



Validasi Metode Analisis Iodin Secara Spektrofotometri UV-Vis pada Dua Variasi Pelarut

[Validation of The Method of Iodin Analysis by Uv-Vis Spectrofotometry with Two Variations of Solution]

Fauzi Abdilah✉, Karina Aulia Rahmawati, Widya Tresna Dewi, Keryanti, Mentik Hulupi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Bandung 40559, Indonesia

Abstract. In this study, the method of analysis of iodine by UV-Vis spectrophotometry was validated. Two other solvents, ethanol, and cyclohexane were used to validate this approach. The UV-Vis Spectrophotometer method's linearity, detection, and quantization limitations, precision, and accuracy were investigated as variables. The results of the linearity tests indicated that the method was proportionally verified because the r values for the two iodine solutions in ethanol and cyclohexane varied between 0.990 and 0.999, respectively. This suggests that the values were higher than 0.99. The LOD values for the ethanol solvent were 4.441 mg/kg and the LOQ was 14.802 mg/kg, whereas the cyclohexane solvent had an LOD value of 2.660 mg/kg and the LOQ was 8.866 mg/kg. According to the required precision acceptance, the %RSD value of 2%, precision values for both standard iodine solutions with two modifications of solvents demonstrated good results. Recovery percentages of ethanol solvents are 96% and cyclohexane solvents are 86%, respectively, according to accuracy measurements. The combined uncertainty value for this test is 0.109 for the ethanol solvent and 0.019 for the cyclohexane solvent, respectively. This research provides a comprehensive understanding of the validity of the iodine analysis method, establishing a robust foundation for the sustainability and reliability of using UV-Vis spectrophotometer in the analysis.

Keywords: *Iodine, method validation, spectrophotometer uv-vis, linearity test*

Abstrak. Pada penelitian ini dilakukan validasi metode analisis iodin menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Validasi metode dilakukan dengan menggunakan dua pelarut berbeda yaitu etanol dan sikloheksana. Parameter yang diuji adalah linearitas, batas deteksi dan kuantisasi, presisi dan akurasi dari metode Spektrofotometer UV-Vis ini. Hasil pengukuran linearitas menunjukkan hasil yang baik yaitu nilai r untuk dua larutan iodin dalam variasi pelarut etanol dan sikloheksana sebesar 0,990 dan 0,999 yang artinya nilai $\leq 0,99$ sehingga metode tervalidasi proposional serta nilai LOD 4,441 mg/kg dan LOQ 14,802 mg/kg untuk pelarut etanol dan nilai LOD 2,660 mg/kg dan LOQ 8,866 mg/kg untuk pelarut sikloheksana. Nilai presisi menunjukkan hasil yang baik untuk kedua larutan standar iodin dengan dua variasi pelarut sesuai yang dipersyaratkan keberterimaan presisi yaitu nilai %RSD $\leq 2\%$. Pengukuran akurasi mencapai perolehan kembali sebesar 96% untuk pelarut etanol dan 86% untuk pelarut sikloheksana, berada dalam rentang 80-110%. Selain itu, nilai ketidakpastian gabungan dari validasi metode menunjukkan sebesar $\pm 0,109$ untuk pelarut etanol dan $\pm 0,019$ untuk pelarut sikloheksana. Penelitian ini memberikan pemahaman mendalam mengenai validitas metode analisis iodin, memberikan dasar yang kuat untuk keberlanjutan dan keandalan penggunaan spektrofotometer UV-Vis dalam analisis tersebut.

Kata kunci: *Iodin, validasi metode, spektrofotometer uv-vis, uji linearitas*

Diterima: 3 Juli 2023, Disetujui: 21 Desember 2023

Sitasi: Abdilah, F., Rahmawati, K.A., Dewi, W.T., Keryanti., dan Hulupi, M. (2023). Validasi Metode Analisis Iodin Secara Spektrofotometri UV-Vis pada Dua Variasi Pelarut. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 9(3), 204-211.

✉ Corresponding author

E-mail: fauzi.abdilah@polban.ac.id

<https://doi.org/10.22487/kovalen.2023.v9.i3.16448>



LATAR BELAKANG

Perkembangan industri di Indonesia mengalami kemajuan yang pesat, terlihat dari meningkatnya industri yang memproduksi berbagai macam kebutuhan manusia seperti tekstil, kertas, elektronik, makanan, dan lain sebagainya. Namun, seiring dengan pertumbuhan industri yang pesat ini, juga mengakibatkan peningkatan produksi limbah sebagai hasil samping. Limbah dengan produksi besar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan, khususnya limbah zat cair yang sangat berpotensi menyebabkan pencemaran pada sistem perairan di lingkungan (Haryono *dkk.*, 2018). Dengan demikian, limbah zat cair harus dilepaskan dengan syarat memiliki kualitas untuk mencegah kontaminasi.

Baku mutu air merupakan standar yang telah ditetapkan untuk menentukan apakah kualitas air telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Penetapan baku mutu air dilakukan dengan mempertimbangkan sumber air yang spesifik dan menghitung batasan maksimum zat pencemar yang dapat ditoleransi oleh badan air penerima. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa air dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. (APHA (*American Public Health Association*)), 2012). Oleh karena itu, untuk memastikan standar mutu pada zat warna perlu didukung dengan metode uji yang telah divalidasi. Validasi metode merupakan suatu proses evaluasi di laboratorium untuk memastikan bahwa suatu metode telah memenuhi persyaratan tertentu sebelum digunakan secara rutin. Hal ini melibatkan serangkaian proses analisis untuk menilai beberapa parameter, seperti keakuratan, presisi, batas deteksi, linearitas, dan lain sebagainya (Mayuri

et al., 2019; Raposo, 2016; Ravisankar *et al.*, 2015).

Iodin ditemukan dalam air limbah dalam berbagai bentuk senyawa. Keberadaan unsur iodin dalam air limbah dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk limbah industri, pertanian, dan domestik. Unsur yodium (I_2) merupakan salah satu bahan kimia penting dalam proses industri. Yodium digunakan dalam reaksi dehidrogenasi hidrokarbon tak jenuh. Setelah dehidrogenasi, hidrogen iodida (HI) yang terbentuk diubah menjadi I_2 pada suhu tinggi, di mana aliran gas dilewatkan melalui suatu adsorben, sehingga diperoleh kembali I_2 (Kim *et al.*, 2018; Serpe *et al.*, 2015). I_2 juga digunakan sebagai lixivants untuk mengekstrak emas (Au) dari limbah elektronik. Setelah pelindian, spesi I^- dalam larutan dioksidasi secara elektrokimia atau kimia menjadi I_2 (Sun *et al.*, 2017).

Pengujian iodin dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometer UV-Vis untuk mendapatkan hasil transmisi dan absorbansi yang digunakan pada panjang gelombang yang spesifik maka diperlukan ketelitian dan kevalidan metode analisa yang digunakan. Hal tersebut digunakan karena metode spektrofotometri UV-Vis dapat dilakukan dengan mudah dan murah untuk analisis pengujiannya (Rohyami *et al.*, 2018). Iodin juga merupakan salah satu zat warna yang mempunyai intensitas warna yang kuat dan dapat dengan mudah diamati pada wilayah *visible*. Selain itu, iodin juga memiliki kelarutan yang tinggi dalam pelarut organik.

Preparasi pengujian iodin dengan metode spektrofotometri UV-Vis dilakukan dengan menggunakan pelarut sikloheksana dan etanol. Langkah-langkah yang dilakukan dalam percobaan ini mencakup pembuatan

larutan standar iodine, menentukan panjang gelombang maksimum, pembuatan kurva kalibrasi larutan iodine, penentuan konsentrasi analit iodine, serta uji linieritas, akurasi, presisi, batas deteksi, dan batas kuantisasi. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang validasi metode analisis menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan kadar iodine dalam sampel. Penelitian ini bukan hanya berfokus pada validasi metode, tetapi juga pada pengaruh pelarut berbeda terhadap hasil analisis iodine. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang berbeda dan relevan terhadap literatur yang telah ada, dengan memberikan wawasan lebih mendalam tentang variabilitas hasil analisis iodine yang mungkin dipengaruhi oleh pilihan pelarut.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serbuk iodine (*Iod Doppelt Sublimiert*/I₂), etanol (C₂H₆O), dan sikloheksana (C₆H₁₂) yang diproduksi oleh Merck. Beberapa peralatan yang digunakan pada percobaan ini adalah alat gelas laboratorium seperti labu takar 25 ± 0,04 mL, labu takar 10 ± 0,04 mL, bola pipet, neraca analitik Kern, gelas kimia, corong gelas, dan spektrofotometer UV-Visible *Evolution 360*.

Prosedur Penelitian

Pembuatan larutan induk iodine

Larutan Induk Iodine dibuat menggunakan dua jenis pelarut, yaitu larutan pertama dibuat menggunakan pelarut etanol dengan konsentrasi 50 mg/L dan larutan kedua dibuat menggunakan pelarut sikloheksana dengan konsentrasi 1000 mg/L. Untuk larutan pertama, sebanyak 0,0125 g iodine dimasukkan kedalam

gelas kimia 25 mL lalu dilarutkan menggunakan etanol. Setelah itu, larutan dipindahkan kedalam labu takar 25 mL lalu ditepatkan dengan etanol dan dihomogenkan. Selanjutnya untuk larutan kedua, sebanyak 0,025 g iodine dimasukkan kedalam gelas kimia 25 mL lalu dilarutkan menggunakan sikloheksana. Lalu setelahnya larutan dipindahkan kedalam labu takar 25 mL, ditepatkan menggunakan sikloheksana dan dihomogenkan.

Pembuatan deret standar iodine

Sebanyak 1, 2, 3, 4, dan 5 mL larutan standar iodine 50 mg/L dipipet kemudian dimasukkan kedalam labu takar 10 mL dan ditepatkan menggunakan etanol untuk membuat deret standar iodine 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L. Lalu untuk larutan iodine 1000 mg/L menggunakan pelarut sikloheksana yaitu dipipet sebanyak 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 mL kemudian dimasukkan kedalam labu takar 10 mL dan ditepatkan menggunakan sikloheksana untuk membuat deret standar iodine 50, 100, 150, 200, dan 250 mg/L.

Penentuan kurva kalibrasi larutan standar iodine

Larutan deret standar iodine diukur absorbansinya pada panjang gelombang maksimum yang telah didapatkan, yaitu 357 nm untuk pelarut etanol dan 522 nm untuk pelarut sikloheksana menggunakan spektrofotometer *UV-Visible*. Kurva kalibrasi iodine digunakan untuk mendapatkan data pengukuran presisi, akurasi, limit deteksi atau *limit of detection* (LOD), dan limit kuantitasi atau *limit of quantification* (LOQ).

Penentuan presisi

Penentuan presisi dilakukan dengan membuat larutan sampel iodine dengan variasi dua pelarut yaitu konsentrasi larutan 15 mg/L untuk pelarut etanol dan konsentrasi larutan

150 mg/L untuk pelarut sikloheksana. Larutan tersebut diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Visible Evolution 360 pada panjang gelombang maksimum iodine untuk masing-masing pelarut. Perlakuan tersebut dilakukan secara berulang sebanyak 6 kali replikasi dari pembuatan sampel.

Penentuan akurasi dari % recovery

Larutan sampel dibuat dengan menggunakan dua variasi pelarut yaitu konsentrasi larutan 15 mg/L untuk pelarut etanol dan konsentrasi larutan 150 mg/L untuk pelarut sikloheksana yang ditambahkan sebanyak 1 mL larutan baku iodine untuk setiap jenis pelarutnya kedalam labu takar 10 mL. Perlakuan tersebut dilakukan berulang sebanyak 6 kali dari pembuatan sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Linearitas

Hasil pengukuran absorbansi larutan standar iodine menggunakan pelarut etanol dan sikloheksana masing-masing disajikan dalam Tabel 1 dan Tabel 2. Kurva kalibrasi larutan standar iodine untuk dua pelarut etanol dan sikloheksana, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh persamaan regresi linier $y = 0,0453x - 0,0887$ untuk larutan standar iodine dalam pelarut etanol dan $y = 0,0034x + 0,0029$ untuk pelarut sikloheksana.

Larutan standar iodine dalam dua variasi pelarut etanol dan sikloheksana memiliki nilai koefisien determinansi (r^2) masing-masing yaitu 0,9804 dan 0,9999 yang berarti larutan standar iodine dalam sikloheksana memiliki hubungan lebih linier dengan persentase lebih dari 99% dibandingkan iodine dalam etanol yang hanya 98%. Nilai koefisien korelasi (r) untuk masing-masing pelarut etanol dan sikloheksana, yaitu

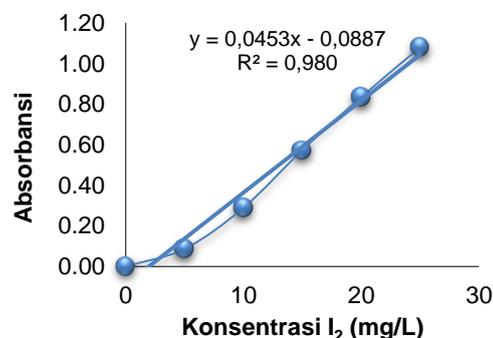
sebesar 0,9902 dan 0,9999 yang artinya nilai tersebut $\geq 0,99$ sehingga kedua kurva kalibrasi dikatakan memiliki linieritas yang baik dengan memenuhi persyaratan keberterimaan linieritas (Ermer & Miller, 2005; Raposo, 2016). Rentang linieritas kurva kalibrasi larutan standar iodine dalam pelarut etanol berada pada kisaran 10-20 mg/L dan untuk larutan standar iodine dalam pelarut sikloheksana berada pada kisaran 0-250 mg/L.

Tabel 1. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar iodine (pelarut etanol)

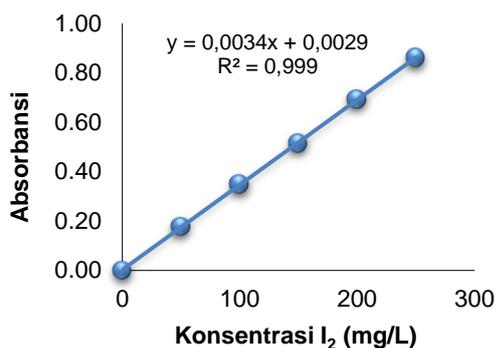
No.	Sampel	Konsentrasi (mg/L)	Abs
1	Blanko	0	0,000
2	Standar 1	5	0,087
3	Standar 2	10	0,289
5	Standar 3	15	0,573
6	Standar 4	20	0,834
7	Standar 5	25	1,079

Tabel 2. Hasil pengukuran absorbansi larutan standar iodine (pelarut sikloheksana)

No.	Sampel	Kons (mg/L)	Abs
1	Blanko	0	0,000
2	Standar 1	50	0,177
3	Standar 2	100	0,349
5	Standar 3	150	0,516
6	Standar 4	200	0,693
7	Standar 5	250	0,860



Gambar 1. Kurva kalibrasi larutan standar iodine (pelarut etanol)



Gambar 2. Kurva kalibrasi larutan standar iodin (pelarut sikloheksana)

Nilai LOD dan LOQ

Penentuan nilai LOD dan LOQ dilakukan menggunakan nilai regresi linier yang didapatkan dari pengukuran absorbansi larutan standar iodin dengan dua variasi pelarut. Tabel 3 dan Tabel 4 menyatakan selisih nilai absorbansi dari hasil pengukuran dan nilai absorbansi yang telah dikoreksi sesuai hasil persamaan regresi linier dari kurva kalibrasi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung standar deviasi residual. Nilai LOD dan LOQ ini ditentukan dengan tujuan untuk memenuhi parameter uji batas kecermatan dan keseksamaan suatu metode analisis.

LOD merupakan uji batas terkecil dari suatu instrumen untuk dapat mendeteksi suatu analit sedangkan LOQ yaitu konsentrasi terendah dari analit yang dapat ditentukan dan memenuhi parameter kecermatan dan keseksamaan (Thompson *et al.*, 2002).

Berdasarkan hasil data kurva kalibrasi pada Tabel 3 dan Tabel 4, nilai LOD kedua larutan standar iodin dalam dua pelarut etanol dan sikloheksana, yaitu 4,4406 dan 2,6597 mg/kg. Nilai LOD memberikan informasi konsentrasi terkecil analit yang dapat dideteksi oleh instrumen dan dapat memberikan respon signifikan terhadap instrumen spektrofotometer UV-Vis. Selanjutnya untuk batas kuantifikasi ditunjukkan dengan hasil nilai LOQ dimana

hasil nilai LOQ untuk masing-masing pelarut etanol dan sikloheksana yaitu 14,8021 dan 8,8656 mg/kg. Nilai LOQ ini menunjukkan nilai konsentrasi terendah dari suatu analit yang dapat memenuhi parameter kecermatan dan keseksamaan, sehingga konsentrasi analit diatas nilai LOQ untuk masing-masing pelarut etanol dan dan sikloheksana dapat memenuhi parameter kecermatan dan keseksamaan.

Tabel 3. Nilai LOD dan LOQ (sikloheksana)

Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Abs (yi)	yc	(yi-yc) ²
0	0,000	0,089	0,007870
5	0,103	0,138	0,001195
10	0,224	0,364	0,019560
15	0,324	0,590	0,070832
20	0,423	0,816	0,154786
25	0,552	1,043	0,240801
Nilai Standar deviasi residual			0,066990
LOD (mg/kg)			4,440616
LOQ (mg/kg)			14,80205

Tabel 4. Nilai LOD dan LOQ (etanol)

Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Abs (yi)	yc	(yi-yc) ²
0	0,000	0,003	0,000008
50	0,103	0,175	0,005143
100	0,224	0,347	0,015024
150	0,324	0,518	0,037802
200	0,423	0,690	0,071442
250	0,552	0,862	0,096189
Nilai Standar deviasi residual			0,003047
LOD (mg/kg)			2,659692
LOQ (mg/kg)			8,86564

Presisi

Keberterimaan parameter presisi ditentukan dari data pengujian dengan melakukan 6 kali replikasi larutan sampel. Presisi (keseksamaan) yaitu nilai yang menunjukkan kesesuaian antara hasil uji

individual secara berulang pada suatu sampel yang sama (Ermer & Miller, 2005; Marson *et al.*, 2020). Penentuan presisi dapat diukur sebagai koefisien variasi atau simpangan baku relatif yang dinyatakan sebagai keterulangan. Pada validasi metode analisa iodin menggunakan spektrofotometer UV- Vis dalam percobaan ini digunakan parameter keterulangan (*repeatability*). Keterulangan yang diuji yaitu keterulangan oleh analisis pada kondisi yang sama dalam interval waktu yang singkat.

Tabel 5. Data Penentuan Presisi

Parameter	Hasil		Kebertahanan
	Etanol	Sikloheksana	
Rata-rata	14,7324	150,9237	
Simpangan Baku	0,2202	1,9196	
Simpangan baku relatif (% RSD)	1,49	1,27	≤ 2,0%

Pada Tabel 5 di atas dapat diketahui simpangan baku relatif yang dinyatakan dalam % RSD yaitu sebesar 1,49% untuk iodin dalam pelarut etanol dan 1,27% untuk iodin dalam pelarut sikloheksana dimana hasil tersebut ≤ 2% sehingga untuk kedua larutan standar iodin dengan variasi dua pelarut memenuhi persyaratan keberterimaan presisi. Oleh karena itu, penentuan metilen biru dengan pelaut etanol dan sikloheksana menggunakan spektrofotometer UV-Vis memiliki presisi yang baik.

Akurasi

Nilai akurasi (disebut juga kecermatan) merupakan parameter yang mengindikasikan kedekatan hasil pengujian dengan konsentrasi analit atau sampel yang sebenarnya. Hal ini dinyatakan sebagai nilai %*recovery* atau

persen perolehan kembali analit yang ditambahkan pada sampel. Pada percobaan ini digunakan metode adisi standar untuk penentuan akurasi. Hasil penentuan akurasi dengan penambahan larutan standar iodin 50 mg/L sebanyak 1 mL untuk pelarut etanol dan penambahan 1 mL larutan standar iodin 1000 mg/L untuk pelarut sikloheksana tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Data penentuan akurasi

Nomor Contoh Spike	% Recovery	
	Etanol	Sikloheksana
1	93,0	87,3
2	99,0	85,3
3	94,4	86,1
4	94,4	85,2
5	93,0	84,9
6	100,7	84,9
Rata-rata	96	86

Persentase perolehan kembali (% *recovery*) sebesar 96% untuk pelarut etanol dan 86% untuk pelarut sikloheksana dimana hasil tersebut berada pada rentang 80-110%, sehingga metode uji menggunakan spektrofotometer UV-Visible 360 akurat untuk penentuan kadar iodin dalam kedua variasi pelarut.

Ketidakpastian

Penentuan nilai ketidakpastian merupakan satu perhitungan wajib saat melakukan validasi metode analisis karena untuk mengidentifikasi faktor kesalahan atau prediksi sistem galatnya secara matematik. Tabel 7. menyajikan data ketidakpastian untuk seluruh perlakuan dan prosedur yang terlibat dalam validasi metode analisis iodin secara spektrofotometri dalam dua variasi pelarut.

Tabel 7. Data ketidakpastian

Ketidakpastian	Nilai Ketidakpastian	
	Etanol	Sikloheksan
Berat molekul iodin (I_2)	254 ± 0,0017 g/mol	
Larutan Induk Iodin	100 ± 0,0231ppm	1000 ± 0,0231 ppm
Faktor pengenceran sampel	0,4 ± 0,0019	0,4 ± 0,0039
Spektrofotometer	$y = 0,0453x - 0,0887,$ $R^2 = 0,9804 \pm 0,1048$	$y = 0,0034x + 0,0029,$ $R^2 = 0,999 \pm 0,1671$
Homogenitas	± 0,2273	± 0,1009
Presisi sampel	± 0,0270	± 0,1468
Ketidakpastian Gabungan	± 0,1099	± 0,0199

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, ada beberapa kemungkinan terjadinya faktor kesalahan yang dapat teridentifikasi atau mungkin tidak teridentifikasi. Oleh karena itu, dilakukan analisis ketidakpastian untuk memastikan bahwa metode-metode yang digunakan telah sesuai dengan tujuan penggunaannya dan selalu dapat menghasilkan data yang dapat dipercaya. Dalam melakukan pengujian terdapat nilai ketidakpastian gabungan dari validasi metode yang telah dilakukan dalam pengujian ini adalah sebesar $\pm 0,1099$ untuk pelarut etanol dan $\pm 0,0199$ untuk pelarut sikloheksana. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pelarut sikloheksana memberikan nilai ketidakpastian yang lebih rendah, sehingga hasil pengukuran lebih konsisten atau memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan pelarut etanol.

KESIMPULAN

Validasi metode analisis iodine dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan dua variasi pelarut (etanol dan sikloheksana) telah berhasil memenuhi parameter validasi yang ditetapkan. Persamaan regresi linieritas untuk kedua larutan iodine dalam pelarut etanol

dan sikloheksana menunjukkan nilai r yang lebih besar dari 0,99, mengindikasikan bahwa metode ini tervalidasi dengan baik dan proposional. Hasil pengukuran presisi untuk kedua larutan standar iodine memenuhi persyaratan keberterimaan presisi, dengan nilai %RSD yang kurang dari atau sama dengan 2%. Selain itu, hasil pengukuran akurasi berada dalam rentang 80-110%, menegaskan bahwa metode ini dapat diandalkan untuk penentuan kadar iodine dalam kedua variasi pelarut. Dengan demikian, uji coba menggunakan spektrofotometer UV-Vis terbukti akurat, sesuai dengan persyaratan linearitas, presisi, dan akurasi, dan dapat diandalkan untuk aplikasi penentuan kadar iodine dalam dua variasi pelarut tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan dukungan serta fasilitas selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

APHA (American Public Health Association). (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22nd Edition*. American Water Works

- Association, Water Environment Federation.
- Ermer, J., & Miller J.H. McB. (2005). *Front Matter: Method Validation in Pharmaceutical Analysis* (pp. i–xiv). Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. <https://doi.org/10.1002/3527604685.fmatt er>
- Haryono, M., Faizal, D., Liamita, C., & Rostika, A. (2018). Pengolahan limbah zat warna tekstil terdispersi dengan metode elektroflotasi. *EduChemia*, 3(1), 94-105.
- Kim, H. I., Wijenayake, J. J., Mohapatra, D., & Rout, P. C. (2018). A process to recover high purity iodine in wastewater from liquid crystal display (LCD) manufacturing industry. *Hydrometallurgy*, 181, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2018.09.004>
- Marson, B. M., Concentino, V., Junkert, A. M., Fachi, M. M., Vilhena, R. O., & Pontarolo, R. (2020). validation of analytical methods in a pharmaceutical quality system: an overview focused on hplc methods. *Quimica Nova*, 43(8), 1190–1203. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170589>
- Mayuri, D., Ravindranath, S., & Doltade, M. (2019). Analytical Method Development and Validation: A Review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 9(3), 563–570. <https://doi.org/10.22270/jddt.v9i3.2774>
- Raposo, F. (2016). Evaluation of analytical calibration based on least-squares linear regression for instrumental techniques: A tutorial review. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 77, 167–185. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.12.006>
- Ravisankar, P., Naga Navya, C., Pravallika, D., & Navya, D. (2015). A Review on Step-by-Step Analytical Method Validation. In *IOSR Journal of Pharmacy*, 5(10). www.iosrphr.org
- Rohyami, Y., Ratri, H. P. I., & Wihyarti, W. (2018). Validasi Metode Penentuan Rhodamin B dalam Contoh Saos secara Spektrofotometri UV-Vis dengan Dua Variasi Pelarut. *IJCA (Indonesian Journal of Chemical Analysis)*, 1(01). <https://doi.org/10.20885/ijca.vol1.iss1.art3>
- Serpe, A., Rigoldi, A., Marras, C., Artizzu, F., Mercuri, M. L., & Deplano, P. (2015). Chameleon behaviour of iodine in recovering noble-metals from WEEE: Towards sustainability and “zero” waste. *Green Chemistry*, 17(4), 2208–2216. <https://doi.org/10.1039/c4gc02237h>
- Sun, Z., Cao, H., Xiao, Y., Sietsma, J., Jin, W., Agterhuis, H., & Yang, Y. (2017). Toward Sustainability for Recovery of Critical Metals from Electronic Waste: The Hydrochemistry Processes. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5(1), 21–40. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00841>
- Thompson, M., Ellison, S. L. R., & Wood, R. (2002). Resulting from the Symposium on Harmonization of Quality Assurance Systems for Analytical Laboratories. In *Pure Appl. Chem*, 74(5).