Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya
Vol. 07, No.02, Page. 120-130, 2025
e-ISSN 2685-7065

PENGUJIAN PERFORMA ALAT SPECTRONIC 20D$^+$ DENGAN LARUTAN KALIUM PERMANGANAT ($KMnO_4$)

Rohmat Ismail[1*], Irma Wahyuningtyas [2], Manasye Erlangga[3], Esti Prihatini[4]

[1]Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
[2]Program Studi Pengolahan Hasil Hutan, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda.
[3]Material Assurance and Quality Improvement Department, PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia.
[4]Departemen Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor.
*E-mail: rohmatchemistry@apps.ipb.ac.id

Riwayat Article
Received: 2 August 2025; Received in Revision: 9 September 2025; Accepted: 12 September 2025

Abstract

The Spectronic 20D$^+$ is a simple spectophotometer that is still widely used in laboratories for both research and practicum activities. In order to ensure the continued accuracy of measurements, it is imperative that this instrument undergoes rigorous testing to ascertain its performance. The selection of potassium permanganate ($KMnO_4$) as the testing solution is particularly salient in this context, given its notable advantages over conventional alternatives such as cobalt (II) chloride and potassium dichromate. These alternatives, while widely employed, are associated with a higher degree of risk and cost. The objective of this study is to ascertain the performance of the Spectronic 20D$^+$ device when utilized with a KMnO4 solution. In this study, two units of Spectronic 20D$^+$ were utilized, with one unit receiving a filter cleaning treatment only (PF), and the other undergoing a filter cleaning and replacement of the wolfram lamp (PFL). The maximum wavelength test yielded a value of 515 nanometers on both devices prior to the initiation of the repair process. The results of measuring the standard solution show that there is an increase in the amount of light absorbed, the slope of the line, and the coefficient of determination (R^2). These were statistically tested with significantly different results on both tools after the repair process. This finding indicates that the measurement outcomes of the $KMnO_4$ solution can serve as a reliable metric for evaluating the performance of the device before and after the repair process. Furthermore, following the restoration of the tool, the optimal linear range for $KMnO_4$ concentration measurement was ascertained, ranging from 0 to 25 ppm. This determination was informed by the highest R^2 value and the outcomes of cuvette correction testing, which yielded a consistent molar permissivity significance value as determined by the Duncan test for the five cuvettes utilized in this study.

Keywords: Spectonic 20D$^+$, Equipment performance, Standard curve, Potassium permanganate

Abstrak

Alat Spectronic 20D$^+$ merupakan spektofotometer sederhana yang masih banyak digunakan di laboratorium baik untuk kegiatan penelitian maupun praktikum. Alat ini perlu dilakukan pengujian performanya agar tetap memiliki akurasi pengukuran yang baik dengan larutan potassium permanganate ($KMnO_4$) yang memiliki harga dan risiko bahaya yang lebih rendah dibandingkan standar larutan yang biasa digunakan yaitu kobalt (II) klorida dan potassium dikromat. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan performa alat Spectronic 20D$^+$ dengan larutan $KMnO_4$. Pada penelitian ini menggunakan dua unit Spectronic 20D$^+$ dengan perlakuan pembersihan filter saja (PF) serta pembersihan filter dan penggantian lampu wolfram (PFL). Hasil pengujian panjang gelombang maksimum didapatkan nilai 515 nm pada kedua alat tersebut yang diuji sebelum perbaikan. Hasil pengukuran larutan standar menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai absorban, gradien kurva dan koefisien determinasi (R^2) yang teruji secara statistika dengan hasil berbeda nyata pada kedua alat tersebut setelah proses perbaikan. Hal ini membuktikan bahwa hasil pengukuran larutan $KMnO_4$ dapat menggambarkan performa alat antara sebelum dan setelah proses perbaikan secara akurat. Selain itu, setelah alat diperbaiki didapatkan nilai rentang linear pengukuran konsentrasi $KMnO_4$ terbaik yaitu dari 0 hingga 25 ppm berdasarkan nilai R^2 tertinggi serta hasil pengujian koreksi kuvet menunjukkan nilai signifikasi permisivitas molar yang sama berdasarkan hasil uji Duncan untuk 5 buah kuvet yang digunakan dalam penelitian ini.

Keywords: Spectonic 20D$^+$, Performa alat, Kurva standar, Kalium permanganate

1. Introduction

Pekerjaan analisis kimia di laboratorium dapat bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kuantitatif pastinya membutuhkan instrumen untuk menentukan konsentrasi zat analat yang terkandung dalam sampel secara akurat. Salah satu metode analisis kuantitatif yang banyak digunakan adalah spektrofotometri. Prinsip dari metode ini adalah interaksi antara analat dengan jenis radiasi yang bersumber dari alat. Jenis radiasi yang digunakan yaitu sinar tampak, sinar UV, sinar inframerah maupun sinar X dengan perbedaan nilai rentang panjang gelombang dan energi radiasi (Dadi and Yasir, 2022). Alat Spectronic $20D^+$ merupakan salah alat dengan prinsip kerja spektrofotometri yang tergolong sangat sederhana dan mudah digunakan untuk kegiatan analisis di laboratorium. Spectronic $20D^+$ yang merupakan produk Thermo Spectronic ini merupakan generasi lanjutan dari Spectronic 20 yang masih analog dalam pembacaan absorbans/transmitans dan pengaturan panjang gelombangnya. Alat Spectronic $20D^+$ menggunakan sumber radiasi sinar tampak dengan rentang panjang gelombang 400–800 nm (Thompson, 2006). Kegiatan manajemen laboratorium dapat berfokus pada pemeliharaan peralatan dan sarana penunjang yang berada di dalamnya seperti alat Spectronic $20D^+$. Kegiatan ini sangat penting karena terkait dengan masa pakai dan optimalisasi pemanfaatannya untuk mendukung kegiatan praktikum dan penelitian. Salah satu kegiatan pemeliharaan alat dikerjakan di laboratorium adalah pengujian kinerja alat untuk kegiatan analisis. Tahapan pengambilan data hasil uji kinerja alat yaitu observasi langsung terhadap alat, studi litelatur metode uji dari sumber pustaka yang relevan, membuat rancangan metode lalu mengerjakannya secara teliti. Manfaat dari diterapkannya data hasil uji kinerja alat ialah dapat meningkatkan kualitas pelayanan laboratorium pada aspek penyediaan alat dengan hasil akurasi pengukuran data yang tinggi (Farell *et al.*, 2023).

Uji kinerja spektrofotometer UV-Vis terdiri atas enam parameter, yaitu akurasi dan kedapatulangan panjang gelombang (*wavelength reproducibility and accuracy*), *stray light*, resolusi, serta akurasi dan kedapatulangan fotometrik (*photometric reproducibility and accuracy*). Akurasi dan kedapatulangan panjang gelombang dapat diuji menggunakan larutan holmium oksida (holmium oksida 4% dalam asam perklorat 10% menggunakan sel kuvet 1 cm). Larutan tersebut sangat umum digunakan sebagai standar panjang gelombang yang serbaguna. Nilai yang dapat diterima sebesar ±1 nm dalam rentang sinar UV (200–380 nm) dan ±3 nm dalam rentang sinar tampak (380–800 nm). Pengujian parameter *stray light* menggunakan tiga larutan berbeda sesuai rentang panjang gelombang diukur. Rentang 175–200 nm diukur pada 200 nm menggunakan larutan KCl 12 g/L, rentang 210–260 nm diukur pada 220 nm menggunakan larutan NaI 10 g/L, dan rentang 300–385 nm diukur pada 340 nm menggunakan $NaNO_2$ 50 g/L. Parameter resolusi diuji menggunakan larutan toluena 0,02% v/v dalam heksana (*UV grade*) dengan nilai yang dapat diterima berupa nisbah antara λ_{maks} (269 nm) dan λ_{min} (266 nm) > 1,5. Akurasi dan kedapatulangan fotometrik diukur menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$ 60,06 mg/L dalam H_2SO_4 0,005 M yang dapat mencakup daerah UV maupun sinar tampak. Serapan larutan tersebut diukur pada 235, 257, 313, dan 350 nm sebanyak 6 kali ulangan dengan nilai simpangan baku relatif (RSD) < 0,5% (Lahm, 2004).

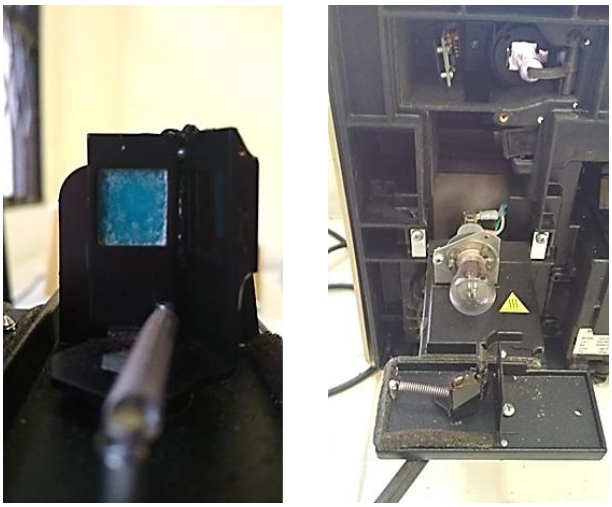
Kalium permanganat ($KMnO_4$) terdiri atas dua ion, yaitu kation kalium dan anion permanganat. Senyawa ini bersifat oksidator dan dapat menyerap sinar hijau pada daerah sinar tampak yang memiliki warna komplementer, yaitu ungu. Kemampuan $KMnO_4$ yang dapat menyerap sinar tampak menjadikannya sebagai senyawa yang dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Senyawa $KMnO_4$ telah dikenal sebagai salah satu reagen pemberi warna (kromogenik) dalam analisis senyawa organik menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Penelitian yang dilakukan oleh (El-Didamony et al., 2013) telah melaporkan bahwa $KMnO_4$ dapat digunakan dalam analisis kuantitatif dua antibiotik, yaitu sefoperazon dan amoksisilin melalui metode langsung dan tak langsung. Metode langsung dilakukan melalui reaksi antara $KMnO_4$ dan sampel antibiotik dalam suasana basa yang menghasilkan produk berupa ion manganat berwarna hijau kebiruan pada λ_{maks} 610 nm. Metode tak langsung dilakukan melalui reaksi oksidasi sampel oleh $KMnO_4$ berlebih dalam suasana asam dan $KMnO_4$ yang tak bereaksi diukur menggunakan biru metilena pada λ_{maks} 665 nm. Dua metode ini terbukti menghasilkan keterulangan yang baik dengan nilai %RSD < 3, sensitif, dan hanya membutuhkan sistem kalibrasi sederhana yang berbiaya rendah (El-Didamony et al., 2013). Tujuan penelitian ini ialah menguji kinerja alat Spectronic $20D^+$ menggunakan larutan kalium permanganate sehingga metode ini dapat dijadikan sebagai metode dasar untuk melakukan pengecekan kinerja dari alat Spectronic 20 D^+ karena pengerjaan dan penggunaan bahan kimia yang sangat sederhana.

2.Methodology

2.1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah dua unit spektronic $20D^+$ (Thermospectronic) dengan perlakuan pembersihan filter radiasi saja (PF) serta pembersihan filter radiasi dan penggantian lampu wolfram (PFL) (Gambar 1), kuvet, labu takar 250 mL, Labu takar 100 mL, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas piala 100 mL, kaca arloji, batang pengaduk, sudip, pipet Mohr 5 mL, bulp, botol semprot dan corong kaca.

(a) (b)



(c) (d)

Gambar 1. Alat spektronic 20D+ (a) PF (b) PFL dan bagian yang diperbaiki (c) filter radiasi (d) lampu wolfram

2.2. Bahan

Bahan kimia yang diperlukan adalah kalium permanganat ($KMnO_4$) (Merck), air akuades, dan tissu.

2.3. Metode

Penentuan panjang gelombang maksimum dan kurva standar larutan $KMnO_4$

Pembuatan stok larutan standar dibuat dengan menimbang 0,025 g $KMnO_4$ dengan neraca analitik lalu dilarutkan dalam gelas piala 100 mL. Larutan yang sudah homogen, dituangkan ke dalam labu takar 250 mL dan tera dengan akuades. Larutan stok dengan konsentrasi 100 ppm ini digunakan untuk membuat deret standar dengan konsentrasi 0, 2, 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L (Adeeyinwo, Okorie and Idowu, 2013). Konsentrasi 25 mg/L diukur secara kontinyu pada rentang panjang gelombang 475 nm sampai 550 nm untuk menentukan panjang gelombang dengan nilai absorbansi maksimumnya. Penentuan panjang gelombang maksimum ini diuji pada alat Spectronic $20D^+$ yang belum diperbaiki. Setelah itu, deret larutan standar diukur dengan alat spektronik $20D^+$ pada panjang gelombang maksimumnya. Setiap level konsentrasi larutan standar diukur sebanyak 5 kali ulangan secara berurutan. Pengukuran larutan deret standar ini dilakukan pada kondisi alat sebelum dan setelah perbaikan (Pradhan and Tarafder, 2016).

Penentuan rentang linear

Pengujian rentang linear setelah perbaikan alat Spectronic 20D$^+$ dilakukan dengan membuat larutan standar dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, dan 55 mg/L lalu diukur pada panjang gelombang maksimumnya. Rentang konsentrasi dengan linearitas terbaik ditentukan dengan nilai koefisien determinasi tertinggi pada kurva standarnya (Hao *et al.*, 2023).

Koreksi kuvet

Larutan standar konsentrasi 2 mg/L disiapkan secara akurat dengan labu takar 100 mL. Larutan standar tersebut diukur dengan 5 kuvet berbeda. Setiap kuvet dikukur 5 kali pada panjang gelombang 515 nm dengan kondisi alat Spectronic PFL yang sudah diperbaiki. Lakukan perhitungan untuk menentukan absortivitas molarnya dengan persamaan (1) berikut ini (Hervey *et al.*, 2022):

$$A = \varepsilon.b.c \text{ maka } \varepsilon = b.c/A \qquad (1)$$

Keterangan:
A: Absorban
ε: Absortivitas molar
B: Tebal kuvet (cm)
C: Konsentrasi larutan

2.4. Analisis data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan uji T berpasangan (nilai alpha=0,5) pada data hasil pengukuran larutan standar $KMnO_4$ dengan Microsoft Excel dan uji ANOVA lalu post hoc Duncan (alpha=0,5) pada data hasil koreksi kuvet menggunakan program IBM SPSS Statistics (*Statistical Package for Service Solutions*) versi 25.0. Uji Duncan menggunakan persamaan (2) berikut (Agbangba *et al.*, 2024):

$$R_p = r_{\alpha,p,v}\sqrt{MSE/n} \qquad (2)$$

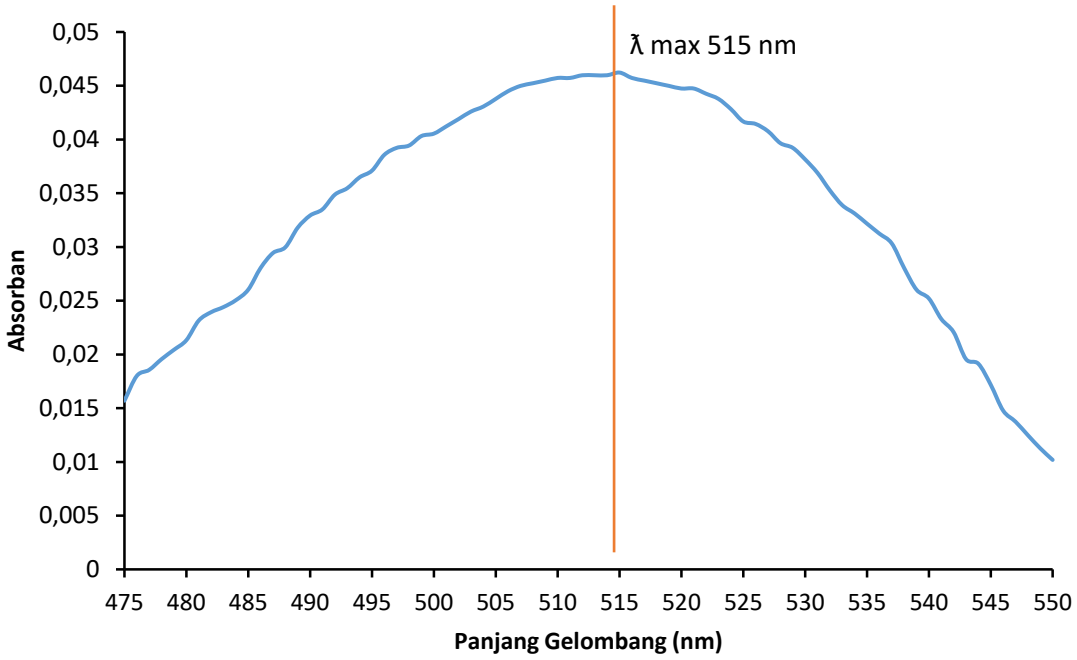
Keterangan:
MSE : Mean squared error
r : pengulangan
α.p,v : Rentang nilai siginfikan uji Duncan
n : nilai derajat kebebasan.

3. Results and Discussion

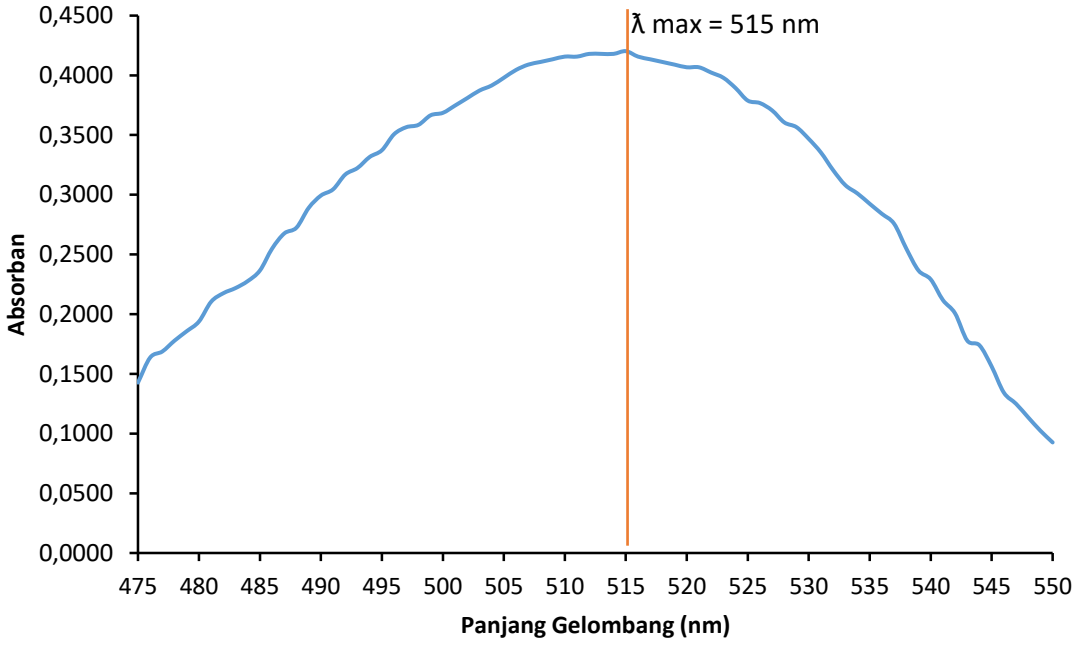
Pengujian performa alat spektronic 20D$^+$ dalam penelitian ini menggunakan larutan $KMNO_4$. Hal ini dilakukan karena $KMNO_4$ memiliki harga yang lebih murah dibandingkan kobalt klorida heksahidrat ($CoCl_2$. 6H2O) dan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$). Jika menggunakan kalkulasi harga biaya bahan kimia untuk $KMNO_4$ adalah Rp 2.388 per gram, $CoCl_2$. 6H2O adalah Rp 44.410 per gram, dan $K_2Cr_2O_7$ adalah Rp 9.900 per gram. Selain itu, berdasarkan data dari MSDS (*Material Safety Data Sheet*) $KMNO_4$ memiliki level 1, $CoCl_2$. $6H_2O$ memiliki level 2 dan $K_2Cr_2O_7$ memiliki level 4 untuk kategori bahaya kesehatan (Ismail and Prihatini, 2023). Dengan demikian dapat dipastikan bahwa tingkat bahaya $KMNO_4$ paling rendah. Pelarut yang digunakan pun lebih ekonomis dan tidak berbahaya yaitu hanya air akuades tanpa penambahan asam sulfat maupun asam klorida (Hartonen and Riekkola, 2017).

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah penentuan panjang gelombang dengan nilai absorbansi maksimum dalam pengukuran larutan $KMnO_4$ konsentrasi 25 mg/L. Pengukuran panjang gelombang maksimum (λmax) telah terbukti dapat meningkatkan perbedaan dalam ekstinksi per satuan konsentrasi (ΔA/Δc), sehingga meningkatkan sensitivitas analitis. Pada panjang gelombang maksimum, Hukum Beer diikuti dengan paling akurat, sehingga mengurangi penyimpangan yang disebabkan oleh radiasi dari sumber cahaya yang tidak terfokus, kebisingan instrumen, dan efek matriks. Pemilihan λmax juga bertujuan untuk meminimalkan gangguan dari spesies penyerap lain yang menunjukkan penyerapan lebih rendah pada panjang gelombang tersebut (Nandiyanto, Ragadhita and Aziz, 2023). Pada penelitian ini didapatkan hasil λmax sebesar 515 nm pada dua sampel alat Spektronic yang diuji performanya (Gambar 2). Hasil ini masih sesuai dengan penelitian dari Nuhu, Sallau and Tukur (2015) yang melakukan scanning

λmax $KMnO_4$ pada rentang panjang gelombang 450 nm – 700 nm dengan Spektrofotomater Jenway tipe 6405.



(a)



(b)

Gambar 2. Spektrum absorbansi dengan puncak pada 515 nm untuk hasil pengukuran alat spektronic $20D^+$ (a) PF (b)PFL sebelum perbaikan.

Analisis statistik pada hasil pengujian penggunaan alat Spectronic PF terkait absorbansi larutan $KMnO_4$ dengan berbagai konsentrasi dapat diamati pada Tabel 1. Sebelum perbaikan, nilai absorbansi pada blanko menunjukkan angka rataan 0.073 ± 0.003 dengan simpangan baku sebesar 3.57%. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat ketidaktelitian yang tinggi pada instrument yang menyebabkan pembacaan angka tidak nol pada blanko. Nilai positif yang ditampilkan pada blanko menunjukkan sampel memiliki kadar analit yang lebih tinggi (Workneh *et al.*, 2024). Setelah perbaikan, nilai absorbansi yang diperoleh pada blanko yang diuji

menggunakan alat tersebut berhasil mengalami penurunan absorbansi dan simpangan baku hingga bernilai nol. Dengan demikian, kalibrasi alat berhasil meningkatkan performa alat sehingga alat tersebut dapat bekerja lebih akurat dalam mendeteksi gelombang (Irawan, 2019).

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi larutan $KMnO_4$ dengan berbagai konsentrasi pada kondisi sebelum dan sesudah perbaikan menggunakan Spectronic PF

No	Standar	Konsentrasi (mg/L)	Hasil pengukuran (Abs)					Rataan	SD	% RSD
			1	2	3	4	5			
Sebelum perbaikan										
1	Level 1	Blanko	0.073	0.077	0.074	0.072	0.069	0.073	0.003	3.57
2	Level 2	2	0.086	0.084	0.075	0.074	0.073	0.078	0.005	6.97
3	Level 3	5	0.088	0.089	0.085	0.081	0.079	0.084	0.004	4.59
4	Level 4	10	0.090	0.091	0.087	0.086	0.088	0.088	0.002	2.10
5	Level 5	15	0.093	0.092	0.093	0.092	0.092	0.092	0.000	0.53
6	Level 6	20	0.099	0.098	0.099	0.097	0.098	0.098	0.001	0.76
7	Level 7	25	0.115	0.111	0.113	0.115	0.116	0.114	0.002	1.57
Setelah perbaikan										
1	Level 1	Blanko	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
2	Level 2	2	0.085	0.088	0.096	0.092	0.088	0.090	0.004	4.75
3	Level 3	5	0.165	0.180	0.165	0.181	0.168	0.172	0.008	4.68
4	Level 4	10	0.243	0.242	0.249	0.252	0.247	0.247	0.004	1.69
5	Level 5	15	0.332	0.334	0.331	0.330	0.330	0.331	0.002	0.50
6	Level 6	20	0.496	0.504	0.498	0.500	0.482	0.496	0.008	1.69
7	Level 7	25	0.608	0.608	0.608	0.604	0.592	0.604	0.007	1.15

Angka rataan yang dihasilkan pada pengujian absorbansi larutan dengan konsentrasi yang meningkat juga menunjukkan peningkatan yang linear setelah dilakukan perbaikan. Pada larutan level 2 (konsentrasi 2 mg/L), nilai rataan absorbansi meningkat dari 0.078 ± 0.005 menjadi 0.090 ± 0.004. Nilai persentase simpangan baku relatif (%RSD) yang diperoleh pada sampel tersebut yang semula 6.97% menurun ke angka 4.75%, yang artinya terjadi peningkatan ketelitian pada alat Spectronic PF karena hasil pengulangan pengujian yang semakin homogen. Begitu pula yang terjadi pada sampel lainnya, nilai absorbansi yang terbaca pada alat linear dan semakin meningkat seiring dengan peningkatan level konsentrasi $KMnO_4$. Setelah perbaikan, nilai absorbansi tersebut mengalami peningkatan yang konsisten, mengindikasikan bahwa alat Spectronic PF memiliki sensitivitas dan stabilitas yang lebih baik dalam mendeteksi penambahan konsentrasi larutan (Pramudya, Kumara and Divayana, 2024).

Tabel 2 memuat hasil analisis statistik dari performa alat Spectronic PFL yang ditinjau melalui pengukuran absorbansi larutan $KMnO_4$ dengan berbagai konsentrasi. Sebelum perbaikaan, nilai rataan absorbansi pada blanko tercatat sebesar 0.203 ± 0.003 dengan nilai simpangan baku 1.54%, sedangkan secara teoritis nilai absorbansi pada blanko seharusnya mendekati nol. Dalam hal ini, terdapat indikasi terjadinya error yang cukup tinggi yang mempengaruhi akurasi hasil analisis. Setelah perbaikan, nilai absorbansi dan simpangan baku pada blanko menurun hingga titik nol, yang artinya akurasi pembacaan pada alat tersebut meningkat.

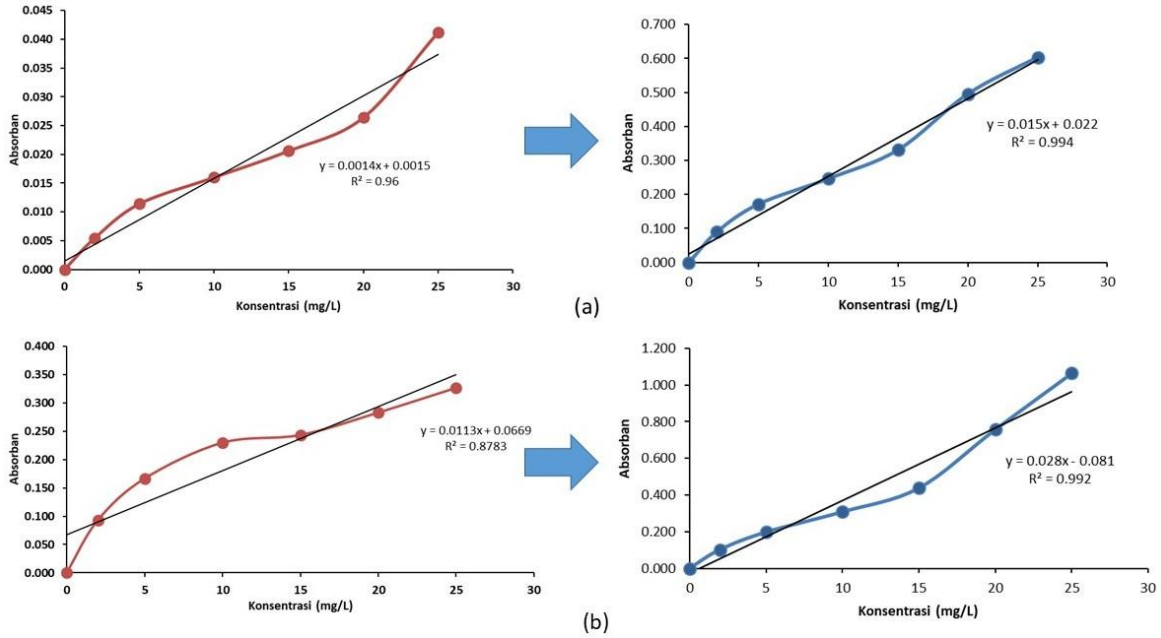
Tabel 2. Hasil pengukuran absorbansi larutan $KMnO_4$ dengan berbagai konsentrasi pada kondisi sebelum dan sesudah perbaikan menggunakan Spectronic PFL

No	Standar	Konsentrasi (mg/L)	Hasil pengukuran (Abs)					Rataan	SD	% RSD
			1	2	3	4	5			
Sebelum perbaikan										
1	Level 1	Blanko	0.198	0.202	0.203	0.205	0.206	0.203	0.003	1.54
2	Level 2	2	0.210	0.216	0.206	0.218	0.277	0.225	0.029	12.97
3	Level 3	5	0.326	0.329	0.329	0.327	0.321	0.326	0.003	1.01
4	Level 4	10	0.400	0.402	0.402	0.404	0.404	0.402	0.002	0.42
5	Level 5	15	0.445	0.450	0.444	0.442	0.449	0.446	0.003	0.76
6	Level 6	20	0.482	0.484	0.484	0.488	0.490	0.486	0.003	0.68
7	Level 7	25	0.526	0.528	0.528	0.532	0.532	0.529	0.003	0.51
Setelah perbaikan										
1	Level 1	Blanko	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00
2	Level 2	2	0.105	0.097	0.105	0.100	0.107	0.103	0.004	4.03
3	Level 3	5	0.201	0.195	0.200	0.197	0.198	0.198	0.002	1.20
4	Level 4	10	0.313	0.308	0.312	0.302	0.309	0.309	0.004	1.40
5	Level 5	15	0.440	0.438	0.446	0.432	0.438	0.439	0.005	1.14
6	Level 6	20	0.754	0.762	0.760	0.766	0.750	0.758	0.006	0.84
7	Level 7	25	1.070	1.070	1.080	1.070	1.035	1.065	0.017	1.63

Hal yang serupa juga terjadi pada absorbansi larutan $KMnO_4$ yang konsentrasinya meningkat. Peningkatan akurasi yang signifikan diperoleh pada setiap level konsentrasi setelah dilakukan perbaikan pada Spectronic PFL. Contohnya pada larutan level 2 (konsentrasi 2 mg/L), nilai rataan yang diperoleh sebelum dan sesudah perbaikan berturut-turut yaitu 0.225 ± 0.029 dan 0.103 ± 0.004, %RSD yang semula 12.97% menurun menjadi 4.03%. Hasil ini menunjukkan nilai performa yang meningkat karena nilai %RSD sudah dibawah 5% (Prihatini *et al.*, 2023). Berdasarkan simpangan baku tersebut membuktikan bahwa terdapat variabilitas absorbansi yang tinggi akibat peralatan yang tidak stabil ketika dilakukan pengukuran dengan konsentrasi rendah. Dengan demikian, perbaikan pada alat menyebabkan keterbacaan alat menjadi lebih presisi dalam menghasilkan data yang seragam, dibuktikan dengan nilai simpangan baku yang menurun drastis. Peningkatan nilai rataan yang linear juga ditunjukkan pada level konsentrasi $KMnO_4$ tanpa adanya error pada sampel. Secara keseluruhan, perbaikan Spectronic PFL berhasil meningkatkan akurasi pengukuran dalam melakukan analisis kuantitatif $KMnO_4$ yang diujikan.

Hasil penelitian ini juga didukung dengan grafik hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi yang direpresentasikan dengan persamaan regresi linear dan koefisien determinasi (R^2), yang ditampilkan pada Gambar 3. Terlihat pada Gambar 3a dan 3b, nilai R^2 yang dihasilkan menunjukkan peningkatan setelah dilakukan perbaikan pada kedua alat spectronic yang digunakan. Pada alat Spectronic PFL, nilai R^2 yang semula 0.96 meningkat menjadi 0.994. Begitu pula pada alat Spectronic PF yang menunjukkan peningkatan nilai R^2 dari 0.8783 menjadi 0.992 setelah perbaikan. Nilai R^2 yang mendekati angka 1 dapat diinterpretasikan sebagai pengaruh konsentrasi sebagai variabel bebas yang semakin kuat terhadap absorbansi yang berperan sebagai variable terikat (Hasibuan, Yurmaini and Erliyanti, 2023). Selain itu, *slope* dalam grafik juga menunjukkan sensitivitas alat terhadap perubahan konsentrasi. Semakin tinggi *slope*, maka semakin besar pula perubahan absorbansi untuk setiap peningkatan konsentrasi. Pada alat Spectronic PFL, terjadi sedikit peningkatan pada nilai *slope* dalam grafik, yaitu dari 0.0014 menjadi 0.015. Sama halnya dengan hal tersebut, peningkatan *slope* juga terjadi pada alat Spectronic PF dari 0.0113 menjadi 0.028. Hal ini mengindikasikan bahwa setelah dilakukan perbaikan, kedua alat tersebut dinilai menjadi lebih sensitif, yang mana dapat dikatakan bahwa

sedikit perubahan pada konsentrasi mampu menghasilkan perubahan absorbansi yang besar sehingga meningkatkan kinerja deteksi alat pada konsentrasi rendah.

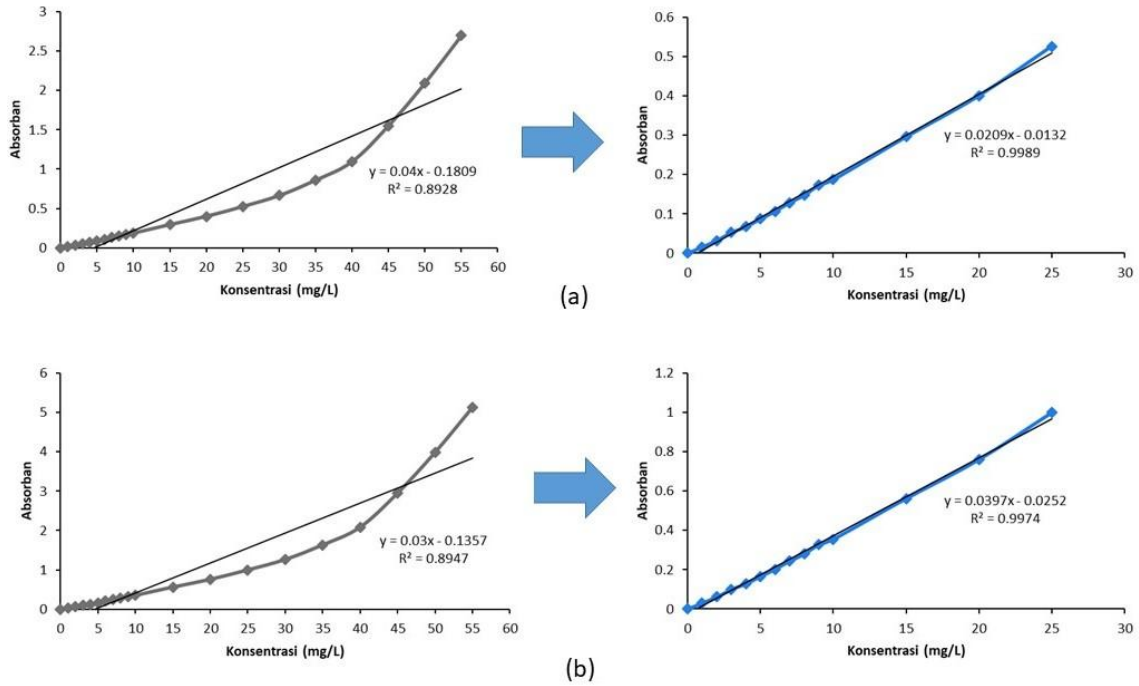


Gambar 3. Kurva standar hasil pengukuran sebelum dan setelah perbaikan pada alat spektronic (a) PFL (b) PF

Tabel 3. Hasil uji T berpasangan pada hasil pengukuran absorban larutan $KMnO_4$ dengan berbagai konsentrasi pada kondisi setelah dan sebelum perbaikan alat.

Paramater uji	Hasil analisis	
	Spectronic PF	Spectronic PFL
t Stat	4.0441	4.4033
P(T<=t) one-tail	0.0049	0.0035
t Critical one-tail	2.0150	2.0150
P(T<=t) two-tail	0.0099	0.0070
t Critical two-tail	2.5706	2.5706

Hasil uji T berpasangan (Tabel 3) menunjukkan bahwa nilai t Stat pada Spectronic PF dan PFL secara berurutan yakni 4.0441 dan 4.4033. Kedua nilai t Stat tersebut masih lebih tinggi dibandingkan nilai t Critical, baik untuk one-tail (2.0150) maupun two-tail (2.5706). Artinya, terdapat perbedaan yang nyata antara hasil pengukuran absorbansi pada kondisi sebelum dan setelah perbaikan alat pada tingkat kepercayaan 95%. Selain itu, nilai probabilitas P ($T \leq t$) juga mendukung pernyataan tersebut. Nilai P one-tail pada Spectronic PF (0.0049) dan Spectronic PFL (0.0035) maupun nilai P two-tail pada Spectronic PF (0.0099) dan Spectronic PFL (0.0070) sama-sama memiliki nilai di bawah 0.05, sehingga perbedaan hasil pengukuran absorbansi sebelum dan sesudah perbaikan dinilai signifikan secara statistik (Al-kassab and Majeed, 2022). Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa perbaikan alat berdampak nyata dalam meningkatkan performa alat dan mampu meminimalisasi error, meningkatkan sensitivitas instrumen, dan menghasilkan data yang lebih valid.



Gambar 4. Rentang linear kurva standar larutan $KMnO_4$ hasil pengukuran alat spektronic $20D^+$ (a) PF (b)PFL setelah perbaikan.

Gambar 4 menunjukkan penentuan rentang linear konsentrasi larutan $KMnO_4$ dengan absorbansi setelah perbaikan. Nilai ini diperoleh dari kurva kalibrasi dengan menggambarkan hubungan antara nilai absorbansi dengan konsentrasi larutan standar. Penentuan rentang linear ini sangat penting untuk kuantifikasi akurat dalam spektrofotometri, karena pengukuran di luar rentang ini dapat menyebabkan kalibrasi non-linear dan hasil yang salah. Rentang kerja merujuk pada rentang konsentrasi yang lebih luas yang menghasilkan ketidakpastian yang dapat diterima; rentang ini dapat melampaui wilayah linear jika kriteria presisi dan akurasi metode tetap terpenuhi (Dadi and Yasir, 2022). Berdasarakan Gambar 4, nilai R^2 pada alat Spectronic PFL dan PF berturut-turut adalah 0.8928 dan 0.8947, kemudian terjadi peningkatan nilai R^2 setelah dilakukan perbaikan pada kedua alat, yaitu secara berurutan menjadi 0.9989 dan 0.9974. Dengan demikian, metode analisis pada alat Spectronic PFL dan PF dapat dikatakan linear karena menghasilkan nilai keterbacaan absorbansi yang baik pada rentang konsentrasi 0 – 25 mg/L.

Tabel 4. Hasil pengujian koreksi kuvet yang digunakan dalam uji performa alat spectronic $20D^+$

Ulangan	Nilai Absorban Kuvet ke-					
	1	2	3	4	5	6
1	0.072	0.090	0.096	0.087	0.094	0.092
2	0.073	0.091	0.086	0.089	0.087	0.087
3	0.071	0.089	0.087	0.088	0.087	0.090
4	0.075	0.090	0.087	0.090	0.082	0.090
5	0.075	0.090	0.089	0.090	0.096	0.088
Rataan	0.073	0.090	0.089	0.089	0.089	0.089
SD	0.0018	0.0007	0.0041	0.0013	0.0057	0.0019
%RSD	2.44	0.79	4.56	1.47	6.41	2.18
ε (abs/cm.mg/L)	0.0000^a	0.0084^b	0.0079^b	0.0078^b	0.0080^b	0.0081^b

$^{a–b}$ Nilai yang diikuti huruf berbeda merupakan nilai yang secara signifikan berbeda nyata berdasarkan uji *Duncan*

Berdasarkan Tabel 4, nilai rataan absorbansi kuvet berkisar antara 0.073 ± 0.0018 hingga 0.090 ± 0.0007, menunjukkan bahwa semua kuvet yang digunakan memiliki nilai yang seragam dan stabil. Hal ini dibuktikan dengan signifikasi yang sama berdasarkan hasil uji Duncan pada kuvet 2-6 yang mengukur larutan $KMnO_4$ dan signifikasi yang berbeda terhadap kuvet 1 sebagai blanko yang mengukur air akuades. Metode uji Duncan dipilih karena memiliki kekuatan statistik yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji perbandingan berganda lainnya, seperti metode Newman-Keuls. Hal ini berarti lebih akurat untuk menentukan tingkat keseragaman nilai absortivitas molar pada kuvet yang diujikan (Kim, 2015). Nilai simpangan baku relatifnya juga membuktikan presisi yang baik dengan kisaran nilai antara 0.79% hingga 6.41%, yang mana masih dapat diterima dalam analisis kuantitatif. Nilai standar deviasi yang rendah mengindikasikan bahwa tidak adanya penyimpangan yang signifikan dari hasil pengukuran absorbansi. Hal ini didukung oleh kemampuan kuvet untuk meneruskan cahaya secara konsisten yang dibuktikan dengan nilai absorptivitas molar (ε) yang seragam. Koreksi kuvet ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua kuvet yang digunakan dalam pengujian performa alat ini absortivitas molar yang sama sehingga akurasi data tetap dipertahankan meskipun dengan kuvet yang berbeda (Hervey *et al.*, 2022). Hasil pengamatan pada data table 4 dapat menunjukkan bahwa hasil koreksi kuvet tidak ada perbedaan nilai absortivitas molar secara statistic pada semua kuvet yang digunakan dalam penelitian ini.

4. Conclusion

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan kalium permanganate dapat digunakan untuk menentukan performa alat Spectronic $20D^+$ dengan indikasi dapat terlihat secara signifikan kenaikan dari hasil pengukuran absorban serta R^2 nya dalam kondisi sebelum dan setelah perbaikan alat pada panjang gelombang maksimunya yaitu 515 nm dan rentang linear 0-25 ppm. Selain itu, lima buah kuvet yang digunakan dalam penelitian memiliki nilai absortivitas molar dengan signifikasi yang sama berdasarkan hasil uji Duncan.

Acknowledgement

Ucapan terimaksih disampaikan kepada Laboratorium Kimia Anorganik, Departemen Kimia FMIPA IPB University atas dukungan alat Spectronic $20D^+$ yang diujikan dan proses pengerjaannya dalam penelitian ini.

References

Adeeyinwo, C.E., Okorie, N.N. and Idowu, G.O. (2013) 'Basic calibration of UV/visible spectrophotometer', *International Journal of Science and Technology*, 2(3), pp. 247–251.

Agbangba, C.E. *et al.* (2024) 'On the use of post-hoc tests in environmental and biological sciences: A critical review', *Heliyon*, 10(3), p. e25131. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25131.

Al-kassab, M. and Majeed, A. (2022) 'The Use Of Two-Sample T-Test In The Real Data', *Advances and Applications in Statistics*, 81, pp. 13–22. https://doi.org/10.17654/0972361722071.

Dadi, M. and Yasir, M. (2022) 'Spectroscopy and Spectrophotometry: Principles and Applications for Colorimetric and Related Other Analysis', in. https://doi.org/10.5772/intechopen.101106.

El-Didamony, A.M., Saad, M.Z. and El-Shaprawy, D.S. (2013) 'Direct and indirect spectrophotometric determination of some selected antibiotics using potassium permanganate', *Main Group Chemistry*, 12(2), pp. 139–152. https://doi.org/10.3233/MGC-130096.

Farell, G. *et al.* (2023) 'Prediction Analysis of Laboratory Equipment Depreciation Using Supervised Learning Methods', *TEM Journal*, 12, pp. 1525–1532. https://doi.org/10.18421/TEM123-33.

Hao, L. *et al.* (2023) 'Determination of trace potassium permanganate in tap water by solid phase extraction combined with spectrophotometry', *Heliyon*, 9, p. e13587. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13587.

Hartonen, K. and Riekkola, M.-L. (2017) 'Chapter 2 - Water as the First Choice Green Solvent', in F. Pena-Pereira and M.B.T.-T.A. of G.S. in S.P. Tobiszewski (eds). Elsevier, pp. 19–55. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805297-6.00002-4.

Hasibuan, N., Yurmaini, Y. and Erliyanti, E. (2023) 'Pengaruh Perubahan Lingkungan Terhadap

Kinerja Karyawan Pada Bank Syariah Indonesia', *Expensive: Jurnal Akuntansi dan Keuangan*, 2(1), pp. 136–148. https://doi.org/10.24127/exclusive.v2i1.3697.

Hervey, J.R.D. *et al.* (2022) 'A dual compartment cuvette system for correcting scattering in whole-cell absorbance spectroscopy of photosynthetic microorganisms.', *Photosynthesis research*, 151(1), pp. 61–69. https://doi.org/10.1007/s11120-021-00866-8.

Irawan, A. (2019) 'Kalibrasi Spektrofotometer Sebagai Penjaminan Mutu Hasil Pengukuran dalam Kegiatan Penelitian dan Pengujian', *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), p. 1. https://doi.org/10.22146/ijl.v1i2.44750.

Ismail, R. and Prihatini, E. (2023) 'Tata Kelola Bahan Kimia di Laboratorium dengan Sistem Dokumen dan Perangkat Lunak Chemical Inventory Management System (CIMS) Berbasis Excel', *Indonesian Journal of Laboratory; Edisi Khusus 2023*. https://doi.org/*10.22146/ijl.v0i3.82022.*

Kim, T. (2015) 'T test as a parametric statistic', *Korean Journal of Anesthesiology*, 68, p. 540. Available at: https://doi.org/10.4097/kjae.2015.68.6.540.

Lahm, H. (2004) 'Performance verification of UV–VIS spectrophotometer', *Analytical Method Validation and Instrument Performance Verification* [Preprint].

Nandiyanto, A.B.D., Ragadhita, R. and Aziz, M. (2023) 'How to Calculate and Measure Solution Concentration using UV-Vis Spectrum Analysis: Supporting Measurement in the Chemical Decomposition, Photocatalysis, Phytoremediation, and Adsorption Process', *Indonesian Journal of Science and Technology*, 8(2), pp. 345–362. Available at: https://doi.org/10.17509/ijost.v8i2.57783.

Nuhu, A., Sallau, M.. and Tukur, B. (2015) 'Fixed sized simplex optimization of spectrophotometric method for the quantitative determination of diclofenac in pharmaceutical preparations', *International Journal of Advanced Research*, 3, pp. 234–245.

Pradhan, S.K. and Tarafder, P.K. (2016) 'A Scheme for Performance Evaluations of UV–Visible Spectrophotometer by Standard Procedures Including Certified Reference Materials for the Analysis of Geological Samples', *MAPAN*, 31(4), pp. 275–281. https://doi.org/10.1007/s12647-016-0184-2.

Pramudya, L., Kumara, I.N.S. and Divayana, Y. (2024) 'Peranan Kalibrasi Pada Alat Ukur : Literature Review', *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 23(1), p. 37. https://doi.org/10.24843/mite.2024.v23i01.p05.

Prihatini, E. *et al.* (2023) 'Uji Performa Alat Vakum Tekan Termodifikasi Untuk Impregnasi Kayu', *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan; 5(2), Juli 2023. https://doi.org/10.14710/jplp.5.2.75-82.*

Thompson, J. (2006) 'A Simple Method for Rapidly Obtaining Absorption Spectra with a Spectronic-20D+ Spectrophotometer', *Journal of Chemical Education - J CHEM EDUC*, 83(6), p. 913. https://doi.org/10.1021/ed083p913.

Workneh, S.M. *et al.* (2024) 'Low-cost visible spectrophotometer for detecting absorption and emission in metallic blends of colorful samples solution', *Results in Optics*, 16, p. 100703. https://doi.org/10.1016/j.rio.2024.100703.