



Penentuan Konsentrasi Parasetamol Menggunakan Sensor Elektrokimia Platina (Pt) dengan Teknik Voltametri Siklik

Dwi Hermayantiningsih^{1*}, Zahrotun Nafisah², Remi Ayu Pratika³

^{1,2,3}Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya, Indonesia
Email: ^{1*}dwiherma@mipa.upr.ac.id

Abstract

The aim of this study was to determine the concentration of paracetamol in tablet formulations using cyclic voltammetry, with a platinum electrode serving as both the working electrode (WE) and the counter electrode (CE), and Ag/AgCl as the reference electrode (RE). Cyclic voltammetry measurements for paracetamol analysis were carried out within a potential range of 0 to 1.5 V with a constant scan rate of 100 mV/s and 0.1 M H₂SO₄ as the electrolyte. The resulting voltammogram profile showed a clear and sharp anodic peak in the potential range of approximately 0.6–1.4 V, indicating the oxidation of the phenolic group present in the paracetamol (C₈H₉NO₂) forming N-acetyl-p-benzoquinone imine (NAPQI) via an electron transfer mechanism on the surface of the platinum working electrode, which functions as the detection sensor. A standard calibration curve was constructed based on the relationship between the concentration of the paracetamol standard solution and the anodic peak current (IA). The linear regression equation obtained is $y = 2 \times 10^{-7}x + 3 \times 10^{-6}$. Substituting the sample anode current value into this equation and taking into account a dilution factor of 5, the sample concentration is found to be 1950 ppm. Taking into account the sample volume of 25 mL, sample mass of 500 mg, and tablet mass of 4000 mg, the concentration of paracetamol in a single tablet is calculated to be 390 ppm (equivalent to 390 mg/L).

Keywords: Paracetamol, Platinum Sensor, Cyclic Voltammetry.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar parasetamol dalam sediaan tablet menggunakan metode voltametri siklik (*cyclic voltammetry*) dengan elektroda platina sebagai *working electrode* (WE) sekaligus *counter electrode* (CE) dan Ag/AgCl sebagai *reference electrode* (RE). Pengukuran voltametri siklik untuk analisis parasetamol dilakukan dalam rentang beda potensial 0 hingga 1,5 Volt dengan laju pemindaian potensial (*scan rate*) tetap sebesar 100 mV/s dan elektrolit H₂SO₄ 0,1 M. Profil voltamogram yang diperoleh menunjukkan adanya puncak anodik yang jelas dan tajam pada rentang potensial sekitar 0,6–1,4 V yang mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi gugus fenolik yang terdapat dalam struktur molekul parasetamol (C₈H₉NO₂) membentuk N-asetil-p-benzokuinon imina (NAPQI) melalui mekanisme transfer elektron pada permukaan elektroda kerja platina yang berfungsi sebagai sensor deteksi. Kurva kalibrasi standar dibuat berdasarkan hubungan antara konsentrasi larutan standar parasetamol dan arus puncak anoda (IA). Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y=2 \times 10^{-7}x+3 \times 10^{-6}$. Substitusi nilai arus anoda sampel ke dalam persamaan tersebut dan memperhatikan factor pengenceran sebanyak 5 kali diperoleh konsentrasi sampel adalah sebesar 1950 ppm. Dengan mempertimbangkan volume sampel 25 mL, massa sampel 500 mg, dan massa tablet 4000 mg, diperoleh konsentrasi parasetamol dalam satu tablet sebesar 390 ppm (setara dengan 390 mg/L).

Kata Kunci: Parasetamol; Sensor Platina, Voltametri Siklik.

1. PENDAHULUAN

Parasetamol ($C_8H_9NO_2$) atau juga sering disebut dengan asetaminofen merupakan salah satu obat analgesik (pereda nyeri) dan antipiretik (penurun demam) yang paling banyak digunakan secara luas oleh masyarakat (Mallet et al., 2023). Parasetamol merupakan obat populer dan paling sering digunakan di seluruh dunia, tersedia tanpa resep dokter, baik dalam bentuk sediaan tunggal maupun kombinasi seperti tablet, sirup, dan injeksi. Penggunaan parasetamol yang luas dalam bidang medis mencakup penanganan nyeri ringan hingga sedang serta demam. Obat ini banyak dipilih karena merupakan salah satu obat bebas yang harganya terjangkau, tingkat keamanannya pada dosis yang dianjurkan, toksisitas gastrointestinal yang rendah, serta kemanjurannya dalam mengatasi sakit kepala, sakit gigi, dan gejala pilek (Ayoub, 2021).

Parasetamol merupakan pilihan utama bagi pasien yang tidak dapat diobati dengan obat antiinflamasi nonsteroid (*Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs/NSAID*), seperti penderita asma bronkial, penyakit tukak lambung, hemofilia, orang yang sensitif terhadap salisilat, anak-anak di bawah usia 12 tahun, serta wanita hamil atau menyusui. Parasetamol direkomendasikan sebagai pengobatan lini pertama untuk nyeri yang terkait dengan osteoarthritis. Secara umum, parasetamol tergolong obat yang dapat ditoleransi dengan baik (*well-tolerated*). Dibandingkan dengan NSAID, parasetamol menunjukkan insiden efek samping pada saluran cerna yang jauh lebih rendah, seperti dispepsia, erosi mukosa lambung, atau perdarahan. Hal ini menjadikannya pilihan yang lebih aman untuk pasien dengan faktor risiko gastrointestinal (Milani et al., 2026).

Meskipun memiliki profil keamanan yang baik pada dosis terapeutik, yaitu aman jika diminum sesuai dosis yang dianjurkan, batas antara dosis yang menyembuhkan dan dosis yang berbahaya sangatlah kecil, oleh karena itu ketepatan dosis sangat penting (Ayoub, 2021). Data epidemiologi menunjukkan bahwa setiap tahun terjadi peningkatan yang stabil dalam jumlah kasus cedera hati akut (hepatotoksitas) yang disebabkan oleh parasetamol di seluruh dunia. Kerusakan hati ini umumnya terkait dengan overdosis serta penggunaan dalam jangka waktu lama yang dapat merusak dinding sel hati (Anindyaguna et al., 2022).

Meningkatnya kekhawatiran terhadap keamanan parasetamol, terutama terkait risiko hepatotoksitas yang mengancam jiwa, validitas penjualan obat ini tanpa resep (*over-the-counter/OTC*) mulai dipertanyakan. Kekhawatiran ini muncul seiring dengan penggunaan parasetamol yang sangat luas di masyarakat, yang pada akhirnya menuntut adanya penentuan konsentrasi yang akurat dalam sediaan farmasi sebagai upaya menjamin keamanan pengguna, kualitas, dan kepatuhan terhadap standar yang telah ditetapkan (Zanuba et al., 2025). Penentuan konsentrasi yang akurat memastikan bahwa setiap sediaan mengandung dosis yang sesuai dengan yang tertera pada label, sehingga efek terapeutik dapat dicapai secara optimal sekaligus meminimalkan potensi risiko toksisitas. Akurasi penetapan kadar parasetamol baik pada tahap produksi maupun dalam pemantauan klinis merupakan hal yang penting dalam pengendalian potensi risiko hepatotoksitas (Rahmawati et al., 2023).

Berbagai metode analisis telah dikembangkan untuk penentuan kadar parasetamol, baik dalam sediaan farmasi maupun matriks biologis. Metode-metode tersebut antara lain Kromatografi Cair - Spektrometri Massa (LC-MS), Kromatografi Cair Kinerja Tinggi - Spektrometri Massa (HPLC-MS), Kromatografi Gas - Spektrometri Massa (GC-MS), serta Kromatografi Cair Kinerja Ultra Tinggi - Spektrometri Massa (UHPLC-MS) (El-abassy et al., 2025). Metode-metode kromatografi yang dikombinasikan dengan spektrometri massa ini memiliki keunggulan dalam hal sensitivitas, selektivitas, dan kemampuan analisis pada kadar yang sangat rendah, sehingga banyak digunakan untuk

analisis parasetamol dalam sampel biologis seperti darah, serum, dan urin, terutama dalam konteks toksikologi klinis dan penelitian farmakokinetik. Penentuan kadar parasetamol juga dapat dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Hal ini disebabkan karena molekul parasetamol memiliki gugus kromofor yang mampu menyerap sinar ultraviolet. Serapan maksimumnya terjadi pada panjang gelombang 249 nm dengan nilai absorptivitas sebesar 900 dalam pelarut etanol (Mavanga, M. T. Mankulu, 2025)

Metode-metode tersebut merupakan teknik analisis yang paling umum dan paling luas digunakan untuk penentuan kadar parasetamol, baik dalam sediaan farmasi seperti tablet, sirup, dan supositoria, maupun dalam matriks biologis seperti plasma, serum, dan urin. Masing-masing metode memiliki prinsip kerja yang berbeda, namun semuanya mengandalkan pengukuran respons analitik yang proporsional dengan konsentrasi parasetamol dalam sampel. HPLC lebih unggul dibandingkan spektrofotometer UV-Vis dalam spesifisitas dan limit rendah untuk matriks kompleks, tapi membutuhkan kolom dan *solvent* yang mahal (Putri & Yuwono, 2023). Namun demikian, implementasi metode-metode tersebut di laboratorium memerlukan ketersediaan instrumen yang memadai, tidak hanya dari segi keberadaan perangkat keras (*hardware*) seperti pompa, kolom, detektor, dan autosampler, tetapi juga dari segi ketepatan dan ketelitian (akurasi) alat ukur itu sendiri.

Selain metode-metode kromatografi dan spektrofotometri tersebut, *cyclic voltammetry* (CV) atau voltametri siklik menawarkan pendekatan alternatif yang menarik untuk penentuan kadar parasetamol. Metode ini didasarkan pada sifat elektroaktif parasetamol, yang mengandung gugus fenolik dan amida yang dapat mengalami reaksi oksidasi reversibel pada permukaan elektroda kerja. Ketika potensial listrik dialirkan secara siklik, parasetamol akan teroksidasi menjadi *N-acetyl-p-benzoquinone imine* (NAPQI) pada potensial anodik tertentu, dan sebaliknya dapat tereduksi kembali pada potensial katodik (Gharous, Bounab, Pereira, Choukairi, Roberto, et al., 2023). Perubahan arus yang terukur berbanding lurus dengan konsentrasi parasetamol dalam larutan, sehingga memungkinkan analisis kuantitatif yang akurat (Shewarega et al., 2021).

Dibandingkan dengan metode kromatografi yang memerlukan biaya tinggi, voltametri siklik menawarkan keunggulan berupa kesederhanaan prosedur, waktu analisis yang cepat, biaya instrumen yang lebih terjangkau, serta kebutuhan volume sampel yang kecil (Adita et al., 2025). Metode ini juga sangat sensitif, terutama bila dikombinasikan dengan elektroda platina (*platinum electrode*), yang memiliki stabilitas kimia yang sangat baik, rentang potensial yang luas, serta kemampuan konduktivitas listrik yang tinggi (Qi et al., 2025). Elektroda platina juga mudah dibersihkan dan dapat digunakan berulang kali tanpa mengalami degradasi signifikan pada permukaannya, sehingga sangat cocok untuk analisis parasetamol yang melibatkan reaksi oksidasi reversibel. Selain itu, elektroda bersifat inert dalam sel elektrokimia, stabil untuk pengukuran potensial (Anita et al., 2022).

Kelebihan metode voltametri siklik dengan menggunakan elektroda platina dibandingkan dengan metode kromatografi dan spektrofotometri adalah selektivitasnya terhadap interferensi matriks lain karena kemampuannya mengkatalisis reaksi redoks analit secara selektif berdasarkan potensialnya. Selain itu platina yang bersifat inert tidak bereaksi dengan larutan pendukung sehingga noise rendah dan mempunyai limit deteksi yang bagus karena dapat mendeteksi zat dalam jumlah yang sangat kecil.

Penggunaan elektroda platina sebagai *working electrode* (WE) sekaligus *counter electrode* (CE) pada voltametri siklik karena fungsinya sebagai sensor yang mampu mendeteksi parasetamol pada rentang kadar yang sangat rendah, yakni skala micromolar (μM) hingga yang lebih kecil lagi, bergantung pada komposisi larutan elektrolit dan laju

potensial yang diterapkan. Elektroda platina berfungsi sebagai sensor dalam sel elektrokimia dengan cara memfasilitasi transfer elektron selama reaksi redoks analit target, sehingga menghasilkan perubahan arus atau potensial yang dapat diukur dan sebanding dengan konsentrasinya (Côrtes et al., 2023). Sensitivitas tinggi elektroda platina ini menjadikannya komponen penting dalam sistem deteksi.

Elektroda platina mempunyai aktivitas katalitik yang tinggi karena dapat menurunkan overpotensial dan mempercepat laju transfer elektron. Dalam studi biosensor glutamat platina menunjukkan sensitifitas paling tinggi terhadap H₂O₂ dibandingkan dengan elektroda lainnya yaitu emas (Au), palladium (Pd) dan *Glass Carbon* (GC) (Janes et al., 2025). Selain itu, platina memiliki rentang potensial yang tinggi, terutama di daerah potensial positif, sehingga cocok untuk proses redoks berbagai analit tanpa mengoksidasi elektroda itu sendiri.

Hal penting yang perlu diperhatikan dalam penggunaan metode voltametri siklik adalah pemilihan potensial dan waktu pindai. Elektroda platina mempunyai rentang potensial yang baik pada 0-1,5 V karena reaksi reduksi air menjadi H₂ tidak terjadi pada potensial di bawah 0 V dan oksidasi air menjadi O₂ tidak terjadi/ sangat sedikit terjadi pada potensial di atas 1,5 V. Laju pemindaian dipilih pada 100 mV/s karena pada kecepatan ini arus faradaic cukup besar serta rasio signal to noise (S/N) optimal untuk elektroda Pt sehingga analisis lebih sensitif (Gámez et al., 2025).

Dengan mengandalkan elektroda platina sebagai sensor, voltametri siklik dapat diandalkan sebagai metode alternatif yang efektif untuk berbagai keperluan, seperti skrining cepat, pengendalian kualitas rutin di industri farmasi, serta pemantauan kadar parasetamol di fasilitas layanan kesehatan primer yang tidak memiliki akses terhadap instrumen kromatografi berspesifikasi tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas beker 100 mL dan 250 mL, labu ukur 25 mL, 100 mL, dan 1000 mL, mortar dan alu, kaca arloji, pipet ukur 5 mL, 10 mL, dan 25 mL, ball pipet, neraca analitik, potensiostat, serta tiga elektroda, yaitu *working electrode* (WE) dan *counter electrode* (CE) berbahan platina, serta *reference electrode* (RE) berbahan AgCl. Adapun bahan yang digunakan adalah sediaan tablet yang mengandung parasetamol sebagai sampel, parasetamol standar sebagai pembanding, akuades sebagai pelarut, dan H₂SO₄ pekat.

2.2 Pembuatan larutan elektrolit H₂SO₄ 0,1 M

Larutan elektrolit H₂SO₄ 0,1 M sebanyak 500 mL dibuat dengan mengencerkan 2,72 mL H₂SO₄ pekat (98%, ρ = 1,84 g/mL) ke dalam akuades hingga volume 500 mL. Pengenceran dilakukan dengan menuangkan asam secara perlahan ke dalam gelas beker yang telah berisi 200 mL akuades sambil diaduk, kemudian didinginkan hingga suhu ruang. Larutan dipindahkan ke labu ukur 500 mL, ditera dengan akuades, dan dihomogenkan.

2.3 Pembuatan larutan induk parasetamol 1000 ppm

Larutan induk parasetamol 1000 ppm dibuat dengan menimbang 100 mg parasetamol standar. Serbuk parasetamol dilarutkan dalam akuades di dalam gelas beker 100 mL, kemudian diaduk hingga larut sempurna. Larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas, kemudian dikocok hingga homogen.

2.4 Pembuatan deret standar parasetamol

Deret standar parasetamol dibuat melalui pengenceran larutan induk parasetamol 1000 ppm menggunakan akuades sebagai pelarut. Sebanyak empat konsentrasi standar, yaitu 200; 400; 600; dan 800 ppm, disiapkan dalam labu ukur 25 mL. Masing-masing konsentrasi diperoleh dengan memipet larutan induk 1000 ppm secara berurutan sebanyak 5,0; 10,0; 15,0; dan 20,0 mL, kemudian volume ditera dengan akuades hingga tanda batas. Setiap larutan standar dihomogenkan dengan cara mengocok labu ukur sebanyak 10–12 kali sebelum dianalisis.

2.5 Preparasi Sampel Parasetamol

Sampel yang digunakan berupa sediaan tablet yang mengandung parasetamol. Sejumlah tablet digerus hingga halus menggunakan mortar dan alu. Serbuk homogen yang setara dengan 50 mg parasetamol ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, kemudian dilarutkan dalam akuades di dalam gelas beker. Larutan diaduk hingga parasetamol larut sempurna, selanjutnya disaring untuk memisahkan bahan pengisi yang tidak larut. Filtrat yang diperoleh dipindahkan ke dalam labu ukur 50 mL, lalu volume ditera dengan akuades hingga tanda batas dan dihomogenkan.

2.6 Preparasi Elektroda

Elektroda platina yang akan digunakan direndam terlebih dahulu dengan menggunakan larutan asam H₂SO₄ 10% selama \pm 20 detik kemudian dibilas dengan akuades sampai bersih. Sedangkan Elektroda Ag/AgCl direndam dalam larutan KCl 3,5 M sebelum digunakan.

2.7 Analisis Voltametri Siklik

Analisis voltametri siklik dilakukan menggunakan potensiostat yang dilengkapi sistem tiga elektroda, meliputi *working electrode* (WE) berbahan platina, *counter electrode* (CE) berbahan platina, dan *reference electrode* (RE) berbahan Ag/AgCl. Sebanyak 25 mL akuades sebagai blanko dan 10 mL larutan elektrolit H₂SO₄ 0,1 M dimasukkan ke dalam bejana kaca yang berfungsi sebagai sel elektrokimia. Parameter voltametri siklik diatur pada rentang potensial 0–1,5 V dengan laju pemindaian (*scan rate*) 100 mV/s. Arus yang dihasilkan dicatat sebagai respons voltamogram. Prosedur yang sama dilakukan masing-masing untuk 25 mL larutan standar pada setiap konsentrasi yang telah ditambahkan 10 mL H₂SO₄ 0,1 M, serta untuk larutan sampel sediaan obat. Kurva kalibrasi dibuat dengan memplot hubungan antara konsentrasi larutan standar dan arus puncak yang terukur. Konsentrasi sampel kemudian ditentukan dengan metode interpolasi dari kurva kalibrasi tersebut. Koefisien determinasi yang baik dalam kurva kalibrasi adalah $R^2 \geq 0,995$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Profil Voltamogram Parasetamol

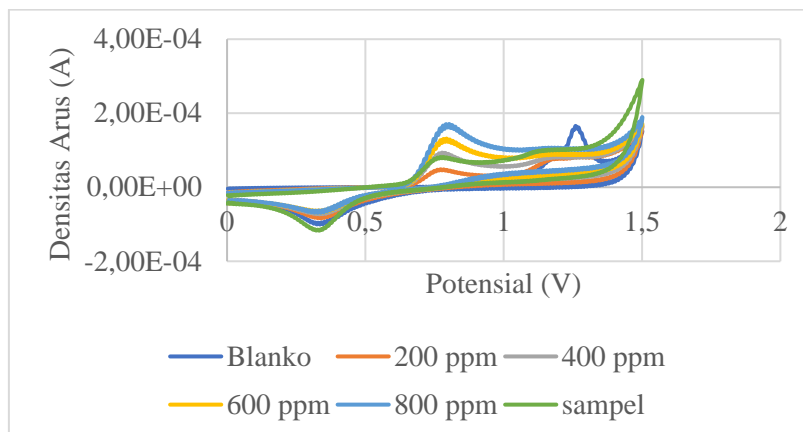
Puncak voltamogram dari sampel yang dianalisis menunjukkan aktivitas reaksi redoks (oksidasi-reduksi) dari senyawa parasetamol (C₈H₉NO₂) bersama elektrolit pendukung yang berlangsung di dalam sel elektrolisis. Penentuan puncak ini bertujuan untuk mengamati puncak optimum hasil interaksi antara elektroda kerja dengan senyawa parasetamol dan untuk memastikan bahwa puncak yang muncul secara spesifik berasal dari proses elektrokimia parasetamol, bukan dari larutan blanko (elektrolit tanpa parasetamol) (Ahmed et al., 2026). Perbandingan antara voltamogram sampel dan blanko diperlukan untuk mengonfirmasi bahwa sinyal yang terdeteksi benar-benar menunjukkan

keberadaan dan aktivitas elektrokimia parasetamol, bukan hanya akibat dari pengaruh elektrolit atau elektroda.

Elektrolit yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan H_2SO_4 0,1 M. Elektrolit dalam voltametri siklik berperan penting dalam membentuk karakteristik voltamogram, seperti tinggi dan lebar puncak, serta mempengaruhi arus dan potensial sampel. Elektrolit didalam larutan juga dapat mempengaruhi besarnya potensial dari *reference electrode* (RE) Ag/AgCl karena RE merespon anion dalam larutan sehingga sinyal yang dihasilkan berbeda untuk setiap larutan elektrolit (Chen et al., 2025).

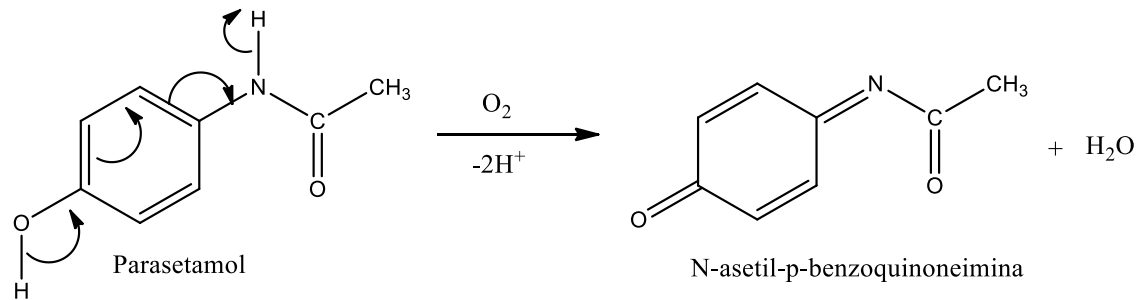
Elektroda yang digunakan sebagai *working electrode* (WE) dan *counter electrode* (CE) dalam penelitian ini adalah Platina. Elektroda platina dipilih karena memiliki stabilitas tinggi, sifat reaktif, konduktivitas listrik yang baik, serta karakteristik elektrokatalitik yang unggul. Platina berperan sebagai sensor elektrokimia yang mendeteksi dan mengubah sinyal kimia dari parasetamol menjadi sinyal listrik (arus versus potensial). Selain itu, platina memiliki aktivitas elektrokatalitik tinggi terhadap senyawa fenolik dan amina, termasuk parasetamol. Sifat ini menurunkan energi aktivasi reaksi oksidasi, sehingga arus puncak yang dihasilkan lebih besar dan lebih tajam dibandingkan elektroda inert lainnya seperti kaca atau karbon. Keunggulan ini menjadi alasan penggunaan Platina sebagai sensor karena kemampuannya mendeteksi sampai konsentrasi rendah. Sifat inert Platina juga membuat permukaannya tidak mudah teroksidasi atau terlarut, sehingga sinyal yang dihasilkan stabil untuk pengukuran berulang (Aarts et al., 2026).

Pengukuran voltametri siklik untuk analisis parasetamol dilakukan dalam rentang beda potensial 0 hingga 1,5 Volt dengan laju pemindaian potensial (*scan rate*) tetap sebesar 100 mV/s. Pemilihan rentang potensial ini bertujuan untuk mencakup wilayah oksidasi parasetamol sekaligus mengamati kemungkinan reaksi lanjutan pada potensial yang lebih positif (Gharous, Bounab, Pereira, Choukairi, López, et al., 2023). Laju pemindaian 100 mV/s dipilih sebagai kondisi standar yang memberikan keseimbangan antara sensitivitas arus puncak dan resolusi voltamogram. Sebanyak enam larutan diukur dalam kondisi yang sama: larutan blanko (H_2SO_4 0,1 M tanpa parasetamol), empat larutan standar parasetamol dengan konsentrasi berturut-turut 200, 400, 600, dan 800 ppm, serta satu larutan sampel yang mengandung parasetamol dengan konsentrasi tidak diketahui. Masing-masing larutan sebanyak 25 mL ditambah dengan 10 mL elektrolit pendukung H_2SO_4 0,1 M yang berfungsi untuk meningkatkan konduktivitas larutan dan menjaga stabilitas pH. Voltamogram yang dihasilkan dari keenam larutan tersebut disajikan secara komparatif pada Gambar 1, sehingga pola peningkatan arus puncak seiring bertambahnya konsentrasi parasetamol dapat diamati secara visual.



Gambar 1. Voltamogram Siklik Paracetamol dengan Elektroda Platina dan Elektrolit Pendukung H_2SO_4 0,1 M

Berdasarkan profil voltamogram yang diperoleh, kurva menunjukkan adanya puncak anodik yang jelas dan tajam pada rentang potensial sekitar 0,6–1,4 V. Munculnya puncak anodik ini dikaitkan dengan reaksi oksidasi gugus fenolik yang terdapat dalam struktur molekul parasetamol ($C_8H_9NO_2$) (Makhlouf et al., 2024). Pada proses ini, gugus fenolik ($-OH$ pada cincin aromatik) teroksidasi membentuk N-asetil-p-benzokuinon imina (NAPQI) melalui mekanisme transfer elektron dengan melepaskan 2 elektron dan 2 ion hidrogen (H^+). Reaksi ini berlangsung di permukaan elektroda kerja platina yang bersifat elektrokatalitik dan berfungsi sebagai sensor, serta merupakan ciri khas dari perilaku elektrokimia parasetamol dalam medium asam (H_2SO_4 0,1 M). Adapun mekanisme reaksi yang berlangsung adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Reaksi Oksidasi Parasetamol pada Permukaan Elektroda

Saat potensial pada elektroda platina cukup positif (+0.6 V vs. Ag/AgCl), molekul parasetamol yang teradsorpsi di permukaan elektroda akan melepaskan elektron (e^-) dan satu proton (H^+). Elektron ini akan mengalir melalui elektroda Pt menuju potentiostat, menghasilkan arus oksidasi yang terdeteksi sebagai puncak anodik dalam voltammogram. Permukaan platina merupakan situs aktif yang memfasilitasi transfer elektron dapat terjadi.

Berdasarkan data voltammogram dan dikaitkan dengan reaksi yang terjadi pada potensial +0,6 V terjadi oksidasi parasetamol menjadi radikal fenoksi, kemudian pada suasana asam tranfer elektron memerlukan overpotensial hingga +1,4 V sehingga radikal dengan cepat teroksidasi menjadi NAPQI. Peran platina sebagai sensor adalah mendeteksi reaksi redoks tersebut dan menerjemahkan respon sebagai sinyal listrik yang dapat diukur.

Elektroda platina murni (*bare platinum*) yang digunakan dalam penelitian ini juga mempunyai kelemahan yaitu selektivitas sensor akibat adanya interferensi masih rentan. Keberadaan senyawa elektroaktif yang mempunyai rentang potensial yang mirip dapat menyebabkan gangguan sinyal. Modifikasi elektroda platina juga dilakukan untuk meningkatkan selektivitasnya diantaranya dengan elektrodposisi nikel (Ni) pada permukaan platina menjadi elektroda Pt-Ni untuk deteksi parasetamol dalam sampel darah. Hasil penelitian menunjukkan modifikasi elektroda platina dapat meningkatkan kinerja sensor terutama pada sampel biologis (Stoytcheva et al., 2025).

3.2. Analisis Kuantitatif Konsentrasi Parasetamol

Berdasarkan data voltamogram siklik yang berupa kurva hubungan arus versus potensial, dapat diperoleh beberapa parameter utama dengan cara mengidentifikasi puncak-puncak yang muncul pada saat scan maju dan scan balik. Pada scan maju ke arah potensial positif, terbentuk puncak anodik yang menandakan terjadinya reaksi oksidasi, di mana potensial pada saat arus mencapai nilai maksimumnya disebut sebagai potensial puncak anodik (EPA), sedangkan tinggi puncak yang diukur dari garis dasar hingga titik tertinggi tersebut adalah arus puncak anodik (IA). Kemudian pada scan balik ke arah

potensial negatif, jika spesies hasil oksidasi masih stabil dan dapat direduksi kembali, akan terbentuk puncak katodik, sehingga diperoleh potensial puncak katodik (EPC) dan arus puncak katodik (IC). Selanjutnya, nilai separasi puncak (ΔEP) dihitung sebagai selisih absolut antara EPA dan EPC. Parameter-parameter ini memiliki makna fisis yang penting; IA dan IC sebanding dengan konsentrasi analit berdasarkan hukum Randles–Ševčík yang merupakan prinsip fundamental dalam elektrokimia, khususnya pada teknik voltametri siklik.

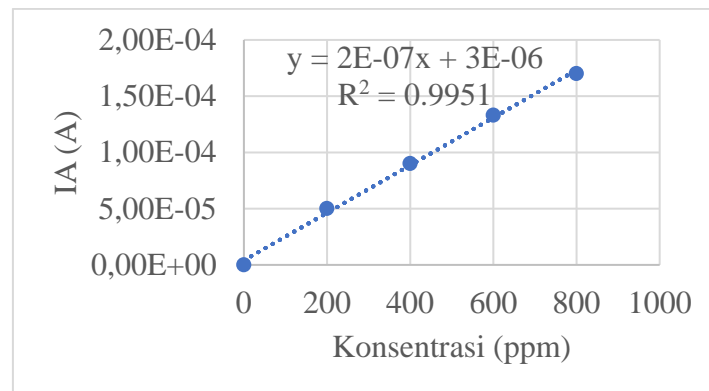
Tabel 1. Data Arus dan Potensial Parasetamol Pada Puncak Anodik dan Katodik

Konsentrasi (ppm)	IA (A)	IC (A)	EPA (V)	EPC (V)	ΔEP
200	$5,00 \times 10^{-5}$	$-8,00 \times 10^{-5}$	0,7	0,2	0,5
400	$9,00 \times 10^{-4}$	$-7,00 \times 10^{-5}$	0,78	0,3	0,48
600	$1,30 \times 10^{-4}$	$-7,00 \times 10^{-5}$	0,78	0,28	0,5
800	$1,70 \times 10^{-4}$	$-7,00 \times 10^{-5}$	0,79	0,3	0,49
sampel	$8,10 \times 10^{-5}$	$-1,10 \times 10^{-5}$	0,78	0,33	0,45

Berdasarkan data konsentrasi larutan standar pada berbagai konsentrasi dan arus puncak anodik (IA) yang diperoleh dari pengukuran dengan voltametri siklik, dapat dibuat kurva kalibrasi standar kemudian ditentukan regresi linearnya.

Tabel 2. Data Arus Puncak Anodik (IA) Standar Parasetamol

Konsentrasi (ppm)	IA (A)	IA (A)
0	0,00	0,00E+00
200	$5,00 \times 10^{-5}$	5,00E-05
400	$9,00 \times 10^{-5}$	9,00E-05
600	$1,33 \times 10^{-4}$	1,33E-04
800	$1,70 \times 10^{-4}$	1,70E-04



Gambar 3. Kurva Regresi Linear Larutan Standar Parasetamol

Massa rata-rata satu tablet parasetamol yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4 gram (4000 mg). Sampel yang dianalisis memiliki volume 25 mL (0,025 L) dengan massa sampel sebesar 0,5 gram (setara dengan 500 mg). Pengukuran sampel menggunakan metode voltametri siklik menghasilkan nilai arus anoda (IA) sebesar $8,10 \times 10^{-5}$ A. Nilai tersebut kemudian disubstitusikan ke dalam persamaan regresi linear yang diperoleh dari kurva kalibrasi standar, yaitu: $y = 2 \times 10^{-7}x + 3 \times 10^{-6}$. Berdasarkan perhitungan, diperoleh konsentrasi kalibrasi (x) sebesar 390 ppm.

Pada saat pengukuran pada sampel dilakukan pengenceran sebanyak 5 kali sebelum diukur, maka konsentrasi yang diperoleh tersebut merupakan konsentrasi setelah pengenceran. Oleh karena itu, perlu dilakukan koreksi untuk menentukan konsentrasi sebenarnya (C_s) dalam sampel awal. Konsentrasi sebenarnya dihitung dengan mengalikan konsentrasi kalibrasi dengan faktor pengenceran (fp), sebagai berikut:

$$C_s = X \times f_p = 390 \text{ ppm} \times 5 = 1950 \text{ ppm}$$

Selanjutnya, untuk menentukan konsentrasi parasetamol dalam satu tablet (C_p), digunakan persamaan:

$$C_p = C_s \times \frac{V_{\text{sampel}}(L)}{m_{\text{sampel}}(mg)} \times m_{\text{tablet}}(mg)$$

Dengan mensubstitusikan nilai yang telah diketahui, diperoleh konsentrasi parasetamol dalam satu tablet adalah 390 ppm (390 mg/L).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa metode voltametri siklik dengan elektroda platina sebagai *working electrode* dan *counter electrode* berfungsi secara efektif sebagai sensor untuk menentukan kadar parasetamol. Profil voltamogram menunjukkan adanya puncak anodik yang jelas dan tajam pada rentang potensial sekitar 0,6–1,4 V yang mengindikasikan terjadinya reaksi oksidasi gugus fenolik yang terdapat dalam struktur molekul parasetamol ($C_8H_9NO_2$). Hasil analisis pada sampel tablet menunjukkan konsentrasi parasetamol terukur sebesar 390 ppm (setara dengan 390 mg/L). Nilai ini merepresentasikan kadar bahan aktif dalam larutan sampel setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan faktor pengenceran dan massa tablet.

REFERENCES

- Aarts, M., Trindell, J. A., & Koper, M. T. M. (2026). concentration in cathodic corrosion of platinum. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 1189–1195. <https://doi.org/10.1039/d5cp03483c>
- Adita, A., Putra, E., & Setiarso, P. (2025). Cyclic Voltammetric Analysis of Retinol in Facial Serum. *Jurnal Pijar MIPA*, 20(5), 876–880.
- Ahmed, A. R., Ragab, M. A. A., Korany, M. A., Khashaba, S. A., & Aboras, S. I. (2026). *OPEN A multihued sustainable appraisal of the electrochemical method for synchronized micro-estimation of the household drug Paracetamol with Aceclofenac or Dicyclomine*. 1–15.
- Anindyaguna, A., Mustofa, S., Anggraini, D. I., Oktarlina, R. Z., Biokimia, B., Fakultas, M., Lampung, U., Ilmu, B., Kedokteran, F., & Lampung, U. (2022). *Drug-Induced Liver Injury Akibat Penyalahgunaan Parasetamol Drug-induced Liver Injury Due to Paracetamol Abuse*. 12, 500–507.
- Anita, A., Boisandi, B., & Basri, S. (2022). Elektroda Lawan Platina. *Karst : Jurnal Pendidikan Fisika Dan Terapannya*, 5, 8–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.46918/karst.v5i1.1225>
- Ayoub, S. S. (2021). Paracetamol (acetaminophen): A familiar drug with an unexplained mechanism of action. *Temperature*, 8(4), 351–371. <https://doi.org/10.1080/23328940.2021.1886392>
- Chen, C., Wang, Z., Chen, G., Zhang, Z., Bedran, Z., Tipper, S., Diaz-Núñez, P., Timokhin, I., Mishchenko, A., & Yang, Q. (2025). Silver Electrodeposition from Ag/AgCl Electrodes: Implications for Nanoscience. *Nano Letters*, 25(23), 9427–9432. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.5c01929>
- Côrtés, C., Mantilla, J. C., da Silva, S. W., Camara, G. A., & Giz, M. J. (2023). A sensitive and selective platinum-based electrochemical sensor for detection of neurotransmitters: Design and proof of concept. *Microchemical Journal*, 193, 109017. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.microc.2023.109017>

- El-abassy, O. M., Fawzy, M. G., & Kamel, E. B. (2025). *Two chromatographic methods for analyzing paracetamol in spiked human plasma with its toxic metabolite, N-acetyl parabenzoquinone imine and its antidote, N-acetyl-L-cysteine*. 1–10.
- Gámez, V., Melle, G., Climent, V., Arán-Ais, R. M., Herrero, E., & Feliu, J. M. (2025). New understanding of the voltammetry of platinum in non-adsorbing electrolytes. *Electrochimica Acta*, *512*, 145494. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.electacta.2024.145494>
- Gharous, M., Bounab, L., Pereira, F. J., Choukairi, M., López, R., & Aller, A. J. (2023). Electrochemical Kinetics and Detection of Paracetamol by Stevensite-Modified Carbon Paste Electrode in Biological Fluids and Pharmaceutical Formulations. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(14). <https://doi.org/10.3390/ijms241411269>
- Gharous, M., Bounab, L., Pereira, F. J., Choukairi, M., Roberto, L., & Aller, A. J. (2023). *Electrochemical Kinetics and Detection of Paracetamol by Stevensite-Modified Carbon Paste Electrode in Biological Fluids and Pharmaceutical Formulations*.
- Janes, M., Holcombe, B. P., Scott, N., & Baker, A. (2025). *Evaluating Platinum, Gold, Glassy Carbon, and Graphite Anodes for Chlorine Evolution in Molten Calcium Chloride Salt*. <https://doi.org/10.1149/2754-2734/ae0e85>
- Makhlouf, F. Z., Chelaghmia, M. L., Kihal, R., Banks, C. E., Fisli, H., Nacef, M., Affoune, A. M., & Pontié, M. (2024). Screen-printed electrodes decorated with low content Pt–Ni microstructures for sensitive detection of Zn(II), ascorbic acid and paracetamol in pharmaceutical products and human blood samples. *Microchemical Journal*, *206*, 111467. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.microc.2024.111467>
- Mallet, C., Desmeules, J., & Eschalier, A. (2023). *An Updated Review on the Metabolite (AM404) - Mediated Central Mechanism of Action of Paracetamol (Acetaminophen): Experimental Evidence and Potential Clinical Impact*. *March*, 1081–1094.
- Mavanga, M. T., Mankulu, K. J. (2025). *Development and validation of a UV / visible spectrophotometric method for simultaneous assay of paracetamol and ibuprofen*. 2–11.
- Milani, G. P., Nicolini, G., Cananzi, M., Spiezia, L., & Vidal, E. (2026). Efficacy and Safety of Paracetamol and NSAIDs for Fever and Pain Management in Children with Chronic Diseases: A Narrative Review. *Children (Basel, Switzerland)*, *13*(1). <https://doi.org/10.3390/children13010071>
- Putri, A. K., & Yuwono, M. (2023). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif P-Aminophenol dalam Sediaan Sirup Parasetamol dengan Metode HPLC. *Journal of Islamic Pharmacy*, *8*(1). <https://doi.org/10.18860/jip.v8i1.20840>
- Qi, Y., Ryu, J., Jang, D., Schaub, B., Shin, Y., Bai, T., Li, G., Aronson, J. P., Leiter, J. C., & Fang, H. (2025). Thin-Film Reference Electrodes for Fast-Scan Cyclic Voltammetry [Rapid-communication]. *ACS Chemical Neuroscience*, *16*, 4420–4428. <https://doi.org/10.1021/acchemneuro.5c00397>
- Rahmawati, N. L., Al-bari, A., & Basith, A. (2023). *Penetapan Kadar Parasetamol Pada Sediaan Sirup Obat Dengan Menggunakan Metode HPLC (High Performance Liquid Chromatography)*. *1*(1).
- Shewarega, Y., Yenealem, D., & Siyum, F. (2021). *Simultaneous Voltammetric Determination Of Paracetamol And Ascorbic Acid Using Activated Glassy Carbon Electrode : Cyclic Voltammetry And Square Wave Voltammetry Study*. *122*, 107–122. <https://doi.org/10.47743/achi-2021-2-0008>
- Stoytcheva, M., Velkova, Z., Gochev, V., Valdez, B., & Curiel, M. (2025). International Journal of Electrochemical Science Advances in electrochemical sensors for paracetamol detection : Electrode materials , modifications , and analytical applications. *International Journal of Electrochemical Science*, *20*(2), 100924. <https://doi.org/10.1016/j.ijoes.2024.100924>
- Zanuba, A., Permatasari, L., Febrianingsih, K. D., & Anindiya, N. W. (2025). *Review artikel : validasi metode analisis kadar parasetamol dalam sediaan obat menggunakan berbagai instrumen*. *6*(1).