

DOI: doi.org/10.21009/03.SNF2022.01.FA.08

DESAIN DAN PENGEMBANGAN SPEKTROFOTOMETER CAHAYA TAMPAK UNTUK MENENTUKAN ABSORBANSI MAKSIMUM DARI PEWARNA MAKANAN DAN KLOOROFIL A DAUN BAYAM

Aminah Nurrahmawati^{1,a)}, Fadli Nauval^{2,a)}, Muhammad Miftahul Munir^{3,b)}

¹Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

²Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer, LAPAN, Bandung, Indonesia

³Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung, Indonesia

Email: ^{a)}aminahnurrahma@yahoo.co.id, ^{b)}miftah@fi.itb.ac.id

Abstrak

Sebuah spektrofotometer cahaya tampak telah didesain dan dikembangkan dengan menggunakan LDR sebagai detektor cahaya. LED putih digunakan sebagai sumber cahaya. Sumber cahaya difilter terlebih dahulu dengan menggunakan kertas filter monokromatis dengan variasi warna ungu, merah, biru, hijau dan jingga. Sampel yang diujikan pada spektrometer berupa pewarna makanan (merah, jingga, hijau dan biru) serta klorofil a daun bayam. Persamaan Lambert Beer digunakan untuk mengukur nilai absorbansi dari sampel, dengan menghubungkannya ke tegangan keluaran rangkaian LDR. Tegangan keluaran yang digunakan pada perhitungan berupa tegangan keluaran sampel saat dikenai cahaya yang difilter, tegangan keluaran pelarut (air) dan tegangan keluaran pada keadaan tanpa cahaya. Setiap sampel memiliki nilai absorbansi yang bervariasi ketika disinari cahaya yang terfilter. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa nilai absorbansi maksimum pada masing-masing pewarna makanan memberikan nilai akurasi yang sangat baik dimana sejalan dengan teori. Nilai absorbansi maksimum masing-masing pewarna makanan adalah : pewarna merah menyerap maksimum pada panjang gelombang warna hijau, pewarna biru pada warna jingga, pewarna jingga pada warna biru, pewarna hijau pada warna merah, dan klorofil a menyerap maksimum pada panjang gelombang warna ungu dan jingga.

Kata-kata kunci: Spektrofotometer, LED putih, LDR, Persamaan Lambert Beer

Abstract

A simple visible light spectrophotometer has been developed and designed using LDR as photodetector. White LED was used as light source. The light source was filtered using monochromatic (violet, red, blue, green, yellow, and orange) filter paper. The spectrometer was tested in several samples, such as food s (red, orange, green and blue) and chlorophyll a of spinach. The result of measurement were output voltage and the Absorbance of sample (A). And by using Lambert Beer equation, the absorbance which corresponds to the voltage output of samples was calculated. Not only samples voltage output but any other parameters such as the voltage of solvent (water) and zero condition (with no light) were also measured. They were needed to be put in the equation for finding the absorbance of samples. The result of research indicated that the maximum absorbance value of each sample agreed with the theory, so it can be concluded that the results had good accuration. The maximum absorbance that was obtain of each sample i.e : food colourings (red, blue, orange and green) each one of them absorbed green, orange, blue and red. And chloropyll absorbed violet and orange.

Keywords: spectrophotometer, white LED, LDR, Lambert Beer equation

PENDAHULUAN

Telah instrumen analisis, seperti spektrofotometer IR, spektrofotometer raman, spektrofotometer uv-vis, dsb yang diaplikasikan untuk analisis secara kimia, fisika dan mikro dan tersedia secara komersil. Namun kelemahannya instrumen-instrumen tersebut tidak ekonomis. Sehingga dibutuhkan suatu perancangan instrumentasi analistis yang ekonomis dan terjangkau, khususnya spektrofotometer cahaya tampak. Telah ada beberapa pengembangan spektrofotometer cahaya tampak.^{[1][2][8]} beberapa spektrofotometer cahaya tampak^{[1][2]} didesain tanpa sistem penampil dan penyimpan data. Absorbansi dan tegangan keluaran masih diukur secara manual, sehingga spektrofotometer ini kurang efisien untuk digunakan. Sedangkan spektrofotometer lainnya^[8] sebenarnya telah dikembangkan dengan baik, namun spektrofotometer tersebut masih menggunakan kamera sebagai detektor. Hal ini dapat menyebabkan pengukuran menghasilkan noise yang besar. Sehingga pada makalah ini, didesain spektrofotometer cahaya tampak yang sederhana dengan menggunakan beberapa komponen, seperti LDR, Arduino Uno, filter monokromatis, LED, kuvet, dan sampel berwarna. Sehingga diharapkan spektrofotometer yang dikembangkan dengan komponen-komponen terjangkau secara ekonomis, dapat memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan spesifikasinya dapat memenuhi kebutuhan untuk media pembelajaran skala laboratorium. Hubungan antara cahaya yang diserap dan ditransmisikan, serta antara konsentrasi dan absorbansi, dapat diteliti dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer. Namun spektrofotometer harus dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan bahan kimia berwarna dengan konsentrasi standar. Selanjutnya spektrofotometer memerlukan sebuah monokromator atau filter untuk menghasilkan panjang gelombang bervariasi dari sumber cahaya. Serta membutuhkan sebuah celah untuk menghasilkan rentang panjang gelombang yang lebih sempit. Nilai absorbansi harus dihitung untuk tiap panjang gelombang begitupun dengan tegangan keluaran pada saat keadaan tanpa cahaya (V_{zero}), tegangan keluaran pelarut (air) ($V_{solvent}$) dan tegangan keluaran dari sampel (V_{sample}). Dimana variabel-variabel tersebut mewakili nilai intensitas cahaya yang diserap dan ditransmisikan oleh sampel. Dan selanjutnya variabel-variabel tersebut digunakan untuk menghitung nilai absorbansi dengan menggunakan persamaan Labert-Beer.

METODOLOGI

Bahan yang Dibutuhkan



GAMBAR 1. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk perancangan spectrometer: (1) sumber cahaya, (2) filter monokromatis, (3) sampel dan kuvet

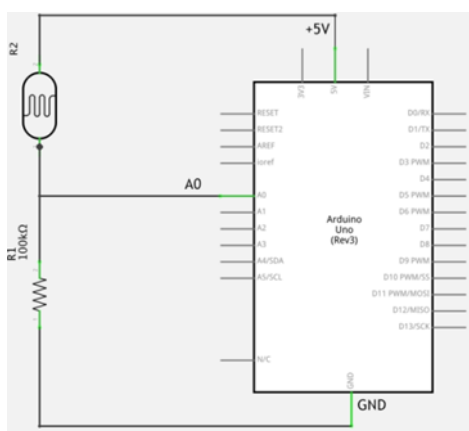
Sumber cahaya yang digunakan adalah LED putih 3mm. yang mana merupakan cahaya polikromatis sehingga harus difilter terlebih dahulu sebelum dilewatkan ke sampel.

Filter dibutuhkan untuk menghasilkan panjang gelombang spesifik dari sumber cahaya (LED putih). Cahaya dengan panjang gelombang spesifik memasuki sampel, dan selanjutnya sampel akan menyerap atau mentransmisi cahaya tersebut.

Sampel untuk spektrofotometer cahaya tampak harus berupa material berwarna dan tembus cahaya, dimana hal ini memenuhi persamaan Lambert Beer. Pewarna makanan dan klorofil a bayam dipilih sebagai sampel yang akan dianalisis. Kuvet merupakan wadah untuk sampel. Untuk menghindari pergeseran dari cahaya datang yang masuk ke sampel, maka kuvet harus memiliki sisi bidang yang datar. Hal ini sesuai dengan hukum Lambert Beer yang menyatakan bahwa cahaya harus melewati larutan yang memiliki penampang lintang yang sama.

Rangkaian Pembagi Tegangan yang Dihubungkan ke arduino Uno R3

Prinsip kerja LDR sangat sederhana, mirip seperti resistor variabel pada umumnya. LDR disambungkan ke rangkaian pengkondisi sinyal yaitu rangkaian pembagi tegangan. LDR yang dihubungkan dengan rangkaian pembagi tegangan, dapat menyambungkan atau memutus aliran arus berdasarkan intensitas cahaya sekitar. Semakin besar intensitas cahaya yang mengenai LDR maka semakin rendah resistansi LDR. Rangkaian pembagi tegangan digunakan supaya keluaran dari LDR dapat dibaca oleh arduino. Keluaran dari rangkaian dihubungkan ke pin analog (A2) untuk diproses.



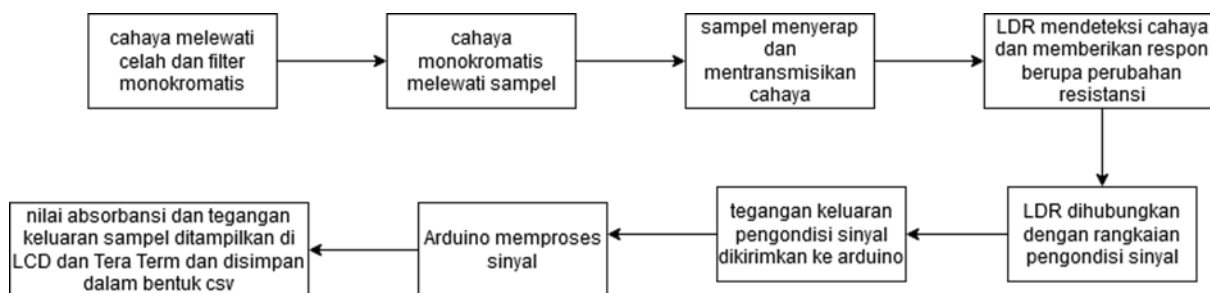
GAMBAR 2. Konstruksi LDR dengan rangkaian pembagi tegangan dan Arduino Uno R3

Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan didapatkan dari persamaan berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_{in} \tag{1}$$

Alur Kerja Spektrofotometer dan Perhitungan Nilai Absorbansi

GAMBAR 3 merupakan diagram blok sistem. Sampel di dalam kuvet disinari oleh cahaya monokromatis. Selanjutnya cahaya monokromatis yang ditransmisikan oleh sampel akan dideteksi oleh LDR. Respon dari LDR menyebabkan perubahan tegangan keluaran dari rangkaian pembagi tegangan. Selanjutnya tegangan keluaran akan dikirimkan ke arduino untuk diproses. Selanjutnya keluaran yang berupa tegangan keluaran dan nilai absorbansi akan ditampilkan pada LCD dan software Tera Term. Data-data tersebut akan tersimpan secara otomatis dalam bentuk csv dengan menggunakan software Tera Term. Sehingga data-data hasil pengukuran dapat diakses kapanpun.



GAMBAR 3. Diagram blok sistem

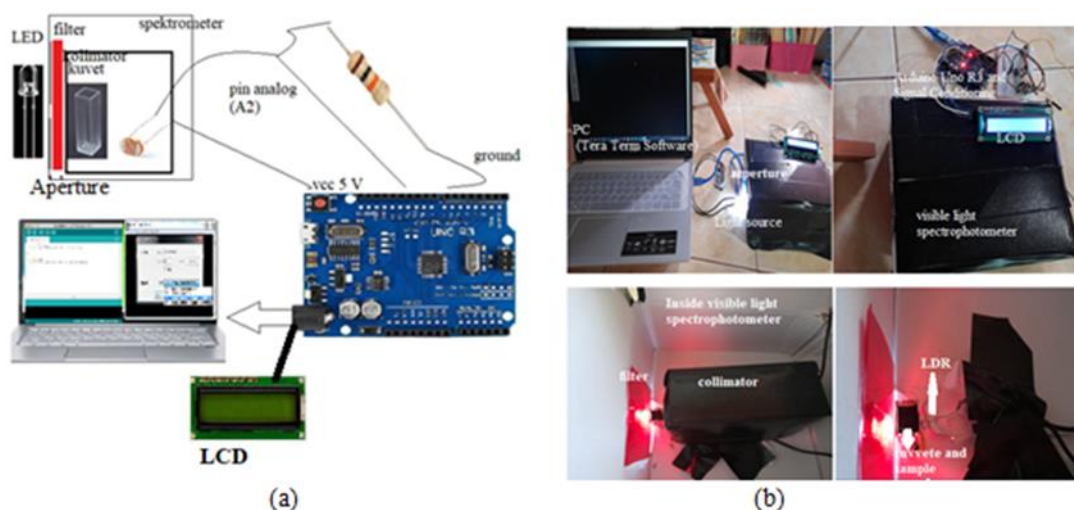
Nilai absorbansi sampel dihasilkan dari persamaan Lambert-Beer berikut :

$$A = -\log\left(\frac{I_0}{I}\right) = -\log_{10}\left(\frac{V_{\text{sampel}} - V_{\text{zero}}}{V_{\text{solvent}} - V_{\text{zero}}}\right) = \epsilon b c \quad (2)$$

Dengan :

- A = Absorbansi
- ϵ = koefisien ekstensi molar (cm^{-1}/M)
- b = panjang lintasan cahaya (cm)
- c = konsentrasi sampel
- V_{sampel} = tegangan keluaran yang dihasilkan dari sampel (V)
- V_{zero} = tegangan keluaran pada kondisi tanpa cahaya (V)
- V_{solvent} = tegangan keluaran yang dihasilkan dari pelarut (air) (V)

GAMBAR 4. Menampilkan desain awal (a) dan hasil rancangan dari spektrofotometer cahaya tampak. Satu kaki LDR dihubungkan ke pin 5 volt arduino sebagai catu daya ke rangkaian pembagi tegangan. Satu kaki resistor ($10\text{k}\Omega$) dihubungkan ke pin *ground* arduino. koneksi antara LDR and resistor dihubungkan ke pin analog (A2) arduino.



GAMBAR 4. (a) Desain perangkat keras spektrofotometer cahaya tampak, (b) spektrofotometer cahaya tampak yang telah dirancang.

Spektrofotometer terdiri dari kisi difraksi yang disusun antara sumber cahaya dan filter monokromatis. Selanjutnya sampel diletakkan di depan filter. Kolimator yang terdiri dari celah sempit diletakkan di antara sampel dan detektor. Kolimator digunakan untuk mengatur area persebaran cahaya yang ditransmisikan oleh sampel. Kolimator berperan penting agar cahaya menjalar menuju detektor secara koheren.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tegangan keluaran yang terukur pada kondisi tanpa cahaya (V_{zero}) adalah 0.006 V. kita tidak dapat mendefinisikan bahwa nilai tegangan keluaran pada kondisi tersebut selalu nol, melainkan harus diukur terlebih dahulu. Selanjutnya hasil tegangan keluaran saat pelarut (water) dikenai cahaya monokromatis ($V_{solvent}$) ditampilkan pada TABEL 1.

TABEL 1. $V_{solvent}$ air pada panjang gelombang spesifik

filters	Panjang gelombang pusat (nm)	Tegangan keluaran (V)
Merah	650	3.70
Ungu	410	3.97
Biru	470	3.44
Hijau	520	3.78
Kuning	580	3.81
Jingga	610	3.67

TABEL 2 Menampilkan tegangan keluaran dari setiap sampel setelah disinari cahaya monokromatis tertentu.

TABEL 2. Tegangan keluaran sampel

Filter	V_{out}				V_{out} (V)
	Pewarna Makanan (V)				
	Orange	Green	Red	Blue	Klorofil a
Merah	3.42	0.48	2.70	0.48	3.41
Ungu	4.18	1.48	3.16	0.88	3.57
Biru	3.65	1.30	3.46	1.12	3.63
Hijau	3.47	0.75	2.63	1.07	4.03
Kuning	3.6	1.35	3.77	1.46	3.82
Jingga	3.55	1.67	3.53	0.17	3.00

TABEL 3 Menampilkan nilai absorbansi (A) dari setiap sampel setelah disinari cahaya monokromatis tertentu

TABEL 3. Nilai absorbansi sampel

Filter	Absorbansi dari pewarna makanan				Absorbansi (A)
	(A)				
	Jingga	Hijau	Merah	Biru	Klorofil a
Merah	0.035	0.94	0.14	0.94	0.04
Ungu	0.02	0.44	0.1	0.68	0.05
Biru	0.262	0.43	0.002	0.50	0.024
Hijau	0.04	0.73	0.16	0.56	0.03
Kuning	0.025	0.463	0.004	0.43	0.001
Jingga	0.015	0.35	0.15	1.52	0.089

Dari TABEL 3 tampak bahwa pewarna makanan jingga didapatkan absorbansi tertinggi pada saat disinari cahaya berwarna biru (470 nm). Kemudian untuk pewarna makanan hijau, didapatkan nilai absorbansi maksimum saat menyerap warna merah (650 nm). Pewarna makanan merah menyerap secara maksimum cahaya berwarna hijau (520 nm). Dan pewarna makanan jingga memiliki absorbansi tertinggi saat disinari cahaya berwarna biru (470 nm). Sedangkan, klorofil a daun bayam memiliki nilai absorbansi tertinggi saat disinari warna ungu dan jingga (430 and 620 nm).

Untuk membuktikan apakah data-data pada TABEL 3 akurat, diberikan TABEL 4 untuk menampilkan perbandingan antara absorbansi secara teori/prediksi dan yang didapatkan oleh sampel dari pengukuran.

TABEL 4. Hasil Pengukuran VS nilai secara teori

Samples	Absorbansi teoritis/ prediksi (nm)	Hasil absorbansi terukur (data berdasarkan TABEL 3)
PM (merah)	496–570 [5]	Menyerap warna hijau
PM (biru)	590–620 [5]	Menyerap warna jingga
PM (jingga)	430–490 [6]	Menyerap warna biru
PM (hijau)	620–750 [5]	Menyerap warna merah
Klorofil a	430 and 662 [7]	Menyerap warna ungu dan jingga

Dapat dilihat pada TABEL 4, hasil absorbansi maksimum dari setiap sampel berada pada rentang spektrum yang sesuai dengan teori/prediksi. Hal ini membuktikan bahwa data yang didapatkan dari pengukuran dengan menggunakan alat yang dirancang memiliki akurasi yang baik. Sehingga dapat disimpulkan spektrofotometer cahaya tampak yang dirancang bekerja dengan baik.

SIMPULAN

Sebuah spektrofotometer cahaya tampak sederhana telah berhasil didesain dan didemonstrasikan. Desain alat sederhana dan terdiri dari komponen elektronik dan kimia yang terjangkau. Sehingga alat ini dapat digunakan untuk skala laboratorium dan bisa dikembangkan lebih lanjut untuk skala industri. Dengan memvariasikan filter cahaya, absorbansi yang didapatkan oleh tiap sampel sesuai dengan teori sehingga dapat disimpulkan hasil pengukuran memiliki nilai akurasi yang baik. Spektrofotometer dapat digunakan untuk mengkarakterisasi pewarna makanan dan klorofil a daun bayam. Informasi mengenai nilai absorbansi sampel-sampel tersebut dibutuhkan untuk menghitung konsentrasi dari sampel. Dimana informasi ini dibutuhkan oleh industri makanan dalam memproduksi makanan sehat dengan kadar konsentrasi zat pewarna makanan yang sesuai dengan yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterima kasih kepada Dr. Eng Muhammad Miftahul Munir yang telah membimbing serta memberi saran, masukan, dan dukungan kepada penulis. Sehingga penulis dapat menyelesaikan perancangan alat dan penyelesaian makalah.

REFERENSI

- [1] Alfonso, "A-simple-DIY-spectrophotometer," 2011, www.instructables.com/workshop.
- [2] J. T. Stewart and J. E. Thomas-Oates. "Build Your Own Spectrometer", *In : Education in Chemistry*, vol. 44, no. 5, pp. 151-154, 2007.
- [3] Shimadzu, "Color Value Measurement of Food Colourings by UV-VIS Spectrophotometer," 2018, www.shimadzu.com.
- [4] S. Kristianingrum, "Spektroskopi Ultra Violet dan Sinar Tampak," Universitas Negeri Yogyakarta, pp. 4-11, 2018.
- [5] "UV-Vis Exercise 1 Food Dye Analysis," *article Royal Society of Chemistry*, London, 2012, edu.rsc.org/resources/spectroscopy-in-a-suitcase-uv-vis-teacher-resources/941.
- [6] Washington Edu, "Color," *in depth.washington.edu/color*, 2018.
- [7] R. Angel and S. B. Nielsen, "Unraveling the Intrinsic Color of Chlorophyll," *in Angewandte Chemie*, Donostia, Spain, vol. 127, no. 7, pp. 2198-2201.

- [8] R. Afandi, “spektrofotometer cahaya tampak sederhana untuk menentukan gelombang serapan maksimum larutan $\text{Fe}(\text{SCN})_3$ dan CuSO_4 ,” Universitas Sumatera Utara, Medan, 2018.
- [9] R. M. Thomas, H. H. Strain and J. J. Katz, “Spectral absorption properties of ordinary and fully deuteriated chlorophylls a and b. Biochim,” *Biophys Acta*, vol. 75, pp. 306-311, 1963.
- [10] R. S. Khandpur, “Colorimeters and Spectrophotometers (Visible-Ultraviolet),” *3th edition*, New Delhi, India, McGraw Hill Education (India), 2015, pp. 2, 32
- [11] Thermoscientific, “Food Dyes and Beer’s Law,” *Thermo Fisher Scientific*, New York, 2019.

