4653,04	0,002897774
672,03	4311,97	0,002897773
677,52	4277,03	0,002897773
641,38	4518,03	0,002897774
684,41	4233,97	0,002897771
683,44	4239,98	0,002897772
829,59	3493,02	0,002897774
766,81	3779	0,002897775
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
873,09	3318,98	0,002897768
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
972,08	2981	0,00289777
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
812,16	3567,98	0,002897771
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
867,08	3341,99	0,002897773
972,08	2981	0,00289777
766,81	3779	0,002897775
766,81	3779	0,002897775
829,59	3493,02	0,002897774
791,74	3660	0,002897768
707,64	4094,98	0,002897772
683,44	4239,98	0,002897772
683,44	4239,98	0,002897772
683,44	4239,98	0,002897772
712,86	4064,99	0,002897769
712,86	4064,99	0,002897769
657,69	4405,98	0,002897769
657,69	4405,98	0,002897769
Continued on next page		

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
640,96	4520,99	0,002897774
661,89	4378,03	0,002897774
623,71	4646,02	0,002897769
624,65	4639,03	0,002897777
617,07	4696,02	0,002897773
617,07	4696,02	0,002897773
627,36	4618,99	0,002897777
627,36	4618,99	0,002897777
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
647,84	4472,97	0,002897769
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
641,53	4516,97	0,002897772
617,07	4696,02	0,002897773
629,81	4601,03	0,002897775
615,24	4709,99	0,002897774
636,45	4553,02	0,002897777
645,96	4485,99	0,002897777
627,36	4618,99	0,002897777

Continued on next page

[illegible]

Tabel 4.2.1 – continued from previous page

$\lambda(nm)$	Temperatur (K)	Konstanta b
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
635,34	4560,98	0,002897773
632,15	4583,99	0,002897769
632,15	4583,99	0,002897769
664,47	4361,03	0,002897774
667,23	4342,99	0,002897773
661,89	4378,03	0,002897774
654,27	4429,02	0,002897775
652,21	4443	0,002897769
652,21	4443	0,002897769
652,21	4443	0,002897769
	Standar Deviasi b	1,8796E-09

Berdasarkan tabel 4.2.1, diperoleh data yang menunjukkan variasi panjang gelombang dari 608,78 nm hingga 972,08 nm dengan nilai suhu yang berkisar antara 2981 K hingga 4759,97 K. Nilai panjang gelombang dan suhu tampaknya memiliki hubungan terbalik, di mana panjang gelombang yang lebih tinggi umumnya terkait dengan suhu yang lebih rendah. Hal ini sesuai dengan Hukum Pergeseran Wien, yang menyatakan bahwa panjang gelombang puncak radiasi benda hitam berbanding terbalik dengan suhu benda. Berdasarkan data yang dihitung menggunakan persamaan Hukum Pergeseran Wien, nilai konstanta Wien berkisar antara 0,002897768 hingga 0,002897775. Kisaran ini sangat mendekati nilai teoritis dari

konstanta Wien, yaitu sekitar $0,002898 \text{ m}\cdot\text{K}$, yang menunjukkan kesesuaian antara hasil eksperimen dengan nilai teori. Ini menunjukkan bahwa hubungan antara panjang gelombang dan suhu mengikuti pola yang diharapkan dalam fenomena radiasi benda hitam. Untuk memahami lebih dalam hubungan antara panjang gelombang dan suhu, diperlukan analisis korelasi antara kedua variabel ini. Hasil analisis ini dapat menunjukkan seberapa kuat panjang gelombang memengaruhi perubahan suhu, yang kemungkinan besar akan menghasilkan korelasi negatif. Hal ini sesuai dengan teori bahwa suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan puncak spektrum radiasi bergeser ke panjang gelombang yang lebih pendek, sebagaimana dinyatakan dalam hukum pergeseran Wien. Deviasi kecil yang terlihat dalam nilai konstanta Wien pada data ini sebesar $1,8796\text{E-}09$ disebabkan oleh variasi eksperimental dan ketidakpastian dalam pengukuran. Meski demikian, variasi ini tetap berada dalam batas yang sangat kecil dan mungkin dapat dianggap sebagai *noise* eksperimental yang tidak signifikan. Konsistensi nilai ini menunjukkan bahwa metode eksperimen yang digunakan cukup akurat dalam mendeteksi hubungan antara suhu dan panjang gelombang pada berbagai kondisi suhu.

4.3 Pengujian Akurasi Nilai Konstanta b

Tabel 4.3.1: Pengujian Akurasi Konstanta b

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897771	0,002898	0,999921121
Continued on next page		

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,002897774	0,002898	0,999921847
0,002897774	0,002898	0,999921847
0,002897769	0,002898	0,999920285
0,002897773	0,002898	0,999921742
0,00289777	0,002898	0,999920796
0,002897771	0,002898	0,999920855
0,002897771	0,002898	0,999920855
0,002897771	0,002898	0,999920855
0,002897771	0,002898	0,999920855
0,002897771	0,002898	0,999920855
0,002897775	0,002898	0,999922357
0,002897774	0,002898	0,99992205
0,002897772	0,002898	0,999921203
0,002897774	0,002898	0,999922111
0,002897769	0,002898	0,999920166
0,002897774	0,002898	0,999921847
0,002897773	0,002898	0,999921714
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,00289777	0,002898	0,999920493
0,002897774	0,002898	0,999921847
0,002897772	0,002898	0,999921359
0,002897772	0,002898	0,999921359
0,002897769	0,002898	0,999920301
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,00289777	0,002898	0,999920639
0,002897775	0,002898	0,999922327
0,002897775	0,002898	0,999922327
0,002897775	0,002898	0,999922327
Continued on next page		

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Continued on next page

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,00289777	0,002898	0,999920568
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897769	0,002898	0,999920346
0,002897772	0,002898	0,999921372
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,00289777	0,002898	0,99992066
0,002897775	0,002898	0,999922387
0,002897772	0,002898	0,999921473
0,002897772	0,002898	0,999921372
0,002897772	0,002898	0,999921473
0,002897775	0,002898	0,999922387
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,002897771	0,002898	0,999920908
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922331
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897769	0,002898	0,9999203
0,002897772	0,002898	0,999921367
0,00289777	0,002898	0,999920514
0,002897775	0,002898	0,999922331
0,002897769	0,002898	0,999920435
0,002897769	0,002898	0,999920435
0,002897773	0,002898	0,999921594
0,002897773	0,002898	0,999921594

Continued on next page

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,002897773	0,002898	0,999921594
0,002897773	0,002898	0,999921594
0,002897773	0,002898	0,999921544
0,002897771	0,002898	0,999920847
0,002897771	0,002898	0,999920847
0,002897771	0,002898	0,999920847
0,002897769	0,002898	0,999920435
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897775	0,002898	0,999922405
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897771	0,002898	0,999921035
0,002897774	0,002898	0,999922111
0,002897775	0,002898	0,999922335
0,00289777	0,002898	0,999920544
0,00289777	0,002898	0,999920662
0,002897774	0,002898	0,999921919
0,002897773	0,002898	0,999921739
0,002897773	0,002898	0,999921796
0,002897774	0,002898	0,999922043
0,002897771	0,002898	0,999921121
0,002897772	0,002898	0,999921301
Continued on next page		

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Continued on next page

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897769	0,002898	0,999920285
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999921929
0,002897774	0,002898	0,999922111
0,002897769	0,002898	0,999920336
0,00289777	0,002898	0,999920666
0,002897773	0,002898	0,999921691
0,002897773	0,002898	0,999921691
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,002897769	0,002898	0,99992025
0,002897769	0,002898	0,99992025
0,002897769	0,002898	0,99992025
0,002897772	0,002898	0,999921244
0,002897772	0,002898	0,999921244
0,002897772	0,002898	0,999921244
Continued on next page		

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

[illegible]

Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,00289777	0,002898	0,99992067
0,00289777	0,002898	0,99992067
0,00289777	0,002898	0,999920485
0,002897773	0,002898	0,999921527
0,002897773	0,002898	0,999921527
0,002897774	0,002898	0,999921934
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897773	0,002898	0,999921682
0,002897769	0,002898	0,999920386
0,002897769	0,002898	0,999920386
Continued on next page		

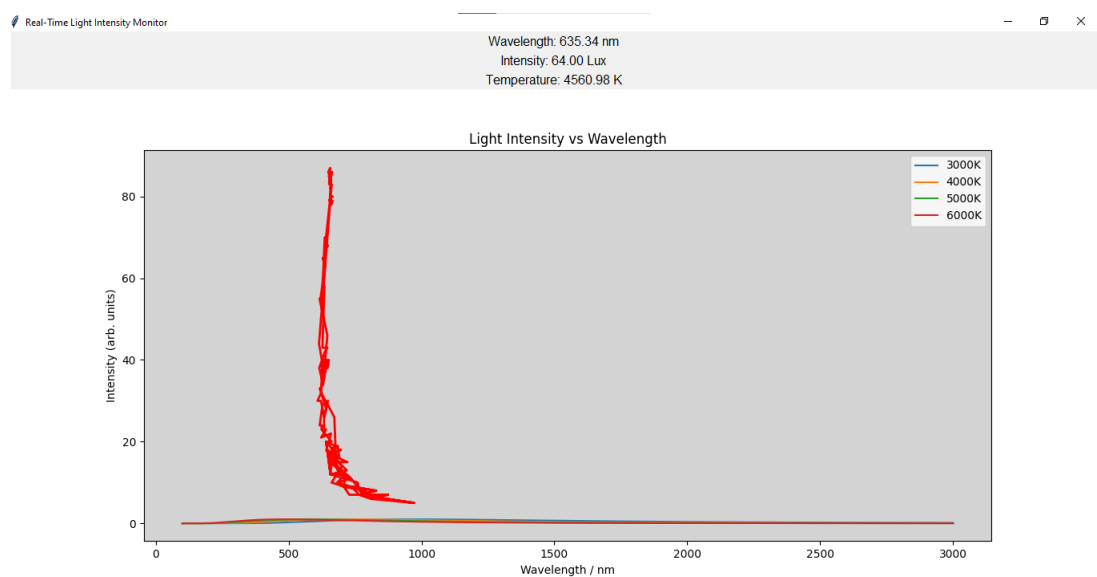
Tabel 4.3.1 – continued from previous page

Konstanta b Hitung	Konstanta b Literatur)	Keakurasian
0,002897774	0,002898	0,999921879
0,002897773	0,002898	0,999921745
0,002897774	0,002898	0,999922111
0,002897775	0,002898	0,999922331
0,002897769	0,002898	0,9999203
0,002897769	0,002898	0,99992
0,002897769	0,002898	0,9999203
	Akurasi Total	99,9921123%

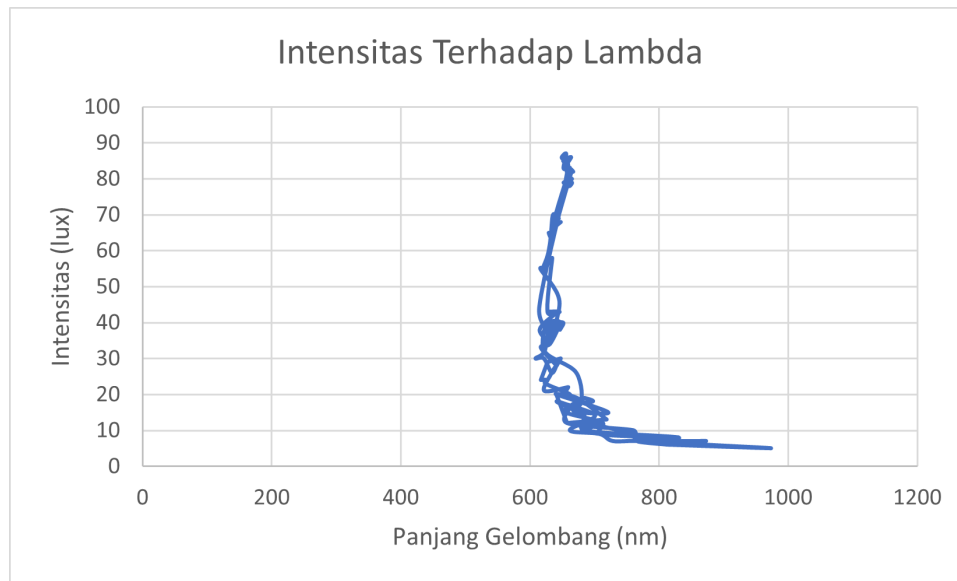
Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi akurasi nilai konstanta b yang diperoleh melalui perhitungan terhadap nilai konstanta b dari literatur, yaitu sebesar 0,002898. Konstanta b ini merupakan konstanta dalam hukum Wien, yang menghubungkan panjang gelombang puncak emisi radiasi suatu benda hitam dengan suhunya. Dengan menggunakan berbagai pengukuran, nilai konstanta yang dihitung ditemukan berkisar antara 0,002897769 hingga 0,002897775, menunjukkan adanya variasi kecil tetapi konsisten dengan nilai literatur. Perbedaan antara nilai konstanta hasil perhitungan dengan literatur hanya berada pada urutan desimal keempat atau kelima. Rata-rata keakurasian dari nilai yang diperoleh adalah sekitar 99,99%, dengan nilai tertinggi mencapai 0,999922405 dan nilai terendah sekitar 0,99992003. Akurasi ini menunjukkan bahwa perhitungan yang dilakukan menghasilkan nilai yang sangat dekat dengan nilai dari literatur, sehingga metode dan peralatan yang digunakan dalam eksperimen ini dianggap cukup valid. Fluktuasi dalam nilai konstanta b yang dihitung bisa diakibatkan oleh beberapa faktor eksperimental seperti presisi alat ukur, kondisi lingkungan selama pengukuran, dan variabilitas metode analisis yang digunakan. Variasi kecil dalam nilai konstanta menunjukkan kemungkinan adanya ketidakpastian kecil dalam pengukuran atau pengaruh dari parameter lain yang tidak sepenuhnya terkontrol. Namun, fluktuasi ini tidak signifikan secara ilmiah, karena berada dalam batas kesalahan yang dapat diterima. Jika dilihat dari data hasil perhitungan yang konsisten, tampak bahwa eksperimen yang dilakukan memiliki validitas yang tinggi. Hal ini juga diperkuat dengan nilai keakurasian yang sangat mendekati satu. Dengan kata lain, eksperimen ini telah berhasil mereplikasi nilai konstanta b yang ada dalam literatur dengan ketepatan yang hampir sempurna.

Ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan dalam eksperimen ini sesuai untuk pengukuran konstanta Wien. Sebagai tambahan, hasil eksperimen ini juga menunjukkan bahwa peralatan yang digunakan mampu menghasilkan data yang presisi dan akurat. Untuk meningkatkan hasil yang lebih baik di masa mendatang, mungkin diperlukan peralatan dengan tingkat presisi yang lebih tinggi atau metode kalibrasi yang lebih ketat. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan keberhasilan dalam mengukur konstanta b dengan tingkat keakuratan yang sangat tinggi, yang konsisten dengan nilai dari literatur.

4.4 Perbandingan Hasil Grafik Pengujian dan Literatur



Gambar 4.4.1: Grafik Intensitas Terhadap Panjang Gelombang Wien - *Interface Python*



Gambar 4.4.2: Grafik Intensitas Terhadap Panjang Gelombang Wien - Excel

Kedua grafik di atas menggambarkan hubungan antara panjang gelombang cahaya (dalam satuan nanometer) dengan intensitas cahaya (dalam satuan arbitrer) yang terdeteksi oleh sensor TCS34725. Grafik ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya mencapai puncak pada panjang gelombang yang relatif pendek, sekitar 500 nm, dan kemudian menurun drastis pada panjang gelombang yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan adanya distribusi intensitas cahaya yang tidak merata di seluruh spektrum, di mana intensitas lebih tinggi pada panjang gelombang yang lebih pendek dan cenderung berkurang pada panjang gelombang yang lebih panjang, seperti di daerah inframerah (di atas 700 nm). Distribusi intensitas ini mencerminkan fenomena umum dalam spektrum cahaya, di mana panjang gelombang tertentu memiliki intensitas puncak yang dominan, yang seringkali ditentukan oleh jenis sumber cahaya dan karakternya. Dalam eksperimen ini, intensitas puncak berada pada kisaran panjang gelombang yang mendekati spektrum cahaya tampak biru hingga hijau, sekitar 400-500 nm. Setelah mencapai puncaknya, intensitas dengan cepat berkurang seiring dengan bertambahnya panjang gelombang, dan hampir tidak ada intensitas terukur pada panjang gelombang di atas 1000 nm. Fenomena ini juga sesuai dengan karakteristik dari spektrum emisi, di mana setiap sumber cahaya memiliki puncak intensitas pada panjang gelombang tertentu tergantung pada energinya. Dalam konteks ini, pengamatan intensitas yang lebih tinggi pada panjang gelombang pendek dapat menunjukkan bahwa sumber cahaya yang diuji cenderung memancarkan lebih banyak energi pada spektrum biru-kehijauan. Semakin jauh panjang gelombang

dari nilai puncak ini, semakin rendah intensitasnya, yang menyebabkan intensitas pada panjang gelombang yang lebih panjang hampir tidak terlihat pada grafik. Pada rentang panjang gelombang yang lebih panjang, mulai dari 1000 nm hingga 3000 nm, intensitas cahaya cenderung sangat rendah atau bahkan mendekati nol. Hal ini menunjukkan bahwa sumber cahaya tersebut tidak memancarkan banyak energi pada spektrum inframerah, atau bahwa sensor TCS34725 memiliki sensitivitas yang berkurang pada panjang gelombang tersebut. Dengan kata lain, energi cahaya di daerah inframerah tidak cukup signifikan untuk terdeteksi oleh sensor, atau memang tidak dipancarkan oleh sumber cahaya yang digunakan dalam eksperimen ini. Grafik ini mencerminkan distribusi intensitas cahaya berdasarkan panjang gelombang, yang menunjukkan puncak intensitas pada panjang gelombang pendek dan penurunan drastis pada panjang gelombang yang lebih panjang. Distribusi seperti ini memberikan informasi penting mengenai karakteristik spektral dari sumber cahaya yang diuji dan bisa digunakan untuk analisis lebih lanjut terkait kualitas dan jenis cahaya yang dihasilkan. Berdasarkan hukum pergeseran Wien, panjang gelombang dengan intensitas puncak dari sumber cahaya berbanding terbalik dengan suhunya. Artinya, semakin tinggi suhu sumber cahaya, semakin pendek panjang gelombang dominan yang dihasilkan. Dalam grafik ini, kita melihat bahwa intensitas cahaya mencapai puncak pada panjang gelombang pendek, sekitar 500 nm atau lebih rendah, yang berada dalam spektrum tampak berwarna biru-kehijauan. Hal ini sesuai dengan prediksi teori untuk sumber cahaya yang berada pada suhu tinggi, karena pada suhu tinggi, panjang gelombang puncak akan bergeser ke daerah biru dari spektrum tampak. Namun, grafik ini tidak menunjukkan variasi suhu spesifik, sehingga kita hanya dapat mengasumsikan bahwa sumber cahaya memiliki suhu relatif tinggi untuk menghasilkan intensitas dominan di panjang gelombang pendek. Hasil eksperimen ini juga sejalan dengan karakteristik emisi dari berbagai sumber cahaya buatan, seperti LED atau lampu pijar, yang intensitasnya cenderung menurun secara eksponensial pada panjang gelombang yang lebih panjang (menuju inframerah). Literasi tentang spektrum LED, misalnya, menunjukkan bahwa emisi biasanya memiliki puncak intensitas yang tajam di panjang gelombang tertentu yang disesuaikan dengan bahan semikonduktor yang digunakan, sementara emisi di daerah panjang gelombang yang lebih panjang cenderung rendah atau tidak ada. Fenomena ini dapat terlihat pada grafik yang dihasilkan, di mana intensitas menurun drastis di atas 700 nm. Makna fisis dari grafik ini dapat dijelaskan dari perspektif energi foton dan sensitivitas sensor. Panjang gelombang yang lebih pendek memiliki energi foton lebih tinggi sehingga intensitas yang lebih tinggi pada panjang

gelombang pendek menunjukkan bahwa sumber cahaya menghasilkan lebih banyak foton berenergi tinggi dalam spektrumnya. Penurunan intensitas pada panjang gelombang yang lebih panjang dapat disebabkan oleh berkurangnya emisi pada daerah tersebut atau keterbatasan sensor TCS34725 yang tidak terlalu sensitif di wilayah inframerah. Dengan membandingkan hasil ini dengan literatur, dapat dikatakan bahwa grafik ini secara umum sesuai dengan teori distribusi spektral sumber cahaya buatan pada suhu tinggi. Namun, hasil ini juga bisa menjadi bukti tambahan mengenai sensitivitas sensor yang berkurang pada panjang gelombang inframerah, yang terlihat dari hampir nolnya intensitas terukur di atas 1000 nm. Makna fisiknya menggambarkan bahwa sumber cahaya memiliki spektrum yang dominan di panjang gelombang pendek, dan intensitasnya sangat bergantung pada kemampuan sensor untuk mendeteksi emisi tersebut.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian dan analisis terhadap hasil sesungguhnya, dapat disimpulkan bahwa kit eksperimen Pergeseran Wien berbasis digitalisasi Arduino Uno dan sensor TCS 34725 *interface* Python 3.8 dapat bekerja dengan optimal dan akurat dalam mengamati hubungan secara eksperimental suhu terhadap panjang gelombang dari radiasi benda hitam berdasarkan Hukum Pergeseran Wien yaitu berbanding terbalik dan berkaitan dengan konstanta pergeseran Wien (b). Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai konstanta b sebesar 0,002897773 dengan nilai ketelitian mencapai 1,8796E-09 dan ketepatan mencapai 99,99% terhadap nilai konstanta b berdasarkan literatur sebesar 0,002898.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilaksanakan, terdapat beberapa saran terkait pengembangan kit eksperimen sebagai berikut.

1. Pengembangan alat menggunakan sensor spektrometer yang dapat membaca seluruh spektrum panjang gelombang cahaya tampak hingga inframerah.
2. Pengembangan visualisasi data dan *interface* dalam tingkat akurasi dan ketelitian pengukuran.

Diharapkan saran tersebut dapat menjadi acuan pengembangan penelitian untuk memperoleh hasil eksperimen yang lebih baik dan optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Aprilia, R., et al. (2022). The Examination of the Wien's Displacement Constant with Simulation and Simple Numerical Approaches. *Phys. Comm.*, 6(2): 71-78.

Arduino. (2024). *Arduino UNO R3: Product Reference Manual SKU: A000066*. Italy: Arduino CC.

Festiyed. (2008). PROGRAM PERHITUNGAN EFISIENSI ENERGI RADIASI BENDA HITAM MELALUI METODE SIMPSON DENGAN BORLAND DELPHI 7. *SAINSTEK*, 11(1): 1-5.

Fowler, M. (2008). *Black Body Radiation*. Virginia: University of Virginia..

Johnson, C. (2012). *Mathematical Physics of BlackBody Radiation*. Stockholm: Icarus iDucation.

Kaiser, D. (2020). *Lecture Notes for 8.225 / STS.042, "Physics in the 20th Century": Blackbody Radiation & Compton Scattering*. Massachusetts: MIT.

Ma'arif, A. (2020). *BUKU AJAR PEMROGRAMAN LANJUT BAHASA PEMROGRAMAN PYTHON*. Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan.

Pfaffman, S.G. (n.d.). *Derivation and Applications of Wien's Displacement Law*. New York: Columbia University.

Ta'ali, et al. (2023). Pembacaan RGB Warna Terhadap Lima Warna yang Berbeda pada Sensor TCS34725. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(1): 84-90. DOI: <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i1.352>

TAOS. (2012). *TCS3472 COLOR LIGHT-TO-DIGITAL CONVERTER with IR FILTER*. Texas: Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc.

Utami, M.D., et al. (2020). PERANCANGAN DAN ANALISA KINERJA SISTEM AKUISISI DATA SENSOR TCS34725 DAN PEGELIAN POMPA MOTOR

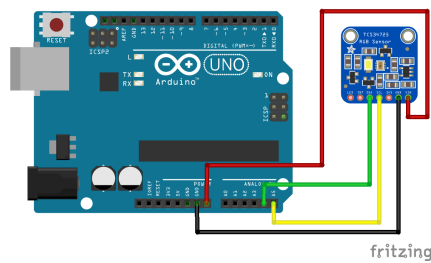
DC PADA ALAT PENCAMPUR WARNA. *TRANSIENT*, 9(3): 360-367. e-ISSN: 2685-0206.

Vahabi, T., C. L. (2023). *Blackbody Radiation*. Toronto: Physics University of Toronto.

LAMPIRAN A



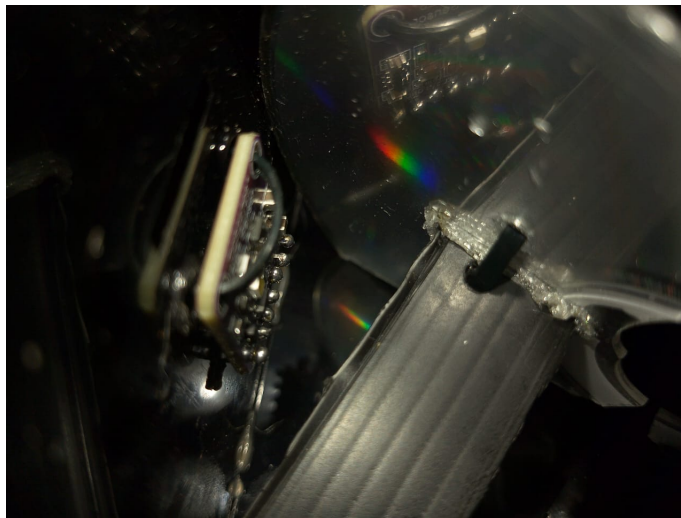
Gambar 5.2.1: Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Tampilan Dalam



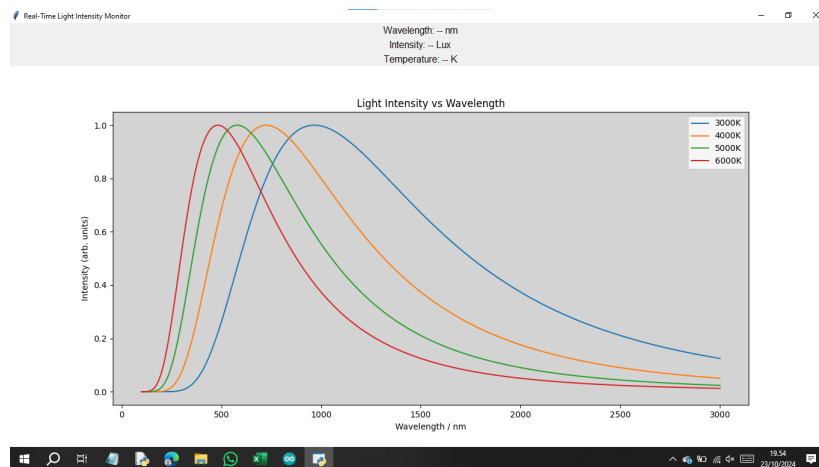
Gambar 5.2.2: Skematik Rangkaian Kit Eksperimen Pergeseran Wien -



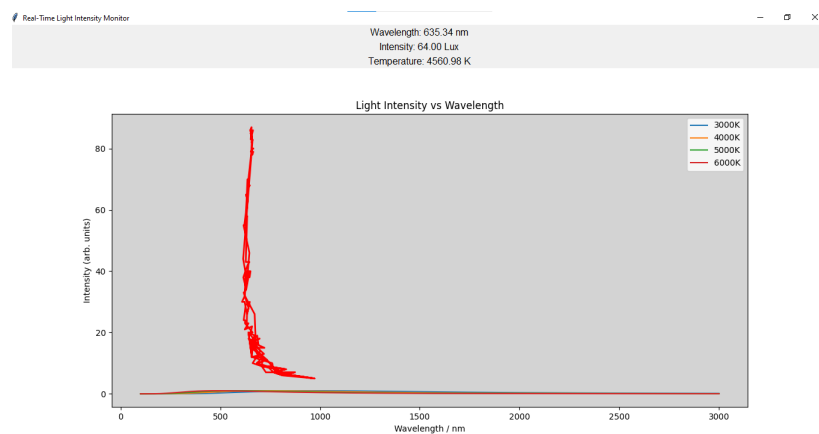
Gambar 5.2.3: Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Tampilan Samping



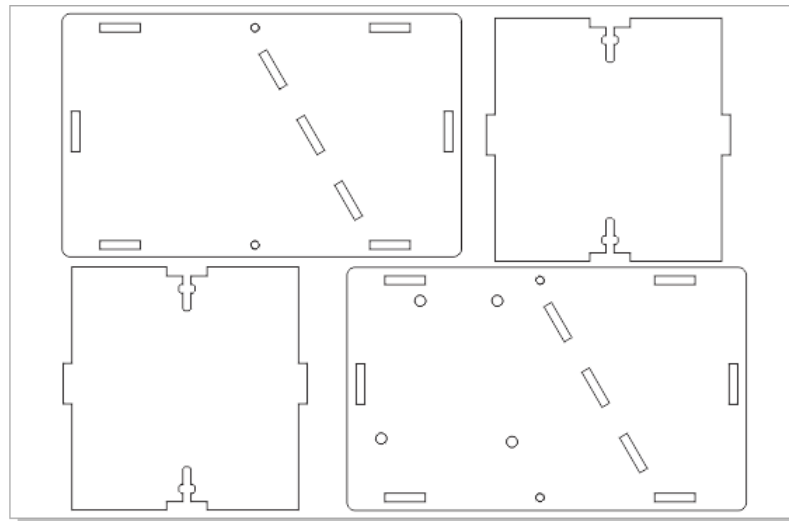
Gambar 5.2.4: Kit Eksperimen Pergeseran Wien - Konfigurasi Sensor



Gambar 5.2.5: Tampilan Awal Antarmuka Python untuk Kit Eksperimen Pergeseran Wien



Gambar 5.2.6: Tampilan Antarmuka *Plotting* Kit Eksperimen Pergeseran Wien



Gambar 5.2.7: Tampilan Desain *Casing* Akrilik Kit Eksperimen Pergeseran Wien

LAMPIRAN B

5.3 Kode Program Arduino

Adapun kode program yang digunakan pada praktikum ini adalah sebagai berikut.

Kode Program 5.1: Kode Program Arduino untuk Kit Eksperimen Pergeseran Wien

```
1
2 #include <Wire.h>
3
4 #include "Adafruit_TCS34725.h"
5
6 // Inisialisasi sensor TCS34725
7 Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(
    TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS, TCS34725_GAIN_1X);
8
9
10 void setup() {
11     Serial.begin(9600); // Inisialisasi komunikasi serial
12
13 }
14
15 // Fungsi untuk menghitung panjang gelombang (nm) dari
    temperatur warna (Kelvin)
16 float calculateWavelength(float colorTemp) {
17     // Menggunakan konstanta Wien yang lebih akurat
18     return 2.8977719e6 / colorTemp;
19 }
20
21 void loop() {
22     uint16_t r, g, b, c;
23     float colorTemp, lux, wavelength;
24
25     // Membaca nilai dari sensor TCS34725
```

```

26  tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
27
28  // Menghitung temperatur warna dan lux menggunakan fungsi
    bawaan
29  colorTemp = tcs.calculateColorTemperature(r, g, b);
30  lux = tcs.calculateLux(r, g, b);
31
32  // Jika temperatur warna valid (bukan NaN atau 0)
33  if (!isnan(colorTemp) && colorTemp > 0) {
34      // Menghitung panjang gelombang dari temperatur warna
35      wavelength = calculateWavelength(colorTemp);
36  } else {
37      // Jika data tidak valid, panjang gelombang tidak dihitung
38      wavelength = 0;
39  }
40
41  // Mengirim data RGB, lux, dan panjang gelombang (nm) ke
    serial dengan format yang sesuai
42  Serial.print(r);
43  Serial.print(g);
44  Serial.print(b);
45  Serial.print(lux);
46  Serial.println(wavelength); // Mengirimkan data panjang
    gelombang terakhir
47
48  // Delay untuk pembacaan tiap 1 detik
49  delay(1000);
50 }

```

5.4 Kode Program Python

Adapun kode program yang digunakan pada eksperimen ini adalah sebagai berikut.

Kode Program 5.2: *Interface* Python untuk Kit Eksperimen Pergeseran Wien

```

1
2  import serial
3  import matplotlib.pyplot as plt
4  import numpy as np
5  import pandas as pd
6  import tkinter as tk
7  from tkinter import Label, Frame

```

```

8 from matplotlib.backends.backend_tkagg import FigureCanvasTkAgg
9
10 # Inisialisasi koneksi serial (sesuaikan port sesuai dengan
    Arduino Anda)
11 ser = serial.Serial('COM3', 9600, timeout=1)
12
13 # Inisialisasi array untuk menyimpan data
14 wavelengths = []
15 intensities = []
16 temps = []
17
18 # Konstanta Wien yang lebih akurat
19 WIEN_CONSTANT = 2.8977719e6 # dalam nm.K
20
21 # Fungsi Wien untuk menghitung lambda max
22 def wien_lambda_max(T):
23     return WIEN_CONSTANT / T # Menghitung panjang gelombang
        maksimum (nm)
24
25 # Fungsi untuk menghitung beberapa kurva Wien
26 def plot_wien_curves(ax):
27     temperatures = [3000, 4000, 5000, 6000] # Kelvin
28     wavelengths = np.linspace(0.1, 3, 1000) * 1e3 # Ubah dari
        m ke nm
29     for T in temperatures:
30         intensities = (1 / wavelengths**5) / (np.exp(1.4388e7 /
            (wavelengths * T)) - 1)
31         ax.plot(wavelengths, intensities / np.max(intensities),
            label=f'{T}K')
32
33 # Inisialisasi GUI menggunakan Tkinter
34 root = tk.Tk()
35 root.title("Real-Time Light Intensity Monitor")
36
37 # Membuat frame utama untuk menampung label dan plot
38 frame = Frame(root)
39 frame.pack(side=tk.TOP, fill=tk.BOTH, expand=True)
40
41 # Membuat label untuk menampilkan data
42 label_wavelength = Label(frame, text="Wavelength: -- nm", font
    =("Arial", 12))
43 label_wavelength.pack()
44

```

```

45 label_intensity = Label(frame, text="Intensity: -- Lux", font=(
    "Arial", 12))
46 label_intensity.pack()
47
48 label_temperature = Label(frame, text="Temperature: -- K", font
    =("Arial", 12))
49 label_temperature.pack()
50
51 # Membuat figure Matplotlib
52 fig, ax = plt.subplots()
53 plot_wien_curves(ax)
54 ax.set_xlabel("Wavelength / nm")
55 ax.set_ylabel("Intensity (arb. units)")
56 ax.set_title("Light Intensity vs Wavelength")
57 ax.set_facecolor("#d3d3d3")
58 ax.legend()
59
60 # Memasukkan plot ke dalam Tkinter GUI
61 canvas = FigureCanvasTkAgg(fig, master=frame) # canvas
    Matplotlib ke dalam Tkinter
62 canvas.draw()
63 canvas.get_tk_widget().pack(side=tk.TOP, fill=tk.BOTH, expand=
    True)
64
65 # Inisialisasi plot awal
66 line, = ax.plot(wavelengths, intensities, 'r-', lw=2)
67
68 # Fungsi untuk memperbarui GUI
69 def update_gui(wavelength, intensity, temp):
70     label_wavelength.config(text=f"Wavelength: {wavelength:.2f}
        nm")
71     label_intensity.config(text=f"Intensity: {intensity:.2f}
        Lux")
72     label_temperature.config(text=f"Temperature: {temp:.2f} K")
73     root.update()
74
75 # Fungsi untuk memperbarui grafik secara real-time
76 def update_plot(wavelength, intensity, temp):
77     wavelengths.append(wavelength)
78     intensities.append(intensity)
79     temps.append(temp)
80
81     line.set_xdata(wavelengths)

```

```

82     line.set_ydata(intensities)
83
84     ax.relim()
85     ax.autoscale_view()
86     canvas.draw() # Perbarui canvas Matplotlib
87
88 # Fungsi untuk membaca data dari serial
89 def read_serial_data():
90     if ser.in_waiting > 0:
91         data = ser.readline().decode('utf-8').strip()
92         if data:
93             try:
94                 r, g, b, lux, wavelength = map(float, data.
split(', '))
95                 temp_measured = (WIEN_CONSTANT / wavelength) #
Menghitung suhu
96                 print(f"Wavelength: {wavelength} nm, Intensity:
{lux} Lux, Temp: {temp_measured:.2f} K")
97
98                 # Memperbarui GUI dan grafik dengan data baru
99                 update_gui(wavelength, lux, temp_measured)
100                update_plot(wavelength, lux, temp_measured)
101            except ValueError:
102                pass # Jika parsing gagal, lanjutkan loop
103
104    root.after(100, read_serial_data) # Memanggil fungsi ini
lagi setelah 100ms
105
106 # Fungsi untuk menyimpan data ke file Excel
107 def save_data_to_excel():
108     df = pd.DataFrame({
109         'Wavelength (nm)': wavelengths,
110         'Intensity (Lux)': intensities,
111         'Temperature (K)': temps
112     })
113     df.to_excel('light_intensity_data.xlsx', index=False)
114     print("Data disimpan dalam format Excel sebagai '
light_intensity_data.xlsx'.")
115
116 # Mulai pembacaan serial dan GUI
117 root.after(100, read_serial_data) # Memulai pembacaan data
118 root.mainloop()

```