

PEMBUATAN ELEKTRODA KERJA GRAPHENE OXIDE-PARAFFIN UNTUK ANALISIS LOGAM Cd MENGGUNAKAN CYCLIC VOLTAMMETRY

MAKING OF GRAPHENE OXIDE-PARAFFIN WORKING ELECTRODE FOR ANALYSIS OF Cd USING CYCLIC VOLTAMMETRY

Taufik Hidayatulloh dan Pirim Setiarso*

Departement of Chemistry, Faculty of Matematics and Natural Sciences

State University of Surabaya

Jl. Ketintang Surabaya (60231), telp 031-8298761

*Corresponding author, email : pirimsetiarso@unesa.ac.id

Abstrak. Graphene Oxide (GO) merupakan turunan alotrop karbon yang dapat dimanfaatkan sebagai elektroda secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil karakterisasi dan hasil analisis Cd(II) dari *Graphene Oxide-Paraffin* yang akan digunakan sebagai elektroda kerja pada *Cyclic Voltammetry* (CV) dengan kondisi optimum. GO disintesis dari grafit dengan metode *Improved Hummer* kemudian dilakukan karakterisasi untuk memastikan bahwa sudah terbentuk GO. GO yang dihasilkan dilakukan dua jenis karakterisasi meliputi karakterisasi fisika dan kimia. Karakterisasi fisika menggunakan PSA untuk mengetahui ukuran partikelnya, menggunakan XRD untuk mengetahui puncak difraksi dua tetha kemudian dibandingkan dengan spektrum XRD referensi dan karakterisasi kimia menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya. Hasil analisis spektrum FTIR pada GO menunjukkan gugus -OH pada bilangan gelombang 3314 cm^{-1} , ikatan C=C pada panjang gelombang 1632 cm^{-1} dan ikatan C-O pada panjang gelombang 1383 dan 1092 cm^{-1} . Hasil analisis XRD pada GO menunjukkan puncak difraksi 2θ pada $11,53^\circ$. Hasil analisis voltametri menunjukkan komposisi elektroda *GO-paraffin* yang menghasilkan voltamogram terbaik adalah komposisi dengan perbandingan 8:2. Kondisi pH optimum untuk analisis Cd(II) menggunakan elektroda *GO-paraffin* adalah pada pH 6,5. Elektroda *GO-paraffin* menghasilkan kurva linier pada larutan Cd(II) dengan linieritas 0,98992. Analisis CV dengan menggunakan elektroda *GO-paraffin* pada kondisi optimum menghasilkan rata-rata % *recovery* 97,64 % lebih baik dibandingkan dengan analisis instrumen AAS sebesar 86,32 %.

Kata Kunci : *Graphene Oxide, Cyclic Voltammetry, Kadmium*

Abstract. *Graphene Oxide (GO) is a carbon allotropic derivative that can be used as an electrode. This study aims to determine the results of the characterization and results of the analysis of Cd (II) from Graphene Oxide-Paraffin which will be used as a working electrode on Cyclic Voltammetry (CV) with optimum conditions. The GO was synthesized from graphite using the Improved Hummer method and characterization was carried out to ensure that the GO was formed. The resulting GO is carried out by two types of characterization including physical and chemical characterization. Physical characterization using PSA to determine the particle size, using XRD to determine the diffraction peaks of two tetha then compared with the reference XRD spectrum and chemical characterization using FTIR to determine its function group. The results of FTIR spectrum analysis on GO showed the -OH group at wave number 3314 cm^{-1} , C=C bond at a wavelength of 1632 cm^{-1} and the C-O bond at a wavelength of 1383 and 1092 cm^{-1} . The results of XRD analysis on GO showed a diffraction peak of 2θ at 11.53° . The results of voltammetric analysis showed that the composition of GO-paraffin electrodes which produced the best voltammogram was a composition with a ratio of 8: 2. The optimum pH condition for Cd (II) analysis using GO-paraffin electrode is at pH 6.5. GO-paraffin electrodes produce linear curves in Cd (II) solution with linearity of 0.98992. CV analysis using GO-paraffin electrodes at optimum conditions resulted in an average recovery of 97.64% better than the analysis of AAS instruments of 86.32%.*

Keywords : *Graphene Oxide, Cyclic Voltammetry, Cadmium*

PENDAHULUAN

Hasil kegiatan manusia selalu menghasilkan limbah. Di samping limbah yang mengandung bahan-bahan organik, limbah dapat juga mengandung unsur logam berat, terutama limbah yang berasal dari kegiatan industri. Beberapa unsur logam berat, di antaranya arsen (As), timbal (Pb), merkuri (Hg), kadmium (Cd) dan kromium (Cr) termasuk ke dalam "top-20" B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Menurut data dari Environmental Protection Agency (EPA) tahun 1997, yang menyusun "top-20" B3, meliputi arsen, timbal, merkuri, vinil klorida, benzena, bifenil poliklorin (PCBs), kadmium, benzo(α)piren, benzo(β)florantin, hidrokarbon aromatik polisiklis, kloroform, aroklor 1254, DDT, aroklor 1260, trikloroetilen, kromium (heksa valen), dibenz[a,h]antrasen, dieldrin, heksaklorobutadien dan klor[1].

Logam-logam berat dapat menimbulkan efek berbahaya pada lingkungan meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit, sehingga untuk mendeteksinya dibutuhkan analisis logam berat yang efektif dan akurat. Pada prakteknya sangat sukar untuk dapat mendeteksi unsur-unsur logam berat dalam level ppb, dengan demikian diperlukan teknik dan peralatan yang baik untuk dapat memonitor kadar logam berat beracun tersebut di perairan [2]. Penentuan kadar logam berat dalam air umumnya menggunakan metode *atomic absorption spectrophotometry* (AAS) dan metode *inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometry* (ICP-AES). Kekurangan kedua metode ini adalah membutuhkan biaya yang mahal dan juga kurang praktis karena membutuhkan preparasi sampel sebelum dapat dilakukan analisis. Oleh karena itu diperlukan sebuah metode alternatif yang dapat mengatasi keterbatasan kedua metode tersebut[3]. Voltametri dipilih sebagai alternatif metode analisis karena memiliki sensitivitas tinggi atau limit deteksi rendah hingga konsentrasi 10⁻¹⁰ M, penggunaannya dan preparasi sampel yang mudah dibandingkan dengan AAS[4].

Cyclic Voltammetry merupakan salah satu dari metode voltametri yang banyak digunakan dibandingkan teknik voltametri lain (*stripping voltammetry*) dalam analisis logam berat karena memiliki sensitivitas analisis yang baik sehingga logam-logam dengan konsentrasi yang sangat kecil dapat dianalisis. Selain itu teknik CV bersifat reversibel sehingga tidak mengubah konsentrasi larutan sampel dan elektroda dapat digunakan berulang kali. Pada metode ini, ion-ion logam direduksi pada permukaan elektroda sehingga terbentuk amalgam. Jumlah logam yang terakumulasi berbanding lurus dengan waktu deposisi yang diberikan [5].

Kinerja dari metode voltametri sangat dipengaruhi oleh material elektroda kerja. Elektroda raksa juga memiliki keterbatasan rentang potensial anoda, sehingga tidak dapat digunakan untuk pengukuran senyawa-senyawa yang mudah teroksidasi. Elektroda alternatif yang biasa digunakan adalah elektroda padat yang dimodifikasi dengan senyawa pengompleks [6]. Elektroda padat memiliki rentang potensial anoda yang lebih luas. Dari beraneka bahan padat yang dapat digunakan sebagai elektroda kerja, yang paling sering digunakan adalah karbon, platina, dan emas. Elektroda berbasis karbon sekarang ini sangat berkembang dalam bidang elektroanalisis dibandingkan logam mulia karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu rentang potensial yang luas, arus latar rendah, murah, inert, dan cocok digunakan untuk bermacam-macam sensor [7].

Bahan berbasis karbon tidak hanya ramah lingkungan, ekonomis, mudah untuk memproses tetapi juga menunjukkan berbagai sifat atau karakter. Beberapa bahan berbasis karbon seperti karbon aktif (AC), karbon mesopori (MC), karbon nanotube (CNT) dan graphene telah dieksplorasi untuk fabrikasi elektroda superkapasitor untuk meningkatkan penyimpanan muatan dan kinerja perangkat elektronik. Meskipun bahan karbon sebagai elektroda menunjukkan stabilitas yang baik,

nilai kapasitifnya terbatas hanya pada ~60 F/g. Sehingga pada penelitian ini akan digunakan turunan karbon yaitu *Graphene Oxide* (GO) yang memiliki kapasitansi mencapai ~244 F/g sebagai elektroda kerja pada analisis voltametri yang diharapkan akan meningkatkan sifat kapasitif dari elektroda karbon. Beberapa kombinasi bahan seperti *graphene oxide* (GO) digunakan untuk meningkatkan kinerja elektroda. GO diharapkan dapat membantu penyimpanan muatan menggunakan kapasitansi lapisan ganda listrik. Kelebihan sifat GO terhadap kelistrikan tersebut diharapkan dapat digunakan atau dimanfaatkan sebagai elektroda yang baik[8].

GO dapat disintesis dari grafit dengan metode Hummer kemudian dilakukan karakterisasi untuk memastikan bahwa terbentuk GO seperti yang diinginkan.

Sebagai elektroda GO memerlukan pengikat agar tidak terurai saat dimasukkan dalam larutan. Paraffin dipilih pada pembuatan elektroda sebagai pengikat GO, selain itu GO bersifat non-polar sehingga tidak larut dalam larutan yang berbasis air (aquos). Perbandingan komposisi GO dengan paraffin menghasilkan voltamogram yang berbeda pula.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi Voltameter 797 VA Computrance. Elektroda Ag/AgCl (KCl jenuh), kawat platina dan elektroda GO-Paraffin. Fisherbrand AE150 pH Benchtop Meter. FTIR, XRD dan PSA untuk karakterisasi. Bahan yang digunakan meliputi Bubuk Zn, KMnO_4 , HCl 37% p.a, H_2O_2 30%, H_2SO_4 96% p.a, H_3PO_4 85% p.a, akuademineral, etanol 96% p.a, Na_2HPO_4 p.a, $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$, KCl dan Grafit.

PROSEDUR PENELITIAN

a. Sintesis GO

Pembuatan graphene dari grafit menggunakan metode modifikasi *Improved Graphene-Oxide*. Proses awal menimbang grafit 300 mesh sebanyak 1 gram dan dimasukkan kedalam gelas kimia. Grafit

yang telah ditimbang dimasukkan pelarut asam sulfat p.a. 97% (v/v) dan asam fosfat p.a. 85% (v/v) dengan rasio 9:1 sebanyak 100 mL. Larutan diaduk dengan magnetic stirrer pada suhu ruangan selama 6 jam. Kemudian ditambahkan kalium permanganat sebanyak 6 gram. Setelah itu larutan kembali diaduk dengan magnetic stirrer selama 18 jam dengan suhu 50°C. Kemudian ditambah 1 mL hidrogen peroksida p.a. 30%. Selanjutnya, larutan kembali diaduk dan di tambahkan aquademineral sebanyak 400 mL. Larutan diendapkan dan didekantasi. Endapan kemudian disentrifuse pada 4000 rpm. Endapan dicuci berulang kali menggunakan aquademineral, HCl 1 M, serta etanol p.a. Kemudian endapan dioven pada 70°C selama 24 jam.

Grafit oksida yang terbentuk diambil sebanyak 50 mg dan dihomogenisasi dengan aquademineral sebanyak 50 mL dengan alat *ultrasonic bath* menjadi lembaran GO. Proses sonikasi grafit oksida menjadi GO dilakukan selama 120 menit. GO selanjutnya direduksi dengan agen pereduksi serbuk logam Zn. Serbuk logam Zn ditimbang sebanyak 0,8 gr. Larutan GO dimasukkan 10 mL HCl 37% p.a. sebagai pembuat suasana asam dan diaduk. Kemudian dimasukkan serbuk logam Zn yang sudah ditimbang dan diaduk selama 30 menit. Lalu kembali ditambahkan 10 mL HCl 37% p.a. kedalam larutan. Fasa endapan yang terbentuk setelah proses reduksi dicuci berulang kali dengan aquademineral untuk mengurangi konsentrasi asam serta etanol p.a. untuk mendehidrasi sisa air. Selanjutnya endapan dioven pada suhu 100°C selama 24 jam.

b. Pembuatan Elektroda GO-Paraffin

Pembuatan elektroda pasta GO dilakukan dengan kabel tembaga tunggal sepanjang 10 cm. Pasta karbon dibuat dengan mencampurkan GO dan paraffin pada perbandingan yang berbeda-beda yaitu GO:paraffin 5:5; 6:4; 7:3; 7,5:2,5 dan 8:2.

Campuran pasta GO kemudian dimasukkan dalam pipa isolator (plastik) yang berdiameter sama dengan kabel tembaga tunggal. Panjang pasta karbon yang dimasukkan pada pipa isolator sekitar 0,5 cm, kawat tembaga yang dikelupas sekitar 0,2-0,3 cm agar dapat kontak pada pasta karbon. Dengan mengelupas bagian atas kabel kawat tembaga maka dapat digunakan sebagai elektroda kerja pada instrumen voltametri.

c. Penentuan Komposisi dan Kondisi pH Elektroda GO-Paraffin Terbaik

Untuk menentukan komposisi pasta GO terbaik maka elektroda pasta GO dengan berbagai perbandingan dimasukkan dalam 10 mL larutan standar Cd(II) 10 ppm yang dicampur dengan 10 mL larutan KCl dengan konsentrasi 50-100 kali lebih besar dari konsentrasi standar lalu dilakukan pengukuran arus pada potensial -1 V sampai 1 V. Hasil voltamogram dibandingkan untuk memperoleh komposisi elektroda pasta GO yang terbaik. Dilakukan variasi pH 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5 dan 8 lalu dilakukan pengukuran arus pada potensial -1 V sampai 1 V. Hasil voltamogram dibandingkan untuk mendapatkan kondisi pH optimum.

d. Analisis CV Cd(II) pada Kondisi Optimal

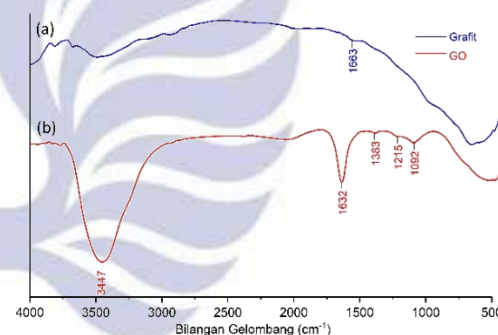
Analisis Cd(II) dilakukan dengan mengukur arus 10 mL larutan Cd(II) 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm menggunakan elektroda dengan komposisi pasta GO terbaik dan dalam buffer sitrat pada kondisi pH optimum. Data yang diperoleh kemudian ditentukan % *recovery* untuk mengetahui ketepatan analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

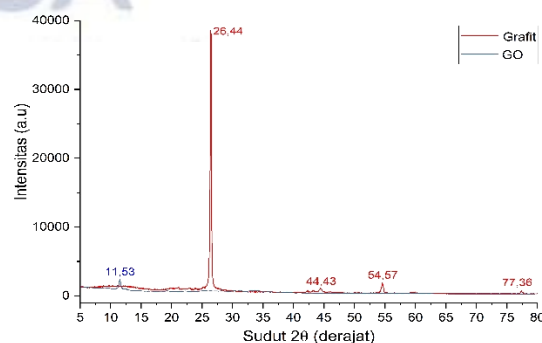
a. Hasil Sintesis dan Karakterisasi GO

Spektrum FTIR dari grafit 1(a) dan GO 1(b) yang dihasilkan dari sintesis menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sekilas yang ditunjukkan pada spektrum 1(a) adalah spektrum yang dihasilkan dari grafit. Terlihat bahwa pada spektrum 1(a) hampir tidak ada peak yang menunjukkan adanya

gugus fungsi yang merepresentasikan struktur grafit yang hanya terdapat atom karbon. Perubahan yang sangat signifikan terjadi pada spektrum 1(b) pada bilangan gelombang $\sim 3447 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan terbentuknya gugus -OH fenolik setelah proses sintesis. Selain itu, terlihat pada spektrum 1(b) juga terdapat peak pada bilangan gelombang $\sim 1632 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang sebelumnya grafit tanpa adanya ikatan rangkap C=C terbentuk pada graphene oxide akibat pelepasan ikatan antar lapisan grafit. Gugus fungsi lain yang menunjukkan proses oksidasi grafit 1(a) menjadi GO 1(b) juga dikonfirmasi seperti C-O (karboksi) pada bilangan gelombang $\sim 1383 \text{ cm}^{-1}$ dan C-O pada $1000-1300 \text{ cm}^{-1}$. Melalui karakterisasi kimia dari spektrum FTIR 1(b) yang menunjukkan terbentuknya ikatan C=C dan C-O dapat dipastikan bahwa terbentuknya GO dapat dikonfirmasi, dimana ikatan C=C dan gugus C-O merupakan struktur utama GO yang tidak ada pada grafit.



Gambar 1. Spektrum FTIR pada (a) Grafit dan (b) GO



Gambar 2. Spektrum XRD dari Grafit dan GO

Grafrit dan GO masing-masing dilakukan pengujian XRD pada scanrange 5° - 80° dan panjang gelombang $1,540598 \text{ \AA}$. Terlihat pada Gambar 2 bahwa pada grafrit (spektrum merah) terdapat puncak difraksi dua tetha pada $26,44^{\circ}$. Demikian pula pada spektrum yang dihasilkan oleh GO (spektrum biru) yang terdapat puncak difraksi dua tetha pada $11,53^{\circ}$ yang juga sejalan dengan referensi. Sehingga dapat dikonfirmasi melalui analisis XRD bahwa dari bahan awal yang berupa grafrit terbentuk GO berdasarkan posisi puncak difraksi dua theta yang dihasilkan.

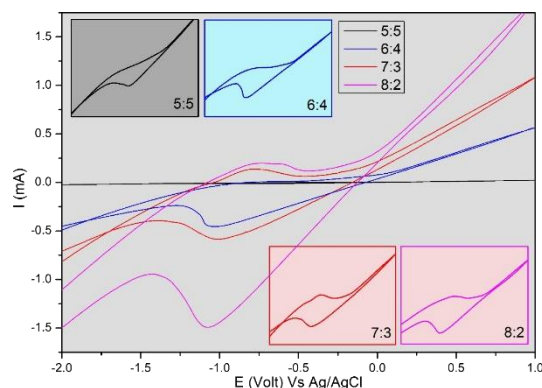
Tabel 1. Diameter partikel grafrit dan GO dari instrumen PSA

Lingkup distribusi (%)	Diameter Partikel (μm)	
	Grafrit	GO
10	28,00	1,50
50	101,26	29,96
90	189,85	117,73

Untuk karakterisasi ukuran partikel seperti yang terlihat pada tabel 1 bahwa pada semua distribusi 10%, 50% dan 90% menunjukkan bahwa terjadi penurunan diameter partikel dari grafrit menjadi GO. Penurunan diameter berarti ukuran partikel GO lebih kecil dibandingkan bahan awalnya (grafrit). Hal ini dikarenakan terdapat perubahan struktur yang melibatkan pemutusan ikatan antar lapisan dari satu partikel grafrit menjadi beberapa partikel GO. Sehingga ukuran partikel disemua distribusi mengalami pemecahan atau penurunan.

b. Komposisi Elektroda GO-Paraffin

Untuk menentukan komposisi pasta GO terbaik maka elektroda GO-*paraffin* dengan berbagai perbandingan dimasukkan dalam 10 mL larutan standar Cd(II) 10 ppm yang dicampur dengan 10 mL larutan KCl dengan konsentrasi 50-100 kali lebih besar dari konsentrasi standar lalu dilakukan pengukuran arus pada potensial -1 V sampai 1 V. Hasil voltamogram yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Voltamogram CV pada larutan Cd(II) 10 ppm menggunakan elektroda GO-*paraffin* dengan variasi komposisi

Terlihat dengan jelas bahwa komposisi elektroda antara GO:*paraffin* sangat mempengaruhi voltamogram yang dihasilkan pada larutan Cd(II) 10 ppm. Pada perbandingan 5:5 dan 6:4 hanya terdapat puncak arus katodik (I_{pc}) sedangkan pada perbandingan 7:3 dan 8:2 menghasilkan voltamogram lebih baik dengan adanya kedua puncak arus anodik (I_{pa}) dan puncak arus katodik (I_{pc}). Baik puncak arus anodik maupun katodik dari setiap perbandingan juga mempunyai perbedaan yang sangat signifikan satu sama lain. Puncak arus anodik dan katodik yang dihasilkan dari berbagai perbandingan komposisi elektroda seperti yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Puncak arus maksimum larutan Cd(II) 10 ppm menggunakan perbandingan komposisi elektroda

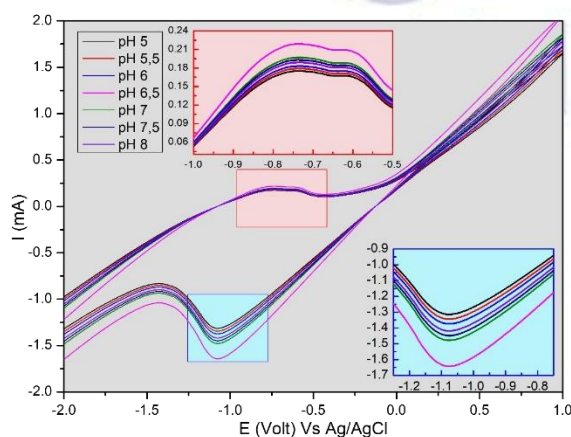
Komposisi Elektroda (GO:Paraffin)	Puncak Arus Maksimum (mA)	
	I_{pa}	I_{pc}
5:5	-	-0,01100
6:4	-	-0,58535
7:3	0,01303	-0,45403
8:2	0,19893	-1,49280

Perbedaan yang sangat jelas ditunjukkan pada puncak arus yang dihasilkan pada setiap perbandingan komposisi elektroda GO:*paraffin*. Semakin banyak GO yang digunakan maka arus puncaknya juga semakin tinggi seperti yang

ditampilkan pada gambar 3 dan nilai yang ditunjukkan pada tabel 2. Hal ini diakibatkan karena sifat GO yang cenderung konduktor dan paraffin yang cenderung isolator sesuai dengan teori yang disebutkan oleh Huang et al, 2015, pada penelitiannya. Semakin baik konduktifitas suatu elektroda maka semakin besar pula puncak arus maksimum yang dihasilkan karena mudahnya transfer elektron untuk proses reaksi reduksi dan oksidasi[9]. Elektroda yang baik adalah yang menghasilkan puncak arus yang tinggi dan jelas, sehingga elektroda GO-paraffin dengan perbandingan 8:2 merupakan elektroda dengan perbandingan yang paling bagus.

c. Pengaruh pH

Menurut Nuryono dan Suyanta, 2004, dijelaskan bahwa Kadmium memiliki distribusi spesies yang berubah bergantung pada pH larutan, meliputi Cd^{2+} , CdOH^+ , $\text{Cd}(\text{OH})_2$, $\text{Cd}(\text{OH})_3^-$ dan $\text{Cd}(\text{OH})_4^{2-}$ [10]. Distribusi ion logam Cd^{2+} terletak pada pH 4 – 8 sehingga dilakukan variasi pH pada rentang sekian agar ditemukan pH yang optimum. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rofiansyah dan Setiarso [11],[12], 2016, pH 6 merupakan pH yang optimum untuk analisis CV logam Cd(II). Penelitian ini menggunakan variasi pH yang lebih spesifik yaitu pada pH 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5 dan 8 menggunakan buffer fosfat pada larutan Cd dengan konsentrasi 10 ppm. Voltamogram yang dihasilkan menggunakan perbandingan elektroda GO-paraffin 8:2 tersaji seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Voltamogram CV pada larutan Cd(II) 10 ppm menggunakan elektroda GO-paraffin 8:2 dengan variasi pH

Seperti yang terlihat pada gambar 4 bahwa pH berpengaruh terhadap voltamogram yang dihasilkan. Puncak arus anodik maupun katodik dari setiap perbandingan juga mempunyai perbedaan satu sama lain. Puncak arus anodik dan katodik yang dihasilkan dari variasi pH seperti yang disajikan pada tabel 8.

Tabel 3. Puncak arus maksimum larutan Cd(II) 10 ppm menggunakan elektroda pasta GO terbaik dengan variasi pH

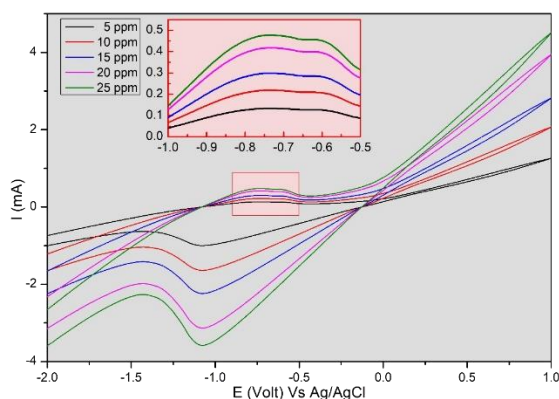
pH	Puncak Arus Maksimum (mA)	
	Ipa	Ipc
5	0,175058	-1,313664
5,5	0,179037	-1,343520
6	0,183016	-1,373376
6,5	0,218823	-1,642080
7	0,196941	-1,477872
7,5	0,192962	-1,448016
8	0,188983	-1,418160

Berdasarkan tabel 3 maka meskipun pH mempengaruhi puncak arus maksimum yang diperoleh namun tidak terlalu berbeda sangat signifikan. Puncak arus maksimum yang paling tinggi masih bisa terlihat pada pH 6,5 (tanda negatif menunjukkan arah arus). Hal ini menunjukkan bahwa proses reaksi oksidasi dan reduksi Cd(II) pada pH 6,5 dapat berjalan secara optimum dikarenakan distribusi spesies Cd^{2+} dapat terbentuk secara maksimal. Sehingga dapat memudahkan proses reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi pada permukaan elektroda.

d. Analisis % Recovery Larutan Cd(II) pada Kondisi Optimum

Pada tahap terakhir penelitian ini setelah didapatkan variabel yang optimum pada analisis voltametri terhadap larutan Cd(II) maka selanjutnya dilakukan analisis logam Cd(II) pada kondisi optimum. Analisis dilakukan menggunakan perbandingan elektroda GO-paraffin 8:2 pada pH 6,5. Analisis diawali dengan melakukan

pengukuran pada larutan standar Cd(II) 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm dan 25 ppm. Voltamogram yang dihasilkan seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Voltamogram CV pada larutan standar Cd(II) 10 ppm menggunakan elektroda GO-paraffin 8:2 pada pH optimum

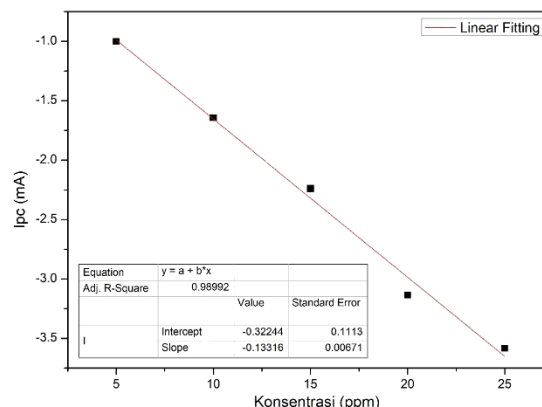
Seperti yang terlihat pada gambar 5 bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Cd(II) maka semakin tinggi pula puncak arus maksimum yang dihasilkan. Peningkatan puncak arus maksimum terlihat dengan jelas pada puncak arus katodik. Nilai arus puncak yang dihasilkan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Puncak arus maksimum larutan standar Cd(II) menggunakan perbandingan elektroda pasta GO terbaik pada kondisi optimum.

Konsentrasi (ppm)	Puncak Arus Maksimum (mA)	
	I _{pa}	I _{pc}
5	0,133283	-1,000176
10	0,218823	-1,642080
15	0,298395	-2,239200
20	0,417753	-3,134880
25	0,477432	-3,582720

Hubungan antara puncak arus maksimum dengan konsentrasi akan menghasilkan kurva linier dengan persamaan $y=ax+b$. Oleh karena perbedaan yang signifikan maka digunakan data puncak

arus katodik untuk membuat kurva linier. Kurva yang dihasilkan seperti gambar 6.



Gambar 6. Kurva linier antara I_{pc} dengan konsentrasi larutan standar Cd(II) pada analisis CV

Berdasarkan kurva linier didapatkan regresi 0,98992 yang menunjukkan bahwa linieritas kurva yang bagus (mendekati 1). Persamaan linier yang didapatkan adalah $y = -0,13316 - 0,32244$. Persamaan linier ini dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi larutan Cd(II) yang dibuat untuk mengetahui % Recovery yang dihasilkan. Didapatkan hasil analisis voltametri dan AAS terhadap larutan Cd(II) pada tabel 5.

Tabel 5. % Recovery larutan Cd(II) pada analisis CV menggunakan elektroda kerja GO-paraffin

Konsentrasi Teoritis (ppm)	I _{pc} (mA)	Konsentrasi Eksperimen (ppm)	Recovery (%)
15	-2,2633	14,571096	97,14
20	-2,9199	19,500450	97,50
25	-3,5946	24,566370	98,27

Berdasarkan tabel 5 diperoleh nilai rata-rata dari % recovery data Cu(II) menggunakan CV sebesar 97,64 %. Hal ini menunjukkan bahwa elektroda GO-paraffin dengan perbandingan 8:2 dengan kondisi analisis pH yang optimum merupakan elektroda yang baik untuk digunakan sebagai analisis logam Cd(II) menggunakan CV.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah :

1. Hasil karakterisasi sintesis GO menunjukkan hasil yang sesuai dengan data referensi meliputi spektrum FTIR yang mengonfirmasi terbentuknya gugus C-O, spektrum XRD GO yang terdapat puncak difraksi dua tetha pada $11,53^\circ$ dan hasil PSA yang mengindikasikan penurunan ukuran partikel.
2. Komposisi elektroda GO-paraffin yang menghasilkan voltamogram terbaik adalah komposisi dengan perbandingan 8:2.
3. Kondisi pH optimum untuk analisis Cd(II) menggunakan elektroda GO-paraffin adalah pada pH 6,5.
4. Elektroda GO-paraffin menghasilkan kurva linier pada larutan Cd(II) dengan linieritas 0,98992. Analisis CV dengan menggunakan elektroda GO-paraffin pada kondisi optimum menghasilkan rata-rata % recovery 97,64 %.

DAFTAR PUSTAKA

1. Sudarmadji, J. M., & Corie, I. P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 129-142.
2. Soekarnaen. 2005. Pemanfaatan Metode Stripping Voltammetry dalam Pembuatan Detektor Logam Berat untuk Studi Lingkungan. *Abstract of Undergraduated Theses*.
3. Ensafi, A. A., Abbasi, S., Mansour, H. R., & Baltork, I. M. 2001. Differential Pulse Adsorption Stripping Voltametric Determination of Copper(II) with 2-Mercaptobenzimidazol at Hanging Mercury-Drop Electrode. *Analytical Science*, 609-612.
4. Zhang, S., & Huang, W. 2001. Simultaneous Determination of Cd²⁺ and Pb²⁺ Using a Chemically Modified Electrode. *Analytical Science*, Vol. 17, 983-985.
5. Sitorus, Y. 2005. *Analisis Nikel(II) secara Voltametri Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Dimetil Glioksim(DMG)*. Surakarta: Skripsi, Universitas Sebelas Maret.
6. Saprudin, D., Buchari, & Noviandri, I. 2002. Studi Penggunaan 1-(2-Piridil Azo)-2-Naftol (PAN) sebagai Pemoifikasi Elektroda Pasta Karbon untuk Penentuan Timbal dengan Teknik Voltametri Stripping. *Abstrak Prosiding Seminar Kimia Bersama UKM-ITB Ke-5* (hal. 61-66). Selangor, Malaysia: Universiti Kebangsaan Malaysia.
7. Wang, J. 1994. *Analytical Electrochemistry*. New York: VCH Publisher.
8. Pawar, P. B., Shukla, S., & Saxena, S. 2016. Graphene Oxide-Polyvinyl alcohol Nanocomposite Based Electrode Material for Supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 102-105.
9. Huang, Y.-R., Chuang, P.-H., & Chen, C.-L. 2015. Molecular-dynamics Calculation of the Thermal Conduction in Phase Change Materials of Graphene Paraffin Nanocomposites. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45-51.
10. Nuryono, & Suyanta. 2004. Kajian Interaksi Cd(II) dengan Adsorben Tanah Diatomit pada Proses Adsorpsi. *Indonesian Journal of Chemistry*, 4(2), 125-131.
11. Rofiansyah, A., & Setiarso, P. 2016. Penentuan Kadar Cd(II) Pada Limbah Pabrik Menggunakan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Zeolit Secara Cyclic Stripping Voltammetry. *Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajarannya*.
12. Setiarso, P., & Wachid, R. 2017. Pembuatan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonit untuk Analisis Logam Tembaga (II) Secara Cyclic Voltammetry. *Indonesian Chemistry and Application Journal*.