

Optimasi Kompleksasi Cd(II) dengan Natrium Dietilditiokarbamat dan Ekstraksi Kloroform Berbasis Spektrofotometri UV-Vis

Optimization of Cd(II) Complexation with Sodium Diethyldithiocarbamate and Chloroform Extraction Based on UV-Vis Spectrophotometry

Haza Muchdalifa & Budhi Oktavia

Universitas Negeri Padang

hzamuchdalifa9@gmail.com; budhioktavia@fmipa.unp.ac.id

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Sep 7, 2026	Oct 6, 2026	Oct 17, 2026	Oct 22, 2026

Abstract

Determination of the toxic metal ion Cd(II) through complex formation and solvent extraction requires evaluation of operating conditions and the effects of interfering ions. This study aimed to evaluate the conditions for complex formation between Cd(II) and diethyldithiocarbamate (DDTC), as well as the effect of Mo(VI) on the analytical response, using UV-Vis spectrophotometry. The parameters examined included absorption wavelength, pH, shaking time, standing time, and Cd(II) concentration. The effect of varying Mo(VI) concentrations was tested at a fixed Cd(II) concentration of 25 ppm. Spectral scanning was performed over the range of 300–600 nm. The results showed that, among the selected data points analyzed, the highest absorbance was recorded at 335 nm, with a value of 0.35928. When pH was varied, the highest mean absorbance of 0.64396 was obtained at pH 5, whereas when shaking time was varied, the highest value of 0.314765 was obtained at 15 min. In the standing time profile, the highest absorbance of 0.448885 was recorded at 50 min. Calibration of Cd(II) over the range of 10–40 ppm yielded the regression equation $y = 0.0189x + 0.0397$ with $R^2 = 0.9989$. Increasing the Mo(VI) concentration from 5 to 25 ppm increased absorbance from 0.532899 to 0.696875, compared with the reference absorbance of 0.5198 for Cd(II) without added Mo(VI). These findings indicate that Mo(VI) affects the analytical response under the test conditions and needs to be considered when evaluating method selectivity. This study provides a preliminary basis for establishing operating conditions for Cd(II)–DDTC complexation and extraction. However, the wavelength profile, selectivity, and

analytical performance require further confirmation before the method is applied to real samples.

Keywords: Cadmium(II); Diethyldithiocarbamate; UV-Vis Spectrophotometry; Liquid-Liquid Extraction; Ionic Interference

Abstrak: Penentuan ion logam toksik Cd(II) melalui pembentukan kompleks dan ekstraksi pelarut memerlukan evaluasi kondisi operasional serta pengaruh ion pengganggu. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi pembentukan kompleks Cd(II) dengan dietilditiokarbamat (DDTC) serta pengaruh Mo(VI) terhadap respons analitik menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Parameter yang dikaji meliputi panjang gelombang serapan, pH, waktu pengocokan, waktu pendiaman, dan konsentrasi Cd(II). Pengaruh variasi konsentrasi Mo(VI) diuji pada konsentrasi Cd(II) tetap sebesar 25 ppm. Pemindaian spektrum dilakukan pada rentang 300–600 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, di antara titik data terpilih yang dianalisis, absorbansi tertinggi tercatat pada 335 nm sebesar 0,35928. Pada pengujian variasi pH, rata-rata absorbansi tertinggi diperoleh pada pH 5 sebesar 0,64396, sedangkan pada variasi waktu pengocokan, nilai tertinggi diperoleh pada 15 menit sebesar 0,314765. Pada profil waktu pendiaman, absorbansi tertinggi tercatat pada menit ke-50 sebesar 0,448885. Kalibrasi Cd(II) pada rentang 10–40 ppm menghasilkan persamaan regresi $y = 0,0189x + 0,0397$ dengan $R^2 = 0,9989$. Peningkatan konsentrasi Mo(VI) dari 5 menjadi 25 ppm meningkatkan absorbansi dari 0,532899 menjadi 0,696875, dibandingkan absorbansi acuan Cd(II) tanpa penambahan Mo(VI) sebesar 0,5198. Temuan ini menunjukkan bahwa Mo(VI) memengaruhi respons analitik pada kondisi pengujian dan perlu diperhitungkan dalam evaluasi selektivitas metode. Penelitian ini memberikan dasar awal penetapan kondisi operasional kompleksasi dan ekstraksi Cd(II)-DDTC. Namun, profil panjang gelombang, selektivitas, dan kinerja analitik masih memerlukan konfirmasi lebih lanjut sebelum metode diterapkan pada sampel nyata.

Kata Kunci: Kadmium(II); Dietilditiokarbamat; Spektrofotometri UV-Vis; Ekstraksi Cair-Cair; Interferensi Ion.

PENDAHULUAN

Kadmium (Cd) merupakan logam non-esensial yang bersifat toksik dan dapat masuk ke lingkungan melalui proses alami maupun aktivitas manusia, seperti kegiatan industri dan pertanian. Paparan kadmium dikaitkan dengan berbagai dampak merugikan bagi kesehatan, sehingga pemantauan kadar Cd pada lingkungan dan bahan pangan menjadi penting (Genchi *et al.*, 2020). Penentuan ion logam dapat dilakukan menggunakan berbagai teknik instrumental, termasuk spektrometri serapan atom, teknik berbasis plasma, metode elektrokimia, dan spektrofotometri. Metode spektrofotometri tetap menarik untuk dikembangkan karena respons serapannya dapat diukur ketika analit membentuk spesies yang menyerap radiasi pada panjang gelombang tertentu (Fakayode *et al.*, 2023).

Penentuan Cd(II) telah dikembangkan melalui beragam pendekatan ekstraksi, prakonsentrasi, dan pengukuran instrumental. Elik & Altunay, (2022) mengkaji prosedur mikroekstraksi untuk penentuan kadmium pada sampel air dan pangan. Sorouraddin *et al.*, (2019) juga mengembangkan ekstraksi dan prakonsentrasi untuk penentuan logam pada sampel minyak pangan, sedangkan Nova *et al.*, (2020) membahas penentuan Cd(II) pada air produksi dengan matriks berkadar garam tinggi. Studi yang lebih baru mengevaluasi metode spektrofotometri untuk Cd(II) menggunakan pereaksi pengompleks selain DDTC (Jadvani *et al.*, 2025; Nassar *et al.*, 2025). Perbedaan metode tersebut menunjukkan bahwa kinerja analisis dipengaruhi oleh jenis ligan, kondisi ekstraksi, matriks sampel, dan teknik pengukuran yang digunakan.

Natrium dietilditiokarbamat (Na-DDTC) merupakan ligan donor sulfur yang dapat berkoordinasi dengan ion logam dan dimanfaatkan dalam proses ekstraksi. Penelitian Sun *et al.*, (2022) membandingkan sejumlah ligan untuk penentuan Cd(II) dan melaporkan bahwa pemilihan ligan memengaruhi kinerja ekstraksi. Kompleks kadmium-dithiokarbamat juga telah disintesis dan dikarakterisasi melalui berbagai pendekatan spektroskopi dan analisis struktur (Maurya *et al.*, 2023; Sathiyaraj *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2020). Secara umum, ditiokarbamat dikenal sebagai ligan pengkelat yang dapat berinteraksi dengan berbagai ion logam dan telah dibahas dalam kajian kimia koordinasi serta remediasi lingkungan (Hogarth & Onwudiwe, 2021).

Respons analitik dalam sistem kompleksasi dan ekstraksi dipengaruhi oleh pH, waktu pengocokan, konsentrasi pereaksi, dan keberadaan ion pengganggu. Pratiwi & Sunarto, (2018) menggunakan Na-DDTC dalam analisis Cu(II) secara spektrofotometri UV-Vis, sedangkan Sasongko *et al.*, (2017) mengkaji verifikasi metode analisis Cd dalam air limbah. Berdasarkan penelitian tersebut, optimasi kondisi pembentukan kompleks Cd(II)-DDTC serta evaluasi interferensi Mo(VI) perlu dikaji lebih lanjut untuk memperoleh kondisi pengukuran yang sesuai. Optimasi kondisi juga penting pada metode ekstraksi kadmium yang menggunakan konfigurasi dan matriks berbeda (Elik & Altunay, 2022; Sun *et al.*, 2022). Oleh sebab itu, kondisi pengukuran perlu dievaluasi untuk sistem Cd(II)-DDTC yang digunakan dalam penelitian ini.

Keberadaan ion pengganggu perlu dievaluasi karena dapat memengaruhi respons analitik dalam penentuan ion logam. Sun *et al.*, (2022) mengkaji pengaruh ion penyerta pada penentuan Cd(II) menggunakan DDTC melalui ekstraksi cair-cair. Sementara itu, Wasag &

Grabarczyk, (2021) melaporkan bahwa Mo(VI) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap sinyal Cd(II) pada metode voltametri yang mereka kembangkan. Perbedaan sistem analisis tersebut menunjukkan bahwa pengaruh Mo(VI) perlu dievaluasi secara khusus pada pembentukan kompleks Cd(II)-DDTC menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Dalam menafsirkan hubungan absorbansi dan konsentrasi, linearitas juga perlu dipahami sesuai batas dan kondisi berlakunya hukum Bouguer-Beer-Lambert (Mayerhöfer *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi kondisi pembentukan kompleks Cd(II)-DDTC melalui pengamatan panjang gelombang serapan, pH, waktu pengocokan, dan waktu pendiaman; menyusun hubungan kalibrasi Cd(II) pada rentang 10–40 ppm; serta menilai perubahan respons absorbansi akibat penambahan Mo(VI) pada larutan Cd(II) berkonsentrasi tetap 25 ppm. Penelitian ini diarahkan untuk memperoleh kondisi operasional awal dan mengidentifikasi potensi interferensi, bukan untuk menyatakan bahwa metode telah tervalidasi sepenuhnya.

METODE

Penelitian ini merupakan eksperimen laboratorium dengan pendekatan kuantitatif deskriptif berdasarkan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Penelitian dilaksanakan pada Juni–September 2026 di Laboratorium Kimia Analitik, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Peralatan yang digunakan meliputi spektrofotometer UV-Vis (Agilent 8435, model G1103A), pH meter (Metrohm 744), neraca analitik (ABS 220-4), corong pisah, labu ukur, pipet, dan peralatan gelas laboratorium. Bahan yang digunakan adalah kadmium nitrat tetrahidrat $[\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$, natrium dietilditiokarbamat trihidrat ($\text{Na-DDTC} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), kloroform (CHCl_3) p.a., asam nitrat (HNO_3), natrium hidroksida (NaOH), amonium heptamolibdat tetrahidrat $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ sebagai sumber Mo(VI), dan akuades.

Larutan induk Cd(II) 1000 ppm dibuat dengan melarutkan 0,2744 g $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ menggunakan sedikit HNO_3 1% dalam labu ukur 100 mL. Setelah larut sempurna, larutan diencerkan dengan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Larutan antara Cd(II) 100 ppm digunakan untuk menyiapkan larutan kerja 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 ppm. Larutan Na-DDTC 0,01 M dibuat dengan melarutkan 0,2253 g $\text{Na-DDTC} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dalam akuades hingga volume 100 mL. Larutan NaOH 0,1 M dan HNO_3 0,1

M digunakan untuk pengaturan pH. Larutan induk Mo(VI) dibuat dari 0,184 g amonium heptamolibdat tetrahidrat yang dilarutkan dan diencerkan dengan akuades hingga 100 mL. Larutan kerja Mo(VI) disiapkan pada konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm untuk pengujian interferensi. Konsentrasi yang digunakan mengikuti konsentrasi ion logam sebagaimana dinyatakan dalam prosedur penelitian.

Prosedur Umum Pembentukan dan Ekstraksi Kompleks

Sebanyak 5 mL larutan Cd(II) dipindahkan ke dalam corong pisah dan, sesuai tahap pengujian, pH larutan diatur menggunakan NaOH 0,1 M atau HNO₃ 0,1 M. Selanjutnya, ditambahkan 2 mL Na-DDTC 0,01 M dan 5 mL kloroform. Campuran dikocok selama waktu yang ditentukan, kemudian didiamkan hingga terbentuk pemisahan fasa air dan fasa organik. Fasa kloroform yang mengandung kompleks diambil dan absorbansinya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Pengukuran optimasi dilakukan secara duplo dan nilai rata-rata digunakan untuk evaluasi, kecuali data kurva kalibrasi yang mengikuti nilai olahan terkonfirmasi pada data penelitian.

Penentuan Panjang Gelombang Serapan

Sebanyak 5 mL larutan Cd(II) 25 ppm dimasukkan ke dalam corong pisah, kemudian ditambahkan 2 mL Na-DDTC 0,01 M dan 5 mL kloroform. Campuran dikocok selama 10 menit dan setelah pemisahan fasa, absorbansi fasa organik dipindai pada rentang 300–600 nm. Data yang disajikan pada grafik artikel merupakan titik-titik terpilih dari hasil pemindaian yang digunakan untuk evaluasi, yaitu 320, 335, 340, 345, 350, 355, 360, 365, 370, dan 375 nm. Titik-titik lain tidak ditampilkan pada grafik karena profil yang diperoleh dinilai kurang layak untuk digunakan dalam penyajian data. Oleh karena itu, 335 nm diperlakukan sebagai panjang gelombang operasional berdasarkan titik data terpilih.

Optimasi pH

Optimasi pH dilakukan pada pH 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 menggunakan 5 mL larutan Cd(II) 25 ppm. pH diatur dengan penambahan NaOH 0,1 M atau HNO₃ 0,1 M secara bertetes. Setelah itu, ditambahkan 2 mL Na-DDTC 0,01 M dan 5 mL kloroform. Campuran dikocok selama 10 menit hingga kedua fasa terpisah. Absorbansi fasa organik diukur pada panjang gelombang operasional 335 nm. pH dengan rata-rata absorbansi tertinggi dipilih untuk tahap berikutnya.

Optimasi Waktu Pengocokan

Waktu pengocokan dievaluasi selama 5, 10, 15, 20, 25, dan 30 menit menggunakan 5 mL larutan Cd(II) 25 ppm pada pH 5. Ke dalam setiap corong pisah ditambahkan 2 mL Na-DDTC 0,01 M dan 5 mL kloroform. Campuran dikocok sesuai variasi waktu, kemudian didiamkan hingga fasa terpisah. Absorbansi fasa organik diukur pada 335 nm. Waktu pengocokan dengan rata-rata absorbansi tertinggi dipilih sebagai kondisi operasional.

Pengamatan Waktu Kestabilan

Kompleks diekstraksi menggunakan 5 mL larutan Cd(II) 25 ppm pada pH 5, 2 mL Na-DDTC 0,01 M, dan 5 mL kloroform. Campuran dikocok selama 15 menit. Setelah fasa organik dipisahkan, absorbansi diukur pada menit ke-5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, dan 70 pada panjang gelombang 335 nm. Perubahan absorbansi digunakan untuk mengevaluasi profil respons terhadap waktu dan menentukan waktu pengukuran operasional.

Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat menggunakan larutan Cd(II) berkonsentrasi 10, 15, 20, 25, 30, 35, dan 40 ppm. Sebanyak 5 mL larutan pada setiap konsentrasi direaksikan dengan 2 mL Na-DDTC 0,01 M dan 5 mL kloroform pada kondisi operasional yang telah dipilih, yaitu pH 5, waktu pengocokan 15 menit, dan waktu pengukuran 50 menit. Absorbansi fasa organik diukur pada 335 nm. Nilai absorbansi yang digunakan adalah nilai olahan yang telah dikonfirmasi pada data penelitian. Hubungan konsentrasi Cd(II) dan absorbansi dianalisis menggunakan regresi linear dan koefisien determinasi (R^2).

Uji Interferensi Mo(VI)

Pengujian interferensi dilakukan dengan mempertahankan konsentrasi Cd(II) sebesar 25 ppm dan memvariasikan konsentrasi Mo(VI) pada 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Campuran diperlakukan menggunakan kondisi operasional sistem Cd(II)-DDTC dan absorbansi diukur pada 335 nm. Nilai absorbansi pembanding pada 0 ppm Mo(VI), yaitu 0,5198, diambil dari data kalibrasi Cd(II) 25 ppm. Perubahan respons dinilai dengan membandingkan absorbansi pada setiap konsentrasi Mo(VI) terhadap nilai pembanding tersebut.

Pengolahan Data

Rata-rata absorbansi pada percobaan optimasi dihitung dari dua pengukuran yang tersedia. Data kalibrasi dianalisis dengan regresi linear. Perubahan respons pada uji interferensi dihitung sebagai persentase perubahan terhadap absorbansi pembanding

menggunakan rumus $[(A \text{ dengan Mo} - A \text{ pembanding}) / A \text{ pembanding}] \times 100\%$. Parameter validasi seperti batas deteksi, batas kuantifikasi, akurasi, dan perolehan kembali tidak dihitung karena data eksperimen tersebut tidak tersedia dalam berkas penelitian yang digunakan untuk artikel ini.

HASIL

Panjang Gelombang Serapan

Pemindaian larutan Cd(II)-DDTC dilakukan pada rentang 300–600 nm. Dari titik-titik data terpilih yang disajikan pada Tabel 1, absorbansi tertinggi tercatat pada panjang gelombang 335 nm sebesar 0,35928. Nilai pada titik lainnya berada pada rentang 0,197238–0,271568. Panjang gelombang 335 nm selanjutnya digunakan sebagai panjang gelombang operasional untuk pengukuran berikutnya. Hasil ini mengacu pada titik data terpilih yang dapat disajikan, bukan klaim bahwa seluruh titik pada rentang pemindaian memiliki profil yang sama.

Tabel 1. Absorbansi pada titik panjang gelombang terpilih

No.	Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi (A)
1.	320	0,197238
2.	335	0,359280
3.	340	0,223094
4.	345	0,237019
5.	350	0,235883
6.	355	0,231131
7.	360	0,258296
8.	365	0,251419
9.	370	0,247253
10.	375	0,271568

Pengaruh pH

Rata-rata absorbansi tertinggi diperoleh pada pH 5, yaitu sebesar 0,643960, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Pada pH 3 dan 4, rata-rata absorbansi masing-masing sebesar 0,331895 dan 0,334190, yang menunjukkan respons relatif serupa pada kedua kondisi tersebut. Setelah melewati pH 5, absorbansi mengalami penurunan cukup signifikan menjadi 0,143905 pada pH 6 dan 0,058983 pada pH 7. Pada pH 8, absorbansi sedikit meningkat

menjadi 0,0681945, tetapi nilainya masih jauh lebih rendah dibandingkan pada pH optimum. Perubahan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pH di atas pH 5 tidak lagi menghasilkan respons absorbansi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, pH 5 dipilih sebagai kondisi operasional yang paling sesuai untuk pembentukan kompleks Cd(II)–DDTC berdasarkan nilai absorbansi tertinggi yang diperoleh pada rentang pH yang diuji.

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap absorbansi kompleks Cd(II)-DDTC

Ph	Absorbansi 1 (A)	Absorbansi 2 (A)	Rata-rata (A)
3	0,311140	0,352650	0,3318950
4	0,361080	0,307300	0,3341900
5	0,642970	0,644950	0,6439600
6	0,145310	0,142500	0,1439050
7	0,064764	0,053202	0,0589830
8	0,063815	0,072574	0,0681945

Pengaruh Waktu Pengocokan

Berdasarkan tabel 3, Rata-rata absorbansi meningkat dari 0,252160 pada waktu pengocokan 5 menit menjadi 0,266920 pada 10 menit, kemudian mencapai nilai tertinggi sebesar 0,314765 pada 15 menit. Setelah itu, rata-rata absorbansi menurun menjadi 0,286330 pada 20 menit, 0,268140 pada 25 menit, dan 0,264790 pada 30 menit. Dengan demikian, waktu pengocokan 15 menit dipilih berdasarkan respons absorbansi tertinggi yang tercatat.

Tabel 3. Pengaruh waktu pengocokan terhadap absorbansi

Waktu (menit)	Absorbansi 1 (A)	Absorbansi 2 (A)	Rata-rata (A)
5	0,28955	0,21477	0,252160
10	0,23165	0,30219	0,266920
15	0,32049	0,30904	0,314765
20	0,27541	0,29725	0,286330
25	0,25912	0,27716	0,268140
30	0,26926	0,26032	0,264790

Profil Waktu Kestabilan

Rata-rata absorbansi meningkat dari 0,280125 pada menit ke-5 menjadi 0,342770 pada menit ke-10 dan 0,403975 pada menit ke-20. Hal ini dapat terlihat pada tabel 4. Nilai tersebut terus meningkat hingga mencapai 0,448885 pada menit ke-50. Setelah itu, absorbansi sedikit menurun menjadi 0,442370 pada menit ke-60 dan 0,420610 pada menit ke-70. Oleh karena itu, menit ke-50 merupakan waktu dengan absorbansi tertinggi pada rangkaian pengamatan dan dipilih sebagai waktu pengukuran operasional. Data ini menunjukkan profil

perubahan respons terhadap waktu; penetapan rentang kestabilan yang lebih luas memerlukan kriteria kestabilan yang ditentukan secara eksplisit.

Tabel 4. Perubahan absorbansi terhadap waktu setelah ekstraksi

Waktu (menit)	Absorbansi 1 (A)	Absorbansi 2 (A)	Rata-rata (A)
5	0,28817	0,27208	0,280125
10	0,35459	0,33095	0,342770
20	0,38430	0,42365	0,403975
30	0,46746	0,37398	0,420720
40	0,44554	0,41608	0,430810
50	0,45045	0,44732	0,448885
60	0,44232	0,44242	0,442370
70	0,42072	0,42050	0,420610

Kurva Kalibrasi Cd(II)

Tabel 5 menyajikan data absorbansi yang meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi Cd(II) dari 10 hingga 40 ppm. Analisis regresi linear terhadap nilai absorbansi yang telah dikonfirmasi menghasilkan persamaan $y = 0.0189x + 0.0397$ dengan $R^2 = 0.9989$. Nilai R^2 sebesar 0,9989 menunjukkan hubungan linear yang kuat pada rentang konsentrasi yang diuji. Namun, koefisien determinasi saja belum cukup untuk menyatakan bahwa metode telah tervalidasi secara menyeluruh.

Tabel 5. Data kurva kalibrasi kompleks Cd(II)-DDTC

Konsentrasi Cd(II) (ppm)	Absorbansi 1 (A)	Absorbansi 2 (A)	Rata-rata (A)
10	0,23103	0,22048	0,225755
15	0,31512	0,31659	0,315855
20	0,41702	0,43333	0,425175
25	0,52552	0,51408	0,519800
30	0,59347	0,60513	0,599300
35	0,70319	0,70668	0,703190
40	0,88736	0,69216	0,789760

Interferensi Mo(VI) terhadap Cd(II)

Berdasarkan tabel 6, pada konsentrasi Cd(II) tetap sebesar 25 ppm, penambahan Mo(VI) meningkatkan absorbansi pada seluruh konsentrasi yang diuji. Rata-rata atau nilai absorbansi yang digunakan meningkat dari 0,532899 pada 5 ppm Mo(VI) menjadi 0,696875 pada 25 ppm Mo(VI). Dibandingkan nilai pembanding Cd(II) 25 ppm tanpa Mo(VI) sebesar 0,5198, peningkatan respons berturut-turut sekitar 2,52%; 9,80%; 16,35%; 21,76%; dan

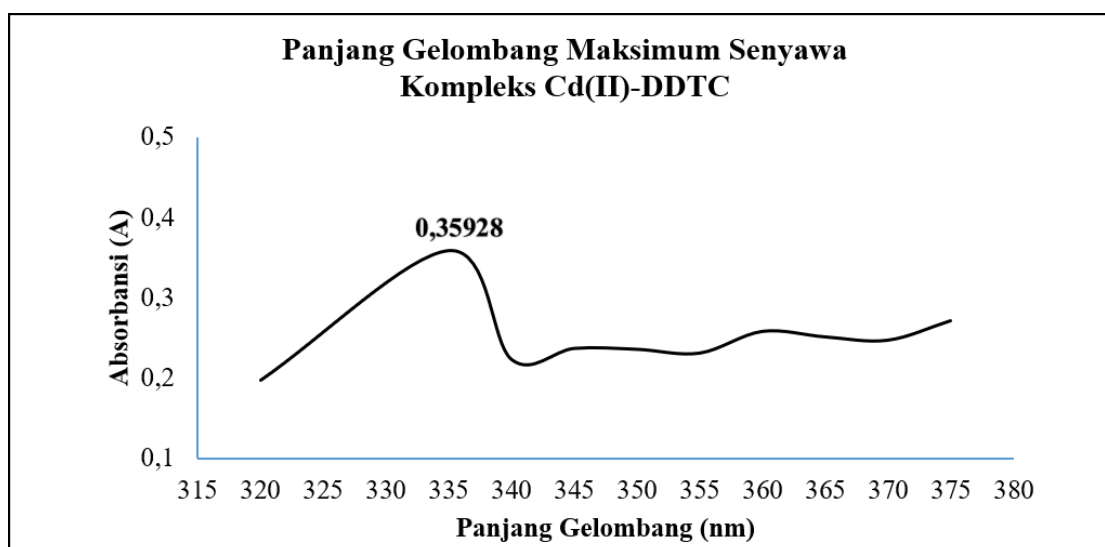
34,07% pada penambahan Mo(VI) 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. Pola tersebut menunjukkan bahwa keberadaan Mo(VI) memengaruhi respons absorbansi sistem pada kondisi yang diuji.

Tabel 6. Pengaruh konsentrasi Mo(VI) terhadap respons absorbansi Cd(II) 25 ppm

Mo(VI) (ppm)	Absorbansi (A)	Perubahan terhadap pembanding
0	0,519800	0,00% (pembanding)
5	0,532899	2,52%
10	0,570745	9,80%
15	0,604770	16,35%
20	0,632920	21,76%
25	0,696875	34,07%

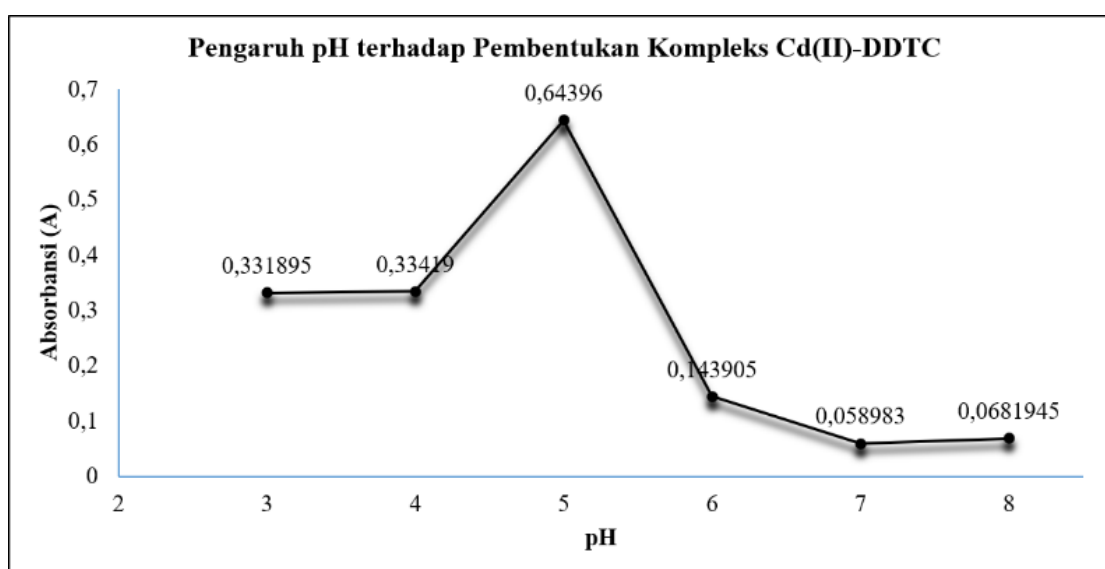
PEMBAHASAN

Panjang gelombang operasional pada penelitian ini ditetapkan sebesar 335 nm pada gambar 1, karena menghasilkan absorbansi tertinggi di antara titik data yang dianalisis. Karakteristik spektral kompleks Cd(II)-ditiokarbamat juga telah dikaji menggunakan spektroskopi UV–Vis oleh Maurya *et al.*, (2023), sedangkan penelitian sintesis kompleks Cd(II)-dithiokarbamat menunjukkan bahwa kelompok ligan ini dapat menghasilkan senyawa dengan karakteristik spektroskopi yang beragam (Maurya *et al.*, 2023; Sathiyaraj *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2020). Karena hanya titik terpilih yang ditampilkan pada grafik, hasil 335 nm perlu dipahami sebagai panjang gelombang operasional dari data yang digunakan dalam artikel. Penyebutan sebagai panjang gelombang maksimum global sebaiknya didukung oleh pemeriksaan kembali spektrum penuh 300–600 nm.



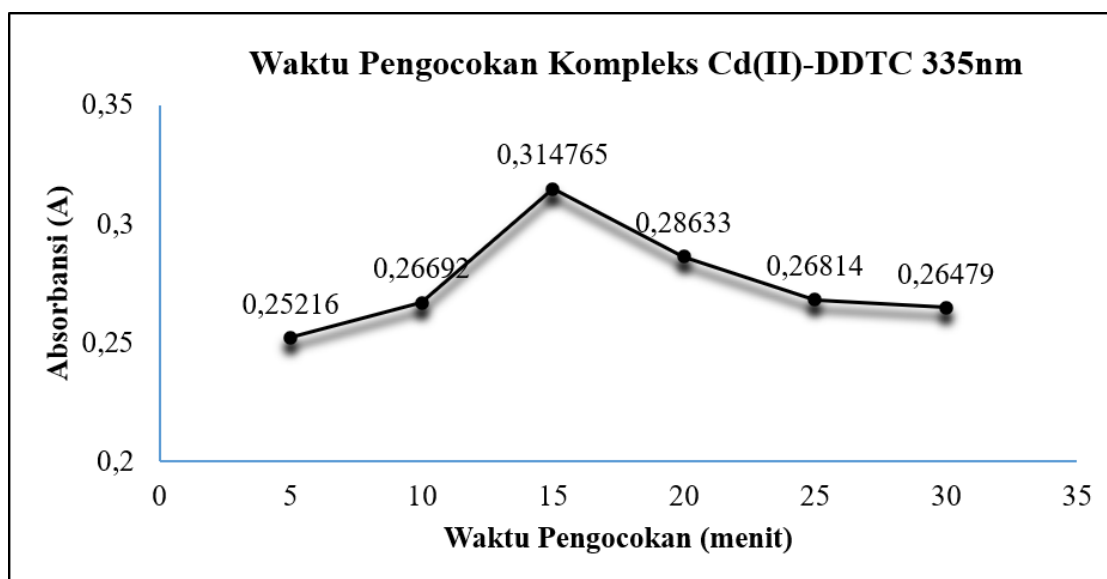
Gambar 1 Kurva panjang gelombang Cd(II)-DDTC

Variasi pH menunjukkan respons maksimum pada pH 5. Kondisi keasaman dapat memengaruhi keadaan protonasi ligan, spesiasi ion logam, pembentukan kompleks, dan perpindahan kompleks ke fasa organik. Pada gambar 2, penurunan absorbansi pada pH 6–8 menunjukkan bahwa kondisi tersebut menghasilkan respons analitik yang lebih rendah dibandingkan pH 5 dalam sistem yang digunakan. Namun, penelitian ini tidak secara langsung mengidentifikasi spesies kimia yang terbentuk pada setiap pH sehingga penjelasan mekanistik perlu disampaikan secara hati-hati. Studi ekstraksi Cd(II) juga memperlihatkan bahwa pH merupakan parameter penting yang optimumnya bergantung pada ligan, pelarut, dan rancangan ekstraksi (Elik & Altunay, 2022; Sun *et al.*, 2022).



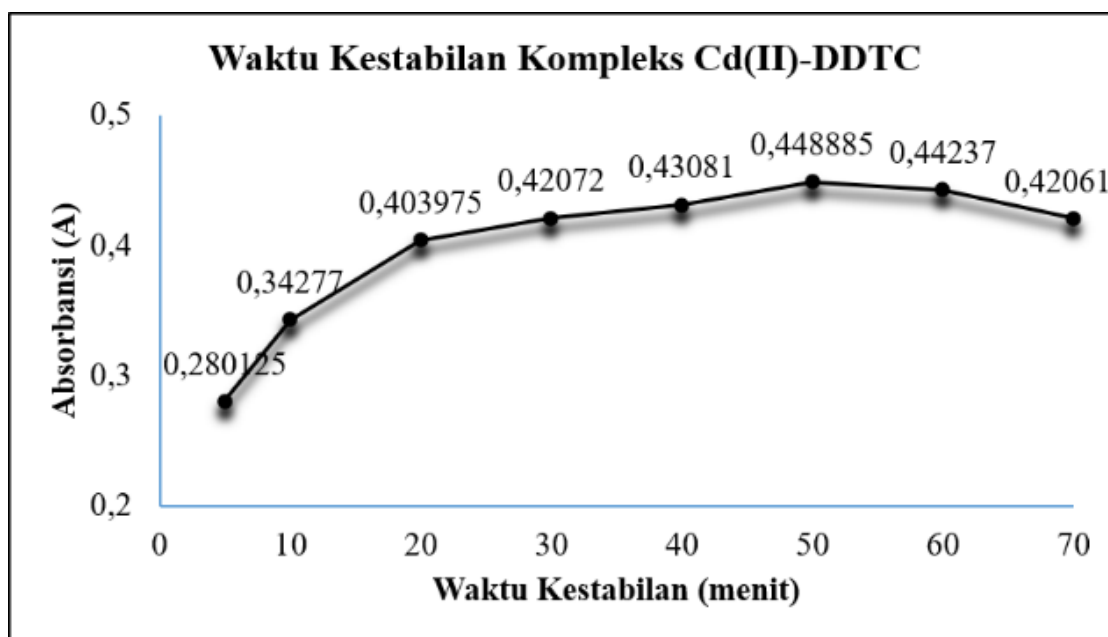
Gambar 2. Kurva pengaruh pH terhadap pembentukan kompleks

Waktu pengocokan 15 menit menghasilkan absorbansi tertinggi, dapat dilihat di gambar 3. Peningkatan respons dari menit ke-5 hingga menit ke-15 dapat berkaitan dengan kontak yang lebih memadai antara fasa air dan fasa organik serta kesempatan pembentukan dan perpindahan kompleks. Kontak dan pencampuran antarfasa merupakan faktor penting dalam proses perpindahan massa pada ekstraksi cair–cair (Yu *et al.*, 2023). Respons yang lebih rendah setelah 15 menit menunjukkan bahwa pengocokan yang lebih lama tidak meningkatkan absorbansi dalam data ini. Karena setiap kondisi hanya diukur secara duplo, hasil tersebut merupakan pilihan operasional berdasarkan nilai absorbansi tertinggi, bukan bukti statistik yang kuat bahwa perbedaannya signifikan. Hal ini sejalan dengan Altunay *et al.*, (2023), yang menunjukkan bahwa waktu pencampuran memengaruhi perolehan kembali Cd dalam proses ekstraksi.



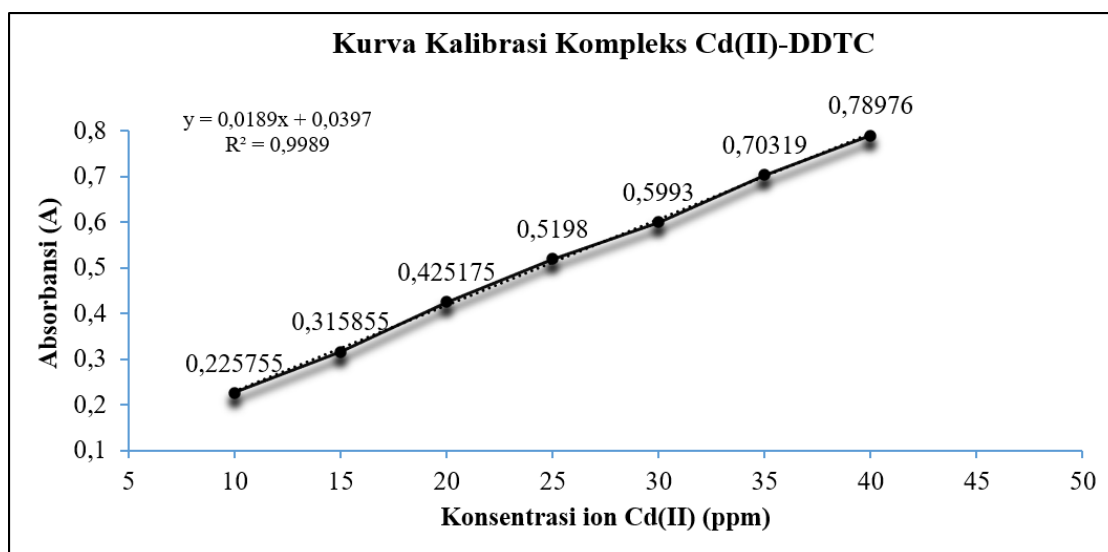
Gambar 3. Kurva hubungan waktu pengocokan dengan absorbansi.

Pada pengamatan waktu setelah ekstraksi di gambar 4, absorbansi tertinggi tercatat pada menit ke-50, kemudian sedikit menurun pada menit ke-60 dan lebih jelas pada menit ke-70. Perubahan absorbansi terhadap waktu juga dilaporkan oleh Nassar *et al.*, (2025) pada kompleks Cd(II) dengan ligan bis-thiosemicarbazone, yang menunjukkan bahwa waktu pengukuran perlu ditentukan berdasarkan profil absorbansi kompleks. Dengan demikian, waktu ke-50 dipilih sebagai waktu pembacaan operasional untuk kurva kalibrasi. Meskipun nilai pada menit ke-50 dan ke-60 relatif berdekatan, penetapan rentang kestabilan membutuhkan batas perubahan absorbansi yang dapat diterima dan pengukuran tambahan pada interval yang lebih rapat. Oleh sebab itu, istilah waktu pengukuran operasional lebih tepat daripada menyimpulkan bahwa kompleks sepenuhnya stabil sepanjang rentang tertentu.



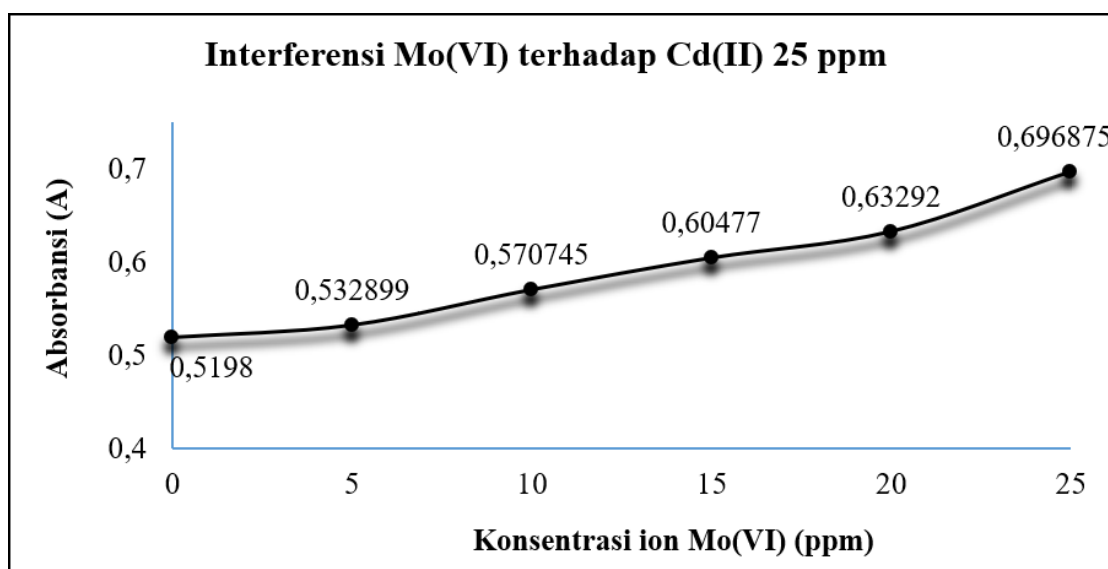
Gambar 4. Kurva waktu kestabilan kompleks

Kurva kalibrasi di gambar 5, pada rentang 10–40 ppm menghasilkan hubungan linear dengan R^2 sebesar 0,9989. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa absorbansi yang digunakan meningkat seiring konsentrasi Cd(II) pada rentang pengujian. Meskipun demikian, linearitas yang tinggi tidak secara otomatis membuktikan akurasi, presisi, selektivitas, atau ketahanan metode terhadap variasi kondisi. Penilaian hukum Bouguer–Beer–Lambert perlu mempertimbangkan kondisi pengukuran dan karakteristik sistem optik (Mayerhöfer *et al.*, 2020). Penelitian lanjutan perlu mencakup pengulangan yang lebih banyak, pemeriksaan residual, uji perolehan kembali, dan penilaian parameter validasi lain sebelum metode diaplikasikan pada sampel nyata.



Gambar 5. Kurva kalibrasi kompleks

Penambahan Mo(VI) menghasilkan peningkatan absorbansi dibandingkan nilai pembanding Cd(II) 25 ppm tanpa penambahan Mo(VI). Peningkatan mencapai sekitar 34,07% pada konsentrasi Mo(VI) 25 ppm. Temuan ini mengindikasikan adanya interferensi positif terhadap respons analitik pada kondisi yang digunakan. Keberadaan ion lain dalam sistem analisis dapat menimbulkan interferensi karena berpotensi memengaruhi sinyal pengukuran dan ketepatan penentuan analit. Pada spektrofotometri UV-Vis, gangguan matriks dan tumpang tindih spektrum dapat menyulitkan penentuan ion logam secara selektif (Yaseen *et al.*, 2026), akan tetapi, data absorbansi saja belum dapat menjelaskan mekanisme penyebab peningkatan tersebut, misalnya kontribusi serapan spesies yang mengandung Mo, perubahan proses kompleksasi, atau perubahan efisiensi ekstraksi. He *et al.*, (2019) juga melaporkan interferensi berbasis Mo dalam penentuan Cd menggunakan ICP-MS, meskipun mekanismenya berbeda dari sistem kompleksasi Cd(II)-DDTC. Karena nilai pembanding 0,5198 berasal dari data kalibrasi, pengukuran kontrol tanpa Mo(VI) pada rangkaian uji yang sama diperlukan untuk memperkuat interpretasi.



Gambar 6. Kurva Interferensi ion Mo(VI) terhadap Cd(II)-DDTC

Secara keseluruhan, data memberikan kondisi operasional awal berupa panjang gelombang 335 nm berdasarkan titik data terpilih, pH 5, waktu pengocokan 15 menit, waktu pengukuran 50 menit, dan rentang kalibrasi 10–40 ppm. Mo(VI) memengaruhi respons absorbansi sehingga selektivitas sistem perlu diteliti lebih lanjut. Pengembangan berikutnya perlu memverifikasi spektrum pemindaian penuh, meningkatkan jumlah replikasi, menguji ion pengganggu lain, dan mengevaluasi akurasi serta perolehan kembali pada sampel nyata atau bahan acuan. Pendekatan validasi dan optimasi matriks tetap diperlukan pada metode

penentuan logam berbasis ekstraksi, sebagaimana juga diperlihatkan pada berbagai penelitian mikroekstraksi dan analisis kadmium (Elik & Altunay, 2022; Jadvani *et al.*, 2025; Nassar *et al.*, 2025; Nova *et al.*, 2020; Sorouraddin *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Pembentukan kompleks Cd(II)-DDTC menunjukkan respons absorbansi tertinggi pada 335 nm di antara titik panjang gelombang terpilih yang disajikan. Kondisi pH 5 dan waktu pengocokan 15 menit menghasilkan absorbansi tertinggi pada tahap optimasi masing-masing, sedangkan waktu pengukuran operasional yang dipilih berdasarkan profil waktu adalah 50 menit. Kurva kalibrasi Cd(II) pada rentang 10–40 ppm menghasilkan persamaan regresi $y = 0,0189x + 0,0397$ dengan $R^2 = 0,9989$. Penambahan Mo(VI) pada konsentrasi Cd(II) tetap 25 ppm meningkatkan respons absorbansi, yang menunjukkan potensi interferensi positif pada kondisi pengujian. Hasil ini merupakan dasar awal optimasi dan belum menyatakan validasi metode secara menyeluruh. Pemeriksaan spektrum penuh, kontrol interferensi yang diukur pada rangkaian yang sama, serta pengujian presisi, akurasi, selektivitas, dan sampel nyata diperlukan untuk menilai kelayakan metode lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Altunay, N., Hazer, B., Lanjwani, M. F., & Tuzen, M. (2023). Ultra-sensitive determination of cadmium in food and water by flame-AAS after a new polyvinyl benzyl xanthate as an adsorbent based vortex assisted dispersive solid-phase microextraction: Multivariate optimization. *Foods*, 12(19), Article 3620. <https://doi.org/10.3390/foods12193620>
- Elik, A., & Altunay, N. (2022). Optimization of magnetic ionic based dispersive liquid-liquid microextraction of cadmium in water and food samples using experimental design prior to flame atomic absorption spectrophotometry. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27, Article 100697. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100697>
- Fakayode, S. O., Walgama, C., Fernand Narcisse, V. E., & Grant, C. (2023). Electrochemical and colorimetric nanosensors for detection of heavy metal ions: A review. *Sensors*, 23(22), Article 9080. <https://doi.org/10.3390/s23229080>
- Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., & Catalano, A. (2020). The effects of cadmium toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(11), Article 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
- He, D., Zhu, Z., Miao, X., Zheng, H., Li, X., Belshaw, N. S., & Hu, S. (2019). Determination of trace cadmium in geological samples by membrane desolvation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Microchemical Journal*, 148, 561–567. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.05.042>

- Hogarth, G., & Onwudiwe, D. C. (2021). Copper dithiocarbamates: Coordination chemistry and applications in materials science, biosciences and beyond. *Inorganics*, 9(9), Article 70. <https://doi.org/10.3390/inorganics9090070>
- Jadvani, J., Sharma, C., & Joshi, M. (2025). Solvent extraction and trace determination of cadmium(II) by spectrophotometry and ICP-MS. *Vietnam Journal of Chemistry*, 63(1), 49–53. <https://doi.org/10.1002/vjch.202400096>
- Maurya, V. K., Prasad, L. B., Singh, A., Shiv, K., Kumar, S., & Bharty, M. K. (2023). Cd(II) dithiocarbamate complexes: Synthesis, spectral studies, thermogravimetric analysis and semiconducting behaviour. *Asian Journal of Chemistry*, 35(2), 499–506. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2023.27486>
- Mayerhöfer, T. G., Pahlow, S., & Popp, J. (2020). The Bouguer-Beer-Lambert law: Shining light on the obscure. *ChemPhysChem*, 21(18), 2029–2046. <https://doi.org/10.1002/cphc.202000464>
- Nassar, S., Mohammed, G. I., & Farghaly, T. A. (2025). Direct spectrophotometric method for determination of cadmium(II) ions using bis-thiosemicarbazone. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2025(1), Article 3347969. <https://doi.org/10.1155/ianc/3347969>
- Pratiwi, N. A., & Sunarto. (2018). Perbandingan Validasi Metode Analisis Ion Tembaga(II) tanpa Pengompleks dan dengan Pengompleks Na-Dietilditiokarbamat secara Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Kimia Dasar*, 7(3), 96–104. <https://journal.student.uny.ac.id/eleme/article/view/12486>
- Sasongko, A., Yulianto, K., & Sarastri, D. (2017). Verifikasi Metode Penentuan Logam Kadmium (Cd) dalam Air Limbah Domestik dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 6(2), 228–237.
- Sathiyaraj, E., Padmavathy, K., Kumar, C. U., Krishnan, K. G., & Ramalingan, C. (2017). Synthesis and spectral studies on Cd(II) dithiocarbamate complexes and their use as precursors for CdS nanoparticles. *Journal of Molecular Structure*, 1147, 103–113. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.06.080>
- Singh, R. P., Maurya, V. K., Prasad, L. B., & Siddiqui, K. A. (2020). Three novel Cd(II) dithiocarbamate complexes: Synthesis, structural diversity and fluorescence properties. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 17(11), 2867–2876. <https://doi.org/10.1007/s13738-020-01965-4>
- Sorouraddin, S. M., Farajzadeh, M. A., & Dastoori, H. (2020). Development of a dispersive liquid-liquid microextraction method based on a ternary deep eutectic solvent as chelating agent and extraction solvent for preconcentration of heavy metals from milk samples. *Talanta*, 208, Article 120485. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2019.120485>
- Sun, Q., Cui, X., Wang, Y., Zhang, P., & Lu, W. (2022). Comparison studies on several ligands used in determination of Cd(II) in rice by flame atomic absorption spectrometry after ultrasound-assisted dispersive liquid-liquid microextraction. *Molecules*, 27(3), Article 590. <https://doi.org/10.3390/molecules27030590>
- Villa Nova, D. G., Robaina, N. F., do Amaral, K. D., & Cassella, R. J. (2020). Cadmium(II) determination in production waters from petroleum exploration after its separation from the highly saline matrix mediated by a semipermeable membrane device.

Microchemical Journal, 152, Article 104310.
<https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104310>

- Wasag, J., & Grabarczyk, M. (2021). Copper film modified glassy carbon electrode and copper film with carbon nanotubes modified screen-printed electrode for the Cd(II) determination. *Materials*, 14(18), Article 5148. <https://doi.org/10.3390/ma14185148>
- Yaseen, S. M., Mahmood, M. F., Yaseen, N. M., & Khudhair, Z. T. (2026). Chemometric techniques for enhancing UV-Vis spectrophotometric determination of metal ions: A review. *Al-Mustansiriyah Journal of Science*, 37(1), 39–77. <https://doi.org/10.23851/mjs.v37i1.1778>
- Yu, S., Zhang, J., Li, S., Chen, Z., & Wang, Y. (2023). Mass transfer and droplet behaviors in liquid-liquid extraction process based on multi-scale perspective: A review. *Separations*, 10(4), Article 264. <https://doi.org/10.3390/separations10040264>