

# PERANCANGAN SISTEM OPTOELEKTRONIKA SEDERHANA MENGGUNAKAN CAHAYA ULTRAVIOLET UNTUK ANALISIS INTERAKSI CAHAYA DENGAN ZAT

Dani Kurniawan<sup>1\*</sup>, Mona Berlian Sari<sup>2</sup>, Yohandri<sup>3</sup>, Rahmat Hidayat<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Departemen Fisika; Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam; Universitas Negeri Padang; Indonesia

## Keywords:

Optoelectronics; Ultraviolet; GUA-S12SD sensor; Absorbance.

## Correspondent Email:

danikurniawan@student.unp.ac.id

**Abstrak.** Analisis sifat penyerapan cahaya suatu zat memainkan peran penting dalam menentukan konsentrasi komponen penyusunnya yang memengaruhi stabilitas larutan, arah dan laju reaksi, serta sifat kimiawi zat-zat yang terkandung di dalamnya. Saat ini, pengujian kandungan dan konsentrasi zat dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri, yang menawarkan akurasi pengukuran tinggi; namun, harga pembelian dan biaya pemeliharaan yang relatif tinggi membuat metode ini sulit diakses oleh masyarakat umum. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem optoelektronik sederhana guna menganalisis interaksi cahaya dengan zat menggunakan radiasi ultraviolet. Penelitian ini menggunakan pendekatan teknik, dimulai dengan identifikasi masalah, tinjauan pustaka, analisis spesifikasi komponen, serta perancangan sistem optik dan elektronik, dan diakhiri dengan pembuatan dan pengujian. Sistem ini dirancang dengan LED UV 10W sebagai sumber cahaya dan sensor GUA-S12SD sebagai detektor. Pengujian dilakukan melalui karakterisasi sensor dan pengujian akurasi. Hasil menunjukkan bahwa uji karakterisasi menghasilkan koefisien determinasi mendekati 1, sedangkan uji akurasi menunjukkan bahwa instrumen spektrofotometer ultraviolet memiliki akurasi rata-rata sebesar 98,99.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

**Abstract.** Analyzing a substance's light absorption properties plays a crucial role in determining the concentration of its constituent components—which affects the stability of a solution, the direction and rate of a reaction, and the chemical properties of the substances it contains. Currently, testing for substance content and concentration is performed using spectrophotometric methods, which offer high measurement accuracy; however, the relatively high purchase price and maintenance costs make these methods difficult for the general public to access. This study aims to design a simple optoelectronic system to analyze the interaction of light with substances using ultraviolet radiation. This study employs an engineering approach, beginning with problem identification, a literature review, component specification analysis, and the design of the optical and electronic systems, and concluding with fabrication and testing. The system is designed with a 10W UV LED as the light source and a GUA-S12SD sensor as the detector. Testing was conducted through sensor characterization and accuracy testing. The results show that the characterization test yielded a coefficient of determination close to 1, while the accuracy test indicated that the ultraviolet spectrophotometer instrument has an average accuracy of 98.99.

## 1. PENDAHULUAN

Larutan adalah sistem homogen yang terdiri dari zat terlarut dan pelarut dengan partikel penyusun yang tersebar secara merata pada skala mikroskopik [1] [2] [3]. Larutan banyak digunakan dalam berbagai aktivitas ilmiah, proses pengolahan bahan, dan penelitian praktis dan laboratorium. Penggunaan larutan tidak sebatas sebagai campuran zat, tetapi sebagai sistem yang memiliki karakteristik fisik dan kimia tertentu [3]. Salah satu parameter penting yang menentukan karakteristik suatu larutan adalah konsentrasi yaitu besaran yang menyatakan banyaknya zat terlarut dalam suatu pelarut [4]. Konsentrasi berperan penting dalam menentukan kestabilan larutan, arah dan laju reaksi, serta sifat kimia zat yang terkandung di dalamnya [5] [6]. Perubahan kecil pada nilai konsentrasi suatu larutan selama proses kimia berlangsung dapat menggeser arah reaksi, menurunkan efisiensi, dan menghasilkan produk yang tidak diinginkan [7] [8].

Akurasi penentuan konsentrasi suatu larutan menentukan kemampuan suatu sistem untuk mempertahankan kondisi reaksi yang optimal [9]. Konsentrasi larutan yang memiliki gugus kromofor dapat ditentukan secara optik melalui pengukuran absorbansi cahaya yang diserap oleh larutan tersebut, dimana semakin tinggi konsentrasi suatu zat maka semakin besar intensitas cahaya yang diserap oleh sampel yang diuji [10] [11]. Hubungan ini dijelaskan melalui Hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa absorbansi suatu larutan berbanding lurus dengan konsentrasi zat terlarut dan tebal medium yang dilalui oleh cahaya [12] [13]. Pendekatan ini banyak digunakan dalam analisis kimia analitik karena memberikan hubungan linear yang dapat diandalkan untuk menentukan konsentrasi zat dalam rentang tertentu [8]. Ketidaktepatan dalam menentukan konsentrasi suatu larutan dapat menyebabkan kesalahan interpretasi terhadap karakteristik dan kestabilan larutan yang dianalisis [14][15]. Perancangan dan pengembangan sistem optoelektronik telah banyak dilakukan baik oleh kalangan industri maupun peneliti sebagai alternatif dari instrumen konvensional yang mahal [16]. Namun, hingga saat ini sebagian besar sistem optoelektronik yang dikembangkan masih memiliki keterbatasan terutama pada segi pemilihan sumber cahaya dan sistem optik. Sistem optoelektronik yang

tersedia saat ini umumnya dirancang dengan sistem optik yang terbatas sehingga intensitas cahaya yang sampai ke detektor menjadi lemah dan rentan terhadap penyimpangan cahaya (*stray light*) yang mempengaruhi keakuratan pengukuran.

Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai analisis zat melalui metode optoelektronik dilakukan dalam perancangan *spectroscopy* optik portabel berbasis Arduino [17]. Penelitian ini melakukan pengujian *spectroscopy* polimer berwarna merah, hijau, dan biru. Hasil pengukuran sampel polimer dari alat penelitian ini menunjukkan bahwa spektrum dengan rentang panjang gelombang yang sama dengan warna sampel diteruskan dan spektrum dengan rentang panjang gelombang yang berbeda diserap. Keterbatasan dari sistem ini tidak dapat dilakukan untuk berbagai jenis sampel.

Berdasarkan keterbatasan penelitian-penelitian sebelumnya terutama pada penggunaan sumber cahaya yang rendah, dan ketiadaan grating sehingga sumber cahaya langsung diarahkan ke kuvet dan menyebabkan penyimpangan cahaya (*stray light*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap permasalahan pengukuran analisis zat larutan berwarna baik untuk kebutuhan pendidikan, penelitian, maupun industri dengan biaya yang lebih terjangkau. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat mendukung pengembangan sistem optoelektronika sederhana sebagai solusi atas permasalahan keterbatasan dalam menganalisis sifat suatu zat dalam berbagai bidang kehidupan

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Optoelektronik

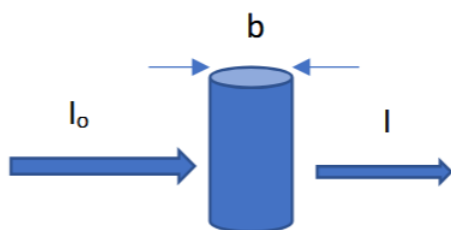
Optoelektronik sama halnya seperti instrumen spektrofotometer merupakan sebuah instrumen analitik yang dapat digunakan untuk mengukur serapan cahaya pada daerah sidik jari panjang gelombang [18] [19]. Metode ini menggunakan cahaya untuk menganalisis kuantitatif suatu zat. Prinsip dasar sistem optoelektronik adalah ketika terjadi penyerapan cahaya dengan suatu molekul maka dapat menyebabkan eksitasi molekul dari tingkat energi dasar ke tingkat energi tinggi [20]. optoelektronika mengukur absorbansi yang melewati cahaya dengan sebagian cahaya

diserap dan sebagian yang lain dilewatkan (Jati. *et al.*, 2025).

Dalam keperluan untuk analisis suatu larutan atau zat, analisis kuantitatif lebih banyak digunakan daripada analisis kualitatif. Pengukuran absorbansi pada panjang gelombang tertentu dengan dasar hukum Lambert-Beer digunakan untuk mengetahui konsentrasi analit dalam larutan [18]. Prinsip kerja dimulai dari cahaya dari sumber cahaya lampu diteruskan dan dilewatkan pada sampel yang mengandung konsentrasi tertentu dari suatu zat. Akibatnya beberapa cahaya diserap (diabsorpsi) dan sebagian lain dilewatkan [22]. Detektor menerima cahaya yang dilewatkan untuk menghitung cahaya yang diserap oleh sampel dan mengetahui konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif

## 2.2 Hukum Lambert Beer

Hukum *Lambert-Beer* juga dikenal sebagai Hukum *Beer* yang menyatakan bahwa jumlah radiasi cahaya (UV, inframerah, dan sebagainya) yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan fungsi eksponen dari konsentrasi zat dan tebal larutan [13]. Saat cahaya sebelum melewati sampel sebagai intensitas awal cahaya ( $I_0$ ) dan saat melewati sampel sebagai intensitas cahaya yang di transmisikan ( $I$ ). Skema berkas sinar yang terabsorpsi dan ditransmisikan dijelaskan melalui Gambar (1).



Gambar 1. Skematis berkas sinar datang, terabsorpsi, dan ditransmisikan  
Sumber : [23]

Hukum Lambert menyatakan bahwa serapan berkorelasi lurus dengan ketebalan sel ( $b$ ) yang disinari yang berarti bahwa seiring dengan pertumbuhan sel.

## 2.3 Cahaya Ultraviolet

Spektrum cahaya UV termasuk gelombang elektromagnetik yang memiliki energi lebih besar daripada cahaya tampak dan memiliki panjang gelombang lebih pendek [24].

Panjang gelombang sinar UV berkisar dari 20nm hingga 400nm dan dibagi menjadi tiga kelompok: UV-A (320 hingga 400 nm). UV-B (290 hingga 320nm), dan UV-C (200 hingga 290nm) [25]. Sinar UV adalah sinar yang dipancarkan oleh matahari dan dapat mencapai permukaan bumi seperti sinar inframerah dan cahaya tampak. Energi sinar UV yang lebih tinggi sering diperlukan untuk memindahkan elektron dari atom atau molekul menyebabkan radiasi ionisasi [26].

## 2.3 Sensor GUA-S12SD

Sensor ultraviolet GUA-S12SD adalah sensor berukuran kecil yang tidak membutuhkan banyak daya dalam pengoperasiannya. sangat responsif. dan banyak digunakan pada sistem detektor indeks UV [27]. Sensor ini menggunakan material semikonduktor *Gallium Nitride* (GaN) yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap cahaya UV dan sensitivitas rendah terhadap cahaya tampak (*blindness visible*) [28]. Modul detektor sinar UV Sensor GUA-S12SD dirancang untuk mendeteksi intensitas radiasi UV dalam spektrum 240 hingga 370 nm yang mencakup spektrum UV-A dan sebagian besar UV-B.

## 3. METODE PENELITIAN

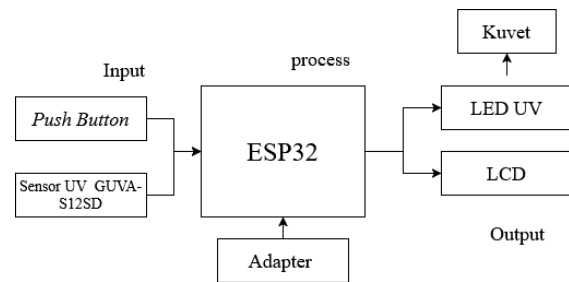
Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian rekayasa (*engineering research*) yaitu penelitian yang berfokus pada desain dan pembuatan sistem atau perangkat yang dapat membantu menyelesaikan suatu permasalahan [29]. Perancangan sistem agar dapat berfungsi sesuai kajian teoritis, penelitian ini tidak hanya sebatas merancang dan menyusun sistem berdasarkan teori dan perhitungan tetapi juga melakukan uji coba langsung terhadap alat yang telah dirancang [30].

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika, Universitas Negeri Padang. Penelitian berlangsung selama satu bulan, mulai dari saat masalah ditemukan hingga saat hasilnya dilaporkan. Dalam penelitian ini, alat pendukung untuk perancangan *hardware* dan *software* digunakan. Bahan elektronika seperti sensor dan mikrokontroler digunakan untuk menjalankan sistem dengan cara yang diinginkan. Komponen yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel (1).

Tabel 1. Komponen yang digunakan

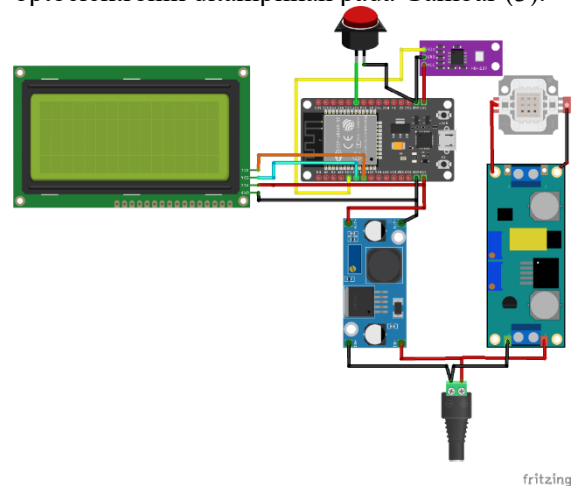
| Komponen                   | Fungsi                                                             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Node MCU ESP32 WROOM V1    | Berfungsi sebagai mikrokontroler untuk pengendali input dan output |
| Sensor GUVVA-S12SD         | Sebagai detektor untuk mengukur intensitas sumber cahaya UV        |
| Lensa fokus 5cm            | Untuk memfokuskan cahaya menuju sampel                             |
| LCD 20x4                   | Menampilkan hasil pengukuran oleh sistem                           |
| UV LED lampu               | Sumber cahaya UV                                                   |
| Kuvet                      | Tempat untuk berisi sampel uji                                     |
| LM2596 Step-Down Converter | Untuk menurunkan tegangan kerja dari adaptor                       |
| Kabel USB                  | Sebagai kabel untuk menginput program ke ESP32                     |
| Push button                | Untuk memulai pengukuran                                           |
| Adaptor                    | Sebagai konverter AC ke DC untuk supply arus dan tegangan sistem   |

Prosedur penelitian didasarkan pada tahapan penelitian rekayasa. Tahapan ini mencakup identifikasi masalah, tinjauan literatur dan konseptual, analisis spesifikasi susunan dan kefungsi, perancangan desain detail, pembuatan dan perancangan, dan evaluasi kinerja sistem. Sistem optoelektronik dibangun dalam beberapa subsistem utama yang terdiri dari sistem optik, sensor, pengendali, dan sistem tampilan untuk menampilkan data. Subsistem dirancang secara terintegrasi untuk memaksimalkan fungsi pengukuran. Desain sistem disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran yang membutuhkan ketepatan, ketelitian, kestabilan, dan kemudahan pengoperasian. Sumber cahaya LED UV 10W digunakan untuk mengukur intensitas dan serapan cahaya. Blok diagram sistem untuk menjelaskan arsitektur perancangan dapat dilihat pada Gambar (2).



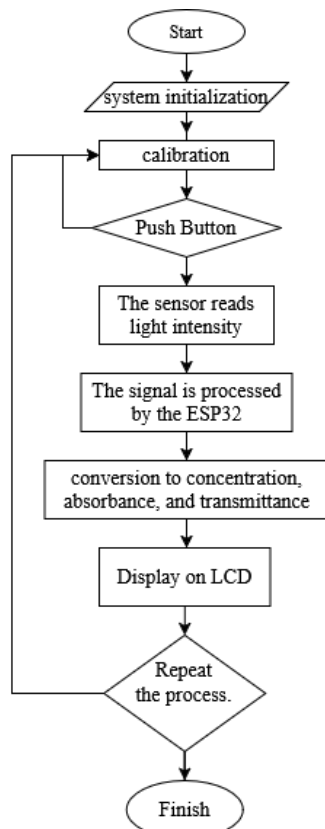
Gambar 2. Blok diagram perancangan sistem Optoelektronik Sederhana

Pada tahap penting dari penelitian rekayasa yaitu merancang model desain *hardware* dan *software* untuk melakukan visual rancangan ke dalam bentuk sistem yang terstruktur dan berfungsi [18] [21]. Sumber daya utama sistem berasal dari adaptor 12V DC 1A yang dihubungkan ke input modul step-down LM2596. Modul LM2596 mengatur tegangan keluarannya menjadi 5V DC stabil untuk menyuplai ESP32, LCD 20×4, dan sensor. Selanjutnya, ESP32 menyediakan tegangan 3,3V melalui pin regulatnya untuk sensor GUVVA-S12SD yang membutuhkan tegangan yang lebih rendah. LED HPL UV 10W disambungkan secara langsung ke driver XL4015 untuk memastikan arus konstan. Skema rangkaian penyusunan sistem optoelektronik ditampilkan pada Gambar (3).



Gambar 1. Skema Rangkaian Elektronika Penyusun Sistem optoelektronika

ESP32 dengan memproses informasi dari sensor sesuai dengan perintah yang telah diprogram ke ESP32 melalui *software* Arduino IDE. Perancangan program sistem dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar (4)



Gambar 2. Diagram Alir Mekanisme Alur Kerja Sistem

Intensitas cahaya (Lux) dan absorbansi (A) adalah metrik yang digunakan dalam penelitian ini. Pengujian kinerja dan karakterisasi sensor dilakukan selama proses pengumpulan data. Karakterisasi sensor dilakukan dengan menguji keluaran sensor dengan alat referensi sesuai dengan besaran masing-masing sensor. Kemudian, hubungan antara keluaran sensor dan alat referensi diplot untuk mendapatkan persamaan fungsi transfer dengan koefisien determinan yang mendekati 1 [31]. Pengujian sensor dilakukan dalam ruangan tertutup dengan kondisi cahaya yang tetap.

Untuk menguji akurasi masing-masing sensor, hasil pengukuran sensor dengan alat referensi yang sama saat karakterisasi dibandingkan [32]. Selanjutnya, hasil pengukuran dievaluasi untuk mengetahui seberapa jauh sistem yang dirancang berbeda dari alat biasa. Untuk membuat sistem lebih akurat dengan nilai referensi untuk setiap pengukuran, nilai galat digunakan sebagai dasar untuk kalibrasi dan perbaikan [33]. Galat pengukuran dihitung melalui Persamaan (1).

$$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-2}} \quad (1)$$

*Standard Error of Estimate* (SEE) sebagai seberapa jauh rata-rata penyimpangan titik data dari garis regresi sebagai nilai prediksi [34]. Dalam menganalisis akurasi dan ketidakpastian ukur dilakukan melalui Persamaan (4) dan (5).

$$\%Error = \left| \frac{Y_n - X_n}{X_n} \right| \times 100\% \quad (4)$$

$$Akurasi = (1 - Error) \times 100\% \quad (5)$$

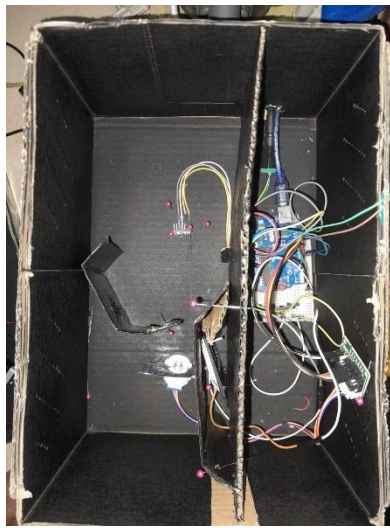
Parameter berikut ditunjukkan:  $Y_n$  adalah hasil pengukuran dari sensor UV GUVA-S12SD dan TCS34725, dan  $X_n$  adalah nilai acuan dari alat standar. Nilai kesalahan pengukuran untuk masing-masing sensor adalah hasil akhir dari perhitungan. Standar deviasi menunjukkan bagaimana sebaran data berbeda dari nilai rata-rata. Pengukuran yang lebih konsisten dihasilkan dengan nilai  $\sigma$  yang lebih kecil. Standar deviasi ukur dianalisis melalui Persamaan (31).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (31)$$

Keterangan parameter yaitu  $X_i$  sebagai hasil pengukuran ke-I,  $\bar{x}$  sebagai nilai rata-rata pengukuran.  $n$  sebagai jumlah pengukuran

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

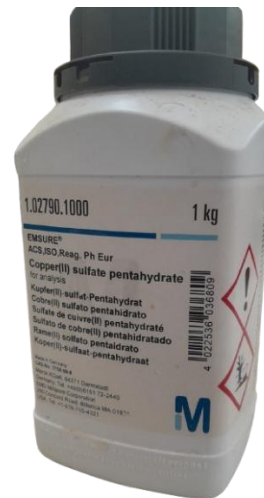
Hasil penelitian ini berupa sistem optoelektronik untuk menganalisis larutan kimia. Strukturnya terbuat dari bahan karton berukuran total 20 x 15 x 10 cm dan dibagi menjadi dua ruang untuk rangkaian elektronik yang disusun dalam skema PCB. Ruang sistem optik digunakan untuk mengukur intensitas dan serapan cahaya. Tujuan desain adalah untuk menghindari gangguan cahaya dari komponen elektronik dan termal yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran. Sistem optoelektronik rancangan ditampilkan dalam gambar (5).



Gambar 3. Tampilan Dimensi Hasil Perancangan Sistem

Alat optoelektronik rancangan yang dirancang beroperasi pada rentang panjang gelombang 350-400nm dalam spektrum ultraviolet. Ini disesuaikan dengan data sheet lampu LED HPL UV. Sistem terdiri dari dua bagian yang terpisah satu sama lain: komponen elektronika dan komponen penyusun optik. Komponen elektronika diletakkan di bagian depan yang dirancang menggunakan PCB, dan komponen optik diletakkan di sisi lain untuk mencegah cahaya luar.

Pengujian sistem dilakukan menggunakan larutan sampel uji tembaga(II) sulfat pentahidrat ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) dengan konsentrasi yang berbeda antara 10, 15, 20, 25, 30, dan 35 ppm. Hasil pengukuran alat standar digunakan sebagai titik pembandingan langsung. Larutan ini dipilih karena memiliki gugus kromofor yang menghasilkan pita serapan yang kuat di sekitar spektrum ultraviolet. Gambar jenis zat  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang digunakan dalam pengujian ini ditunjukkan pada gambar (7).

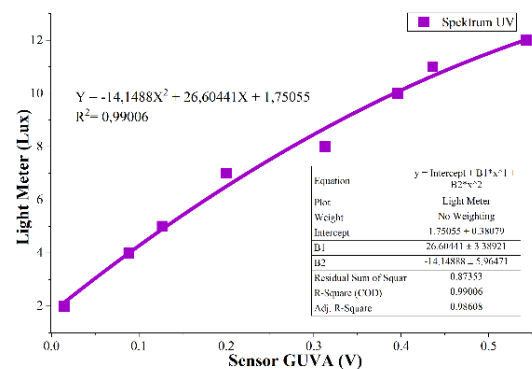


Gambar 4. Gambar  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebagai sampel uji

#### 4.1 Karakterisasi Sensor

##### 4.1.1 Karakterisasi Intensitas Cahaya

Untuk mengevaluasi kemampuan sensor GUA-S12SD untuk mengukur intensitas cahaya secara akurat, karakterisasi nilai keluaran sensor GUA-S12SD dalam tegangan analog (V) dibandingkan dengan nilai intensitas cahaya yang diukur menggunakan meteran cahaya tipe LX-105 dalam satuan Lux sebagai alat standar. Sebagai parameter variasi intensitas cahaya, potensiometer digunakan untuk mengatur tegangan ke lampu LED. Tahanan potensiometer menyebabkan perubahan tegangan pada lampu, yang secara langsung memengaruhi intensitas cahaya yang diterima sensor. Penelitian ini menghasilkan sepuluh kondisi intensitas cahaya dengan menggunakan sepuluh variasi hambatan potensiometer. Hasil dari karakterisasi sensor dalam mengukur parameter intensitas cahaya dijelaskan melalui gambar (8).

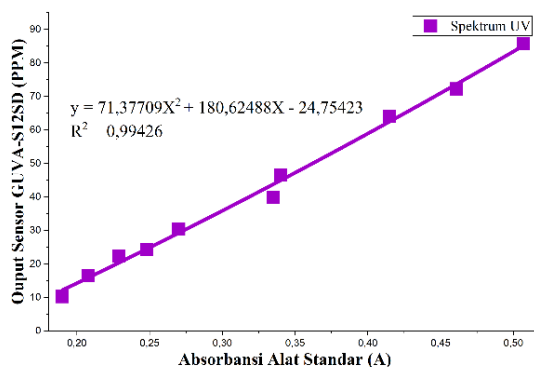


Gambar 5. Karakterisasi Pengukuran Intensitas Cahaya Melalui Plot Output Sensor Dengan Besaran Terukur Alat Standar

Karakterisasi sensor GUA-S12SD menunjukkan kemampuan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dari sumber cahaya LED UV berdasarkan variabel yang terjadi selama pengujian, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas. Hubungan yang sangat kuat antara output sensor dan nilai referensi ditunjukkan oleh analisis regresi polinomial dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,99575. Penyimpangan dari garis regresi tetap berada di bawah batas yang dapat diterima di seluruh rentang pengukuran, menurut standar error of estimate (SEE) sebesar 0,54197185.

#### 4.1.2 Karakterisasi Absorbansi (Serapan Cahaya)

Untuk menggambarkan sensor dalam pengukuran absorbansi dalam penelitian ini, hasil pengukuran intensitas cahaya melewati zat cair diukur oleh sensor dibandingkan dengan nilai serapan cahaya atau absorbansi yang diukur dengan alat standar yaitu spektrofotometer UV-VIS SPECORD 210 PLUS. Hasil pengumpulan data kemudian diplot untuk menunjukkan hubungan antara nilai absorbansi alat standar dan intensitas cahaya melewati zat cair yang diukur. Variasi konsentrasi  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dapat ditemukan dalam rentang 10–35 ppm. Hasil dari karakterisasi sensor dalam mengukur absorbansi larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dapat dilihat melalui grafik (10).



Gambar 6. Karakterisasi Pengukuran Absorbansi melalui plot Konsentrasi sensor dengan besaran Terukur alat standar

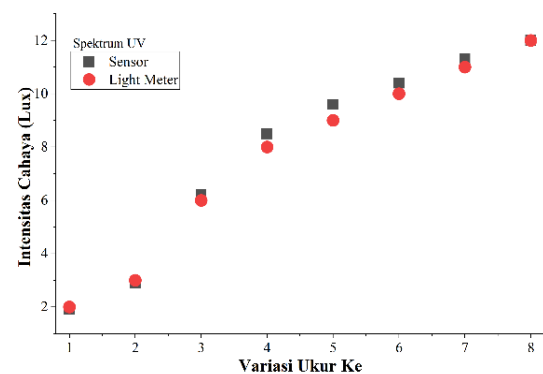
Karakterisasi sensor GUA-S12SD menunjukkan kemampuan untuk mengukur perubahan intensitas cahaya dari sumber cahaya

LED UV berdasarkan variabel yang terjadi selama pengujian, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas. Hubungan yang sangat kuat antara output sensor dan nilai referensi ditunjukkan oleh analisis regresi polinomial dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,99982. Penyimpangan dari garis regresi tetap berada di bawah batas yang dapat diterima di seluruh rentang pengukuran, menurut standar error of estimate (SEE) sebesar 0,0282681.

## 4.2 Pengujian Akurasi

### 4.2.1 Akurasi Intensitas Cahaya

Pengukuran ketepatan parameter intensitas cahaya dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor dalam Lux dengan nilai intensitas yang diukur menggunakan light meter tipe LX-105 sebagai alat standar pada kondisi yang sama saat karakterisasi sensor. Untuk menentukan besar kesalahan pengukuran (*error*), perbedaan antara kedua nilai tersebut dihitung. Sembilan variasi kondisi dengan intensitas yang berbeda digunakan untuk menguji ketepatan pengukuran intensitas cahaya. Hasil uji ketepatan intensitas terhadap alat ukur standar dapat dilihat pada grafik (11).

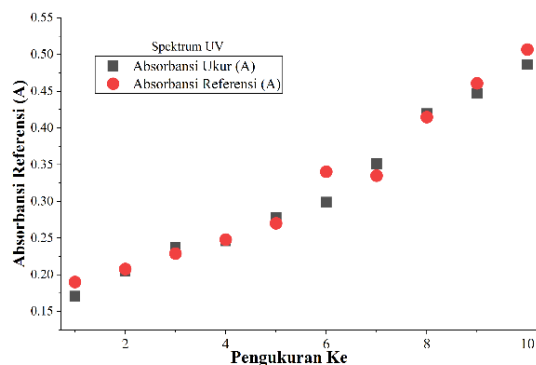


Gambar 7. Pengujian Akurasi Pengukuran Intensitas Cahaya melalui Pembacaan sensor dengan besaran Terukur alat standar

Hasil pengujian akurasi ketepatan pengukuran intensitas cahaya sensor dengan dibandingkan dengan alat referensi ditunjukkan pada Grafik (11). Ketidakpastian error rata-rata sensor adalah 0,231, dan akurasi rata-rata 96,08% untuk intensitas cahaya ultraviolet masih berada dalam rentang kesalahan normal ukur sensor untuk identifikasi intensitas cahaya (Lux).

### 4.2.2 Akurasi Pengukuran Absorbansi

Untuk mengetahui besar kesalahan (*error*) dalam pengukuran nilai keluaran sensor untuk parameter absorbansi (A) dibandingkan dengan nilai absorbansi spektrofotometer UV-Vis SPECORD 210 PLUS. Uji ketepatan pengukuran absorbansi dilakukan pada variasi konsentrasi  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Hasil uji ketepatan absorbansi pada optoelektronik rancangan terhadap nilai perhitungan dapat dilihat pada grafik (13).



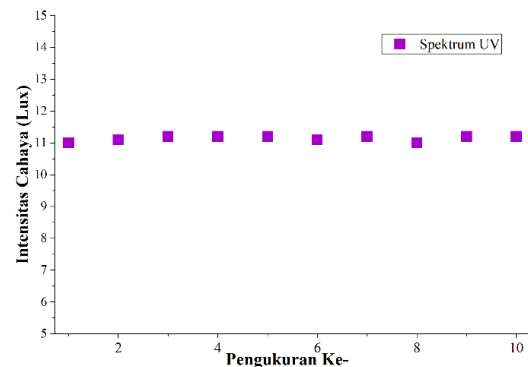
Gambar 8. Pengujian Akurasi Pengukuran Absorbansi melalui Pembacaan sensor dengan besaran Terukur alat standar

Hasil dari pengujian akurasi pengukuran absorbansi sensor dengan dibandingkan dengan nilai alat standar ditunjukkan pada Grafik (13). Untuk mengukur intensitas cahaya (Lux) yang melewati sampel sebagai parameter untuk menentukan absorbansi, ketidakpastian error rata-rata sensor adalah 0,01358, dan akurasi rata-rata adalah 95,365%.

### 4.3 Pengujian Presisi

#### 4.3.1 Uji presisi intensitas cahaya

Data ketelitian intensitas cahaya optoelektronik rancangan dikumpulkan dengan melakukan pengukuran sepuluh kali pada kondisi intensitas cahaya yang sama dan lingkungan yang dikontrol. Hasil pengukuran ketelitian intensitas cahaya ditampilkan pada Grafik (14).

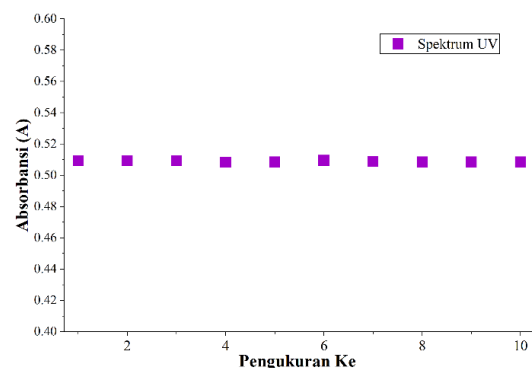


Gambar 9. Pengujian Presisi Pengukuran Intensitas Cahaya melalui Pembacaan sensor sebanyak sepuluh kali

Gambar (14) menunjukkan ketelitian pengukuran intensitas cahaya oleh sensor. Hasilnya menunjukkan intensitas cahaya UV memiliki rata-rata pengukuran sebesar  $11,14 \pm 0,00533$  dengan Simpangan baku sebesar 0,084327 menunjukkan kinerja pengukuran yang konsisten dan dapat diulang (*repatibility*).

#### 4.3.2 Uji presisi Absorbansi

Parameter absorbansi optoelektronik rancangan diuji ketelitian dengan melakukan pengukuran berulang sebanyak 10 kali pada dengan menggunakan konsentrasi larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  yang sama dengan konsentrasi sebesar 10 ppm. Hasil pengukuran ketelitian absorbansi ditampilkan pada Grafik (16).



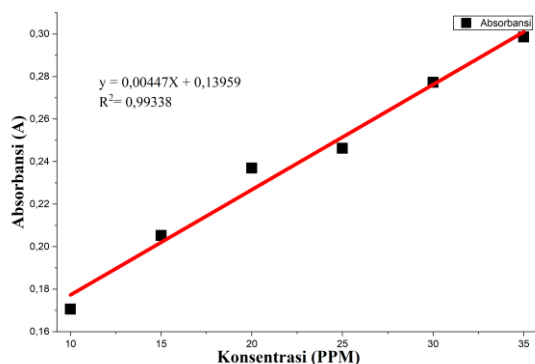
Gambar 10. Pengujian Presisi Pengukuran Absorbansi melalui Pembacaan sensor sebanyak sepuluh kali

Gambar (16) menunjukkan ketelitian pengukuran absorbansi oleh sensor. hasilnya menunjukkan intensitas cahaya UV memiliki rata-rata pengukuran absorbansi sebesar  $0,508491 \pm 0,000302$  dengan simpangan baku sebesar 0,000478 menunjukkan kinerja

pengukuran yang konsisten dan dapat diulang (*repeatability*).

#### 4.4 Pengujian Performa Pengukuran

Untuk menguji konsentrasi, spektrofotometer ultraviolet digunakan dengan larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  sebagai sampel uji. Larutan disiapkan dalam sepuluh variasi konsentrasi (10, 15, 20, 25, dan 30 ppm) untuk membangun kurva hubungan antara nilai absorbansi sebagai serapan cahaya dan nilai konsentrasi zat yang digunakan. Kurva ini digunakan untuk menganalisis konsentrasi suatu zat melalui interaksi cahaya UV dapat dilihat pada Gambar (17).



Gambar 11. Kurva Kalibrasi untuk Menentukan Konsentrasi larutan

Dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,99338, persamaan  $y = 0,00447x - 0,13959$  ditemukan dari hasil regresi linier antara absorbansi puncak dan konsentrasi. Nilai kemiringan atau *slope* sebesar 0,00447 menunjukkan sensitivitas sistem terhadap perubahan konsentrasi, yaitu seberapa besar perubahan absorbansi yang dihasilkan untuk setiap kenaikan satu ppm konsentrasi larutan. Nilai intercep yang hampir nol juga memperkuat kesesuaian data eksperimen dengan Hukum Beer-Lambert, yang menyatakan bahwa pada kondisi ideal absorbansi berbanding lurus dengan konsentrasi larutan.

#### 5. KESIMPULAN

Sistem optoelektronik yang dirancang dalam bentuk *enclosure* tertutup berbahan karton berwarna hitam dengan dimensi keseluruhan 20 cm × 15 cm × 10 cm yang terbagi menjadi ruang elektronik dan ruang sistem optik untuk mengurangi gangguan cahaya luar maupun panas dari komponen

elektronik. Sumber cahaya menggunakan LED HPL UV 10W dengan detektor berupa sensor GUA-S12SD.

Sistem optoelektronik yang dirancang menunjukkan performansi pengukuran yang baik dengan tingkat akurasi rata-rata sebesar 98,99% dan persentase error sebesar 1,007% pada pengukuran absorbansi larutan  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  dibandingkan dengan alat standar spektrofotometer SPECORD 210 PLUS. Hasil uji ketelitian melalui pengukuran berulang menunjukkan nilai koefisien variasi yang kecil pada seluruh parameter yang diuji. yang mengindikasikan bahwa instrumen rancangan ini mampu menghasilkan pembacaan yang konsisten dan dapat diulang pada kondisi pengukuran yang sama.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada civitas akademika Universitas Negeri Padang sebagai instansi yang telah memberikan arahan dan bimbingan dalam melakukan penelitian ini, serta Dosen Pembimbing dan tenaga laboratorium yang telah mendukung dan membantu selama proses penelitian ini. Selanjutnya, kepada pihakpihak yang telah memberikan dukungan, tanggapan, dan bantuan selama penelitian ini berlangsung.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Anggraeni, F. D. Alya, G. Z. Anwar, I. Naela, and Y. Yanti, "Analisis Pengaruh Jenis Larutan terhadap Kenaikan Titik Didih Larutan di," *J. Anal.*, vol. 3, no. 1, pp. 95–101, 2024.
- [2] S. Maharani and S. Mulyono, "Kaitan Konduktivitas Listrik Dengan Konsentrasi Larutan Garam Dapur," *Progress. Phys. J.*, vol. 3, pp. 157–163, 2022.
- [3] I. A. Setiorini, V. Mardiana, M. W. Prakasa, A. Sujarwo, and L. Belakang, "Bangun Alat Adsorber The Effect Of Mass Coal Active Carbon Adsorbent On Adsorption Of Cod And Toc Value In Jumpitan Fabric Waste On Adsorber Tool Design," *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 09, no. 1, 2018.
- [4] D. Rimantho, "Analisis Kapabilitas Proses Untuk Pengendalian Kualitas Air Limbah Di Industri Farmasi," *J. Teknol.*, vol. 11, no. 1, 2019.
- [5] Fitriani, "Pengaruh kondisi kebiasaan terhadap sifat fisik iota karagenan," 2023.
- [6] H. E. Haryono, *Kimia Dasar*. 2019.
- [7] M. D. N. Fauzi, E. Nasra, A. Amran, and M.

- Khair, "Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Penyerapan Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok (*Musa balbisiana* Colla)," *J. Period. Jur. Kim. UNP*, vol. 10, no. 2, p. 51, 2021, doi: 10.24036/p.v10i2.112375.
- [8] J. Feng *et al.*, "An open-source dual-beam spectrophotometer for citizen-science-based water quality monitoring," *HardwareX*, vol. 10, p. e00241, 2021, doi: 10.1016/j.ohx.2021.e00241.
- [9] H. B. Kasih, "Aplikasi Logaritma dalam Penentuan Derajat Keasaman (pH)," *Pros. Disk. Panel Nas. Pendidik. Mat. Univ. Indraprasta PGRI Jakarta.*, no. 58, pp. 29–38, 2021.
- [10] I. Nistiyanti and E. Hidayanto, "Portable Brix Meter Untuk Menganalisis Hubungan Konsentrasi Larutan Sukrosa (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>) Terhadap pH Iva Nistiyanti dan Eko Hidayanto Portable Brix Meter mempunyai manfaat selain dari sekedar sebagai alat untuk Portable Brix Meter Portable Brix Mete," *Youngster Phys. J.*, vol. 4, no. 3, pp. 231–236, 2015.
- [11] M. Ali, S. Yudono, and A. Suryana, "Perancangan Alat Pemantauan Berkelanjutan Kualitas Udara Dalam Ruangan," *Komputika J. Sist. Komput. Vol.*, vol. 13, no. 2, 2024, doi: 10.34010/komputika.v13i2.13413.
- [12] R. K. Wardani and D. Arifiyana, *Suhu, Waktu Dan Kelarutan Kalsium Oksalat Pada Umbi Porang*, no. April 1990. 2017.
- [13] L. Agustin and R. Agustina, "Komparasi Unjuk Kerja Peralatan Spektrofotometer UV-Vis Pada Penentuan Total Phenolic Content," *J. Tek. Ilmu dan Apl.*, vol. 8, no. 1, pp. 42–45, 2020.
- [14] L. E. Putri, P. Farmasi, U. Dharma, and A. Padang, "Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO<sub>4</sub> Dengan Metoda Spektroskopi UV Visible," *Nat. Sci. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 391–398, 2017.
- [15] M. B. Akhlaqi, Meryanilnda, and L. P. Ariyanto, "Pengaruh Konsentrasi Larutan Elektrolit dan Tegangan Arus Listrik terhadap Proses Electrorefining Tembaga," *JURITEK J. Ilm. Tek. Mesin, Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 2, pp. 125–136, 2025.
- [16] H. Bachty and Yohandri, "Rancang Bangun Sarung Tangan Pendeteksi Warna menggunakan Sensor TCS34725," *J. Pendidik. Tambusai*, vol. 8, pp. 29181–29190, 2024.
- [17] I. G. Y. Astawan, Y. Divayana, and P. Rahardjo, "Rancang Bangun Spectroscopy Optik Portabel Berbasis Arduino Micro," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 2, pp. 87–93, 2019.
- [18] N. Fajri, E. P. Cahya, and S. Sriyati, "Validasi Metode Analisis Konsentrasi Larutan Kopi berdasarkan Spektroskopi Absorpsi Cahaya," *JIPFRI (Jurnal Inov. Pendidik. Fis. dan Ris. Ilmiah)*, vol. 8, no. 1, pp. 51–59, 2024.
- [19] K. Sutanto *et al.*, "Purwarupa Sel Surya Berlapiskan Material Seng Oksida (ZnO) Menggunakan Metode," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 13, no. 3, 2025.
- [20] M. Toledo, *UV / Vis Spectrophotometry*. 2025.
- [21] D. D. Jati, D. Erwanto, and M. Alwi, "Spektrofotometer Android App Portable Untuk Larutan Berbasis," *J. Tek. Elektro Electron. Control. Telecommunication, Comput. Inf. Power Syst.*, vol. 10, no. 2, pp. 195–210, 2025.
- [22] S. Murathathunyaluk, M. Jinorose, K. Janpetch, N. Chanthapanya, and W. Sombatsri, "Development of machine learning enhanced low-cost spectrophotometer for pesticide prediction," *Measurement*, vol. 248, no. June 2024, p. 116890, 2025, doi: 10.1016/j.measurement.2025.116890.
- [23] R. Situmeang *et al.*, "Analysis Of Vitamin C In Uv-Vis Spectrophotometry By Smk-Smti Students At Bandar Lampung," *J. Kreat. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 194–202, 2023.
- [24] Muhamad Aldi Firdaus, Anggie Maulia, Syuja Rifka Khairyansyah, Gilang Nur Rosyid, and Diyajeng Luluk Karlina, "Studi dan Implementasi Gelombang Elektromagnetik dalam Berbagai Aplikasi," *J. Tek. Mesin, Ind. Elektro dan Inform.*, vol. 3, no. 4, pp. 223–235, Nov. 2024, doi: 10.55606/jtmei.v3i4.4547.
- [25] M. Abdulla, *Fisika Dasar II*. 2017. doi: 10.1017/CBO9780511983788.002.
- [26] Hernawati, "Optika." p. 120, 2014.
- [27] Febrian and R. F. Surakusumah, "Pengembangan Fitur Keselamatan Mekanikal Blue Light Therapy Berbasis Motor Linear Terintegrasi," *Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones.*, vol. 6, no. 1, pp. 31–43, 2024.
- [28] S. N. Farihah, Y. Guntara, and R. F. Septiyanto, "Rancang Bangun Sistem Ppms Uv-Iot Untuk Edukasi Kanker Kulit Dan Gelombang Elektromagnetik," *J. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 2, pp. 64–70, 2025.
- [29] P. D. Amelia and E. S. Ayu, "Penerapan Value Engineering Pada Proyek Konstruksi Laboratorium Poltekkes Kemenkes Jambi," vol. 05, no. 01, pp. 101–107, 2025.
- [30] M. M. Natonis *et al.*, "Smart Greenhouse Design Based Internet of Things (IoT) With Microcontroller Arduino Uno," *J. Tek. Inform.*, vol. 16, no. 1, pp. 35–44, 2023.
- [31] F. R. Aflah and M. F. Hamdani, "Penerapan Regresi Linier Berganda dalam Menilai Hubungan Antar Variabel dalam Penelitian

- Kuantitatif,” vol. 5, pp. 4195–4211, 2025.
- [32] L. S. Ihzaniah *et al.*, “Perbandingan Kinerja Metode Regresi K-Nearest Neighbor Dan Metode Regresi Linear Berganda Pada Data Boston Housing,” vol. 4, pp. 17–29, 2023.
- [33] A. R. Pangemanan, J. S. F. Sumarauw, and C. J. Supit, “Analisis Debit Banjir Dan Tinggi Muka Air Sungai Sario Di Titik Jembatan Kanaan Ranotana Weru, Kecamatan Wanea, Kota Manado,” vol. 22, no. 90, 2025.
- [34] H. H. Dukalang, “Financial Performance Analysis For Return On Assets With A Multiple Linier Regression Approach,” vol. 8, no. 2, pp. 42–50, 2020.