

ARTIKEL RISET

Fabrikasi dan Karakterisasi Sensor Elektrokimia Asam Askorbat Berbasis Teknologi Film Tebal dengan Menggunakan Elektroda Pasta Karbon

Mahadir Marakka*, Robeth Viktoria Manurun and Arifin

Received: 30 Dec., 2019 | Accepted: 17 Jan., 2020 | Published: 16 June, 2020 | DOI: 10.22146/jfi.v24i1.53018

Ringkasan

Fabrikasi sensor elektrokimia asam askorbat berbasis film tebal telah berhasil dilakukan dengan menggunakan pasta karbon sebagai elektroda kerja yang tercetak di permukaan substrat alumina. Proses pendeteksian sensor dilakukan dengan teknik siklik voltametri dengan bervariasi konsentrasi larutan asam askorbat. Sensor elektroda yang difabrikasi menunjukkan puncak oksidasi asam askorbat pada potensial 0,2 V terhadap elektroda Ag/AgCl. Hasil siklik voltametri menunjukkan puncak arus oksidasi yang meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi yang di berikan. Dari data arus di peroleh hasil karakterisasi dengan kelinieritasan sensor sebesar 0,7799, presisi 10,6 s/d 26,3 %, sensitivitas $1,65329 \times 10^{-8}$ A/ μ M.cm², dan keakurasian 83 s/d 152,62 %.

Kata Kunci : film Tebal; Asam Askorbat; siklik Voltametri

Abstract

The fabrication of a thick film-based ascorbic acid electroclimate sensor has been successfully carried out using karbon paste as a working electrode printed on the surface of the alumina substrate. The sensor detection process is carried out by the cyclic voltammetry technique by varying the concentration of ascorbic acid solution. The fabricated electrode sensor shows the peak of oxidation of the ascorbic acid at a potential of 0.2 V against the Ag/AgCl electrode. The results of the cyclic voltammetry show the peak of the oxidation current which increases with increasing concentrations given. From the data obtained the results of characterization with sensor linearity were 0.7799, precision 10.6 to 26.3%, sensitivity 1.65329×10^{-8} A/ μ M.cm², and accuracy of 83 to 152.62%.

Keywords: Thick film; Ascorbic Acid; cyclic Voltametri

PENDAHULUAN

Teknologi film tebal telah banyak di gunakan dan kembangkan dalam pembuatan komponen elektronika, salah satunya dalam bidang piranti sensor untuk mendeteksi berbagai komponen-komponen biologi [1]. teknologi film tebal merupakan proses mikroelektronika dalam fabrikasi komponen secara screen printing. Teknik screen printing adalah teknologi standar dalam elektronik [2]. Kelebihan dari teknologi ini adalah biaya fabrikasi yang murah tanpa mengurangi kemampuan komponen tersebut dan cocok untuk produksi skala besar [3].

Asam askorbat merupakan senyawa memiliki peranan penting dalam tubuh sebagai antioksidan yang mampu menghambat oksidasi zat [4]. Kekurangan asam askorbat pada tubuh dapat menyebabkan tubuh mengalami lemah otot dan juga anemia serta apabila kelebihan asam askorbat juga akan menyebabkan gangguan pada perut [5]. Metode pendeteksian asam askorbat telah banyak dilakukan seperti spektroskopik, kromatografi, enzimatik, fluorimetri, dan chemiluminescence [6, 7, 8]. Namun metode-metode tersebut memiliki kelemahan dalam segi pretreatment sampel yang rumit, instrumentasi yang mahal, tidak cocok untuk aplikasi rutin dan kurang spesifik serta rentan terhadap gangguan dari pereduksi yang lain [6, 9]. Metode elektrokimia merupakan metode yang telah banyak digunakan dalam mendeteksi senyawa elektroaktif seperti asam

*Correspondence: mahadir2096@gmail.com

Departement Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, 90245, Makassar, Indonesia

Full list of author information is available at the end of the article

† Equal contributor

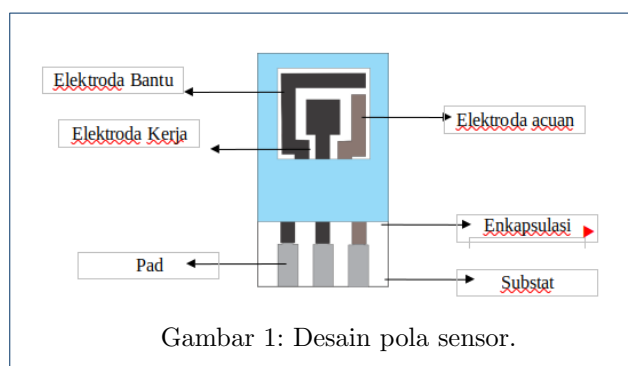
askorbat. Metode ini menggunakan prinsip dalam reaksi kimia dan proses transfer elektron pada elektroda dalam sebuah larutan uji [5].

Pemanfaatan bahan karbon sering digunakan sebagai elektroda dalam bidang sensor elektrokimia karena memiliki permukaan yang berpori, sehingga dapat menjadi tempat aseptor elektron. Dalam penelitian ini dilakukan fabrikasi sensor elektrokimia dengan elektroda karbon yang tercetak pada permukaan substat alumina menggunakan metode *screen printing*.

Desain dan fabrikasi sensor

Desain elektroda sensor dilakukan dengan membuat tiga buah pola elektroda yang terdiri dari elektroda kerja, elektroda bantu, dan elektroda acuan. Ketiga elektroda ini didesain menggunakan *software* CorelDraw 2019. Untuk mengoptimalkan jumlah perangkat yang diproduksi dalam satu substrate, perangkat sensor diterapkan pada alumina substat (Al_2O_3) berukuran $10 \text{ mm} \times 17 \text{ mm}$. Struktur sensor menghasilkan sebanyak 12 perangkat yang diproduksi pada substrat berukuran $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$.

Hasil keluaran dari kegiatan diharapkan telah diperoleh desain tata letak yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan film dalam proses pembentukan masker pada *screen frame*. Dimensi dari elektroda disesuaikan dengan kemampuan maksimal dari peralatan fotolitografi dan *screen printer* yang dimiliki dalam proses teknologi film tebal itu sendiri. Berikut ini adalah hasil perancangan tata letak dari elektroda sensor seperti pada Gambar 1.



Gambar 1: Desain pola sensor.

Proses fabrikasi sensor dilakukan menggunakan teknik *screen printing* yang merupakan metode dari teknologi film tebal. Proses ini diawali dengan membersihkan substrat alumina dengan aseton dan disonikasi selama 10 menit. Tahapan pencetakan dilakukan dengan mengikuti proses tahapan pencetakan secara berurutan dengan pencetakan awal yang lakukan untuk mencetak

pad sensor menggunakan bahan pasta perak (Ag) lalu di panaskan menggunakan oven dengan suhu $220 \text{ }^\circ\text{C}$, lalu proses pencetakan kedua dilakukan untuk mencetak elektroda acuan dengan bahan yang sama dan dilakukan proses pembakaran menggunakan furnace dengan suhu $750 \text{ }^\circ\text{C}$ selama 40 menit. Proses pencetakan ketiga dilakukan dengan mencetak elektroda kerja dan elektroda bantu menggunakan bahan pasta karbon kemudian dipanaskan menggunakan oven dengan suhu $120 \text{ }^\circ\text{C}$ lalu didinginkan pada suhu ruang. Tahap pencetakan terakhir yaitu dengan mencetak enkapsulasi sensor untuk menutupi sensor dengan hanya menyisahkan daerah aktifnya saja, dimana daerah inilah yang nantinya akan terjadi reaksi kimia antara sensor dan larutan uji.

Elektroda acuan dari bahan Ag diubah menjadi Ag/AgCl dengan menggunakan metode elektroplating. Proses elektroplating dilakukan dengan memberikan tahanan sebesar 1 V pada elektroda acuan selama 20 menit dengan elektroda yang tercelup pada larutan KCl dua molar.

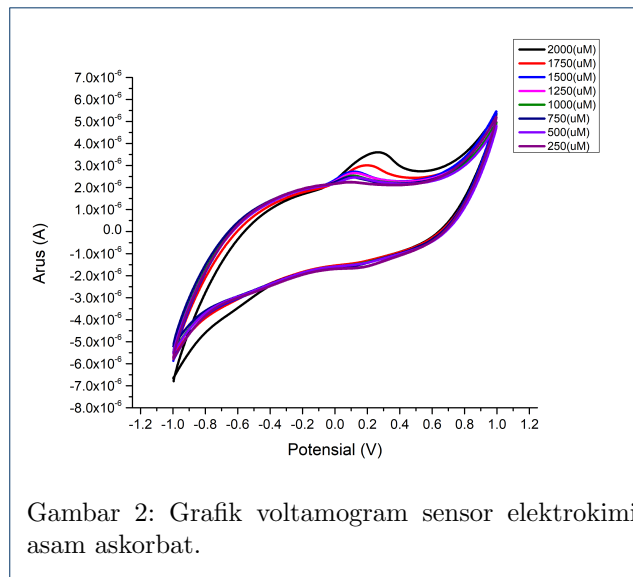
Metode Karakterisasi Sensor

Proses pengkarakterisasi sensor dilakukan dengan pengujian siklik voltametri untuk melihat puncak oksidasi asam askorbat dengan variasi konsentrasi larutan uji asam askorbat dengan konsentrasi $250\text{-}2000 \text{ } \mu\text{M}$. Proses pengujian siklik voltametri dilakukan dengan scan rate 100 mV/s . Potensial yang di berikan untuk elektroda acuan sebesar -1 sampai 1 V terhadap Ag/AgCl. Nilai arus yang dihasilkan dari pengujian siklik voltametri inilah yang setara dengan nilai konsentrasi yang diberikan. Data yang diperoleh dilakukan analasi untuk menentukan karakterisasi sensor berdasarkan kevalidasian sensor berupa linieritas, prosisi, akurasi, sensitivitas, dan limit deteksi.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian siklik voltameteri dilakukan dengan melihat nilai arus yang dihasilkan seperti pada Gambar 2 yang menunjukkan respon grafik voltamogram dari hasil pengujian siklik voltametri terhadap larutan asam askorbat. Pada grafik terbentuk puncak osidasi asam askorbat padat potensial $0,2 \text{ V}$ terhadap Ag/AgCl dengan kenaikan nilai arus di setiap kenaikan konsentrasi.

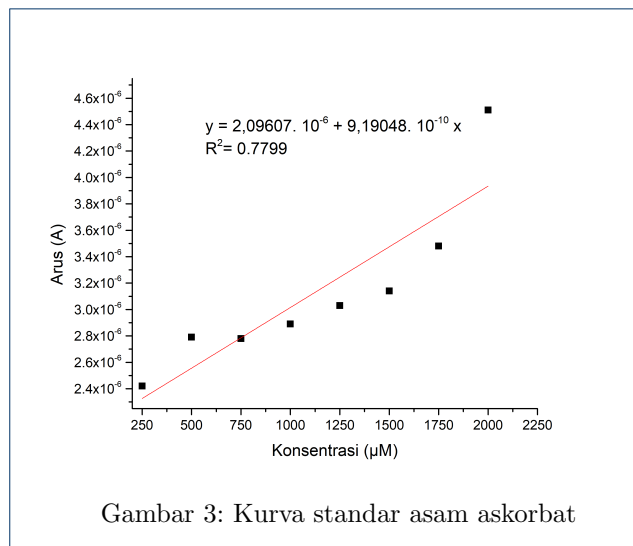
Puncak oksidasi menunjukkan terjadinya reaksi oksidasi pada elektroda sensor. Proses oksidasi yang terjadi menghasilkan $2e^-$ dan 2H^+ dari reaksi oksidasi asam askorbat mementuk asam dehidroaskorbat. Proses absorsori terjadi pada permukaan elektroda



Gambar 2: Grafik voltamogram sensor elektrokimia asam askorbat.

sensor dengan proses pemindahan elektron dari reaksi oksidasi tersebut. Nilai arus yang dihasilkan ini merupakan arus difusi yang terjadi karena perubahan nilai konsentrasi larutan asam askorbat.

Kelinieritasan sensor menggambarkan hubungan antara konsentrasi yang diberikan terhadap nilai arus yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, kurva standar asam askorbat.



Gambar 3: Kurva standar asam askorbat

Hasil pengujian terjadi penurunan arus pada konsentrasi 750 μM dan kenaikan nilai arus yang cukup tinggi pada konsentrasi 2000 μM. Hasil ini menunjukkan kemampuan sensor yang kurang stabil dalam proses peningkatan nilai untuk pada setiap konsentrasi dan nilai koefisien korelasi yang di peroleh sebesar 0,7799. Hasil ini dapat terjadi karena faktor pengujian sensor yang dan penggunaan berulang yang menyebabkan

sensor kurang mampu mempertahankan kenaikan nilai arus secara konsisten.

Presisi atau ketelitian merupakan derajat keterulangan yang diperoleh dari data analisis pada suatu metode. Proses pengujian dilakukan dengan nilai arus yang diperoleh dari tiga siklus yang dihasilkan saat proses pengujian siklik voltametri. Hasil presisi sensor ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Nilai kepresisian sensor

No.	Konsentrasi (μM)	Arus Rata-Rata (μA)	Standar Deviasi	Koefisien Variasi (%)
1.	250	2,42	0,26442	10,9
2.	500	2,79	0,52239	18,7
3.	750	2,78	0,47422	17,1
4.	1000	2,89	0,55478	19,2
5.	1250	3,03	0,55471	18,3
6.	1500	3,14	0,60985	19,4
7.	1750	3,48	0,64089	18,4
8.	2000	4,51	1.18721	26,3

Berdasarkan hasil pengujian di peroleh nilai koefisien variasi sensor berkisar 10,9 s/d 26,3 % yang menandakan kepresisi yang cukup baik. Kepresisian sensor dikatakan baik bila konsentrasi termasuk ke dalam kategori jejak analisis yang mempunyai rentang $0 \pm 20\%$ [10].

Parameter limit deteksi (LoD) sensor menunjukkan konsentrasi terkecil yang dapat terbaca oleh sensor [10]. Limit deteksi adalah nilai konsentrasi analit terkecil yang dapat di deteksi. Parameter didapatkan dari data kurva standar dimana nilainya dapat di peroleh dari persamaan $LoD = \frac{3 \times SE}{SLOPE}$ di mana pada penelitian ini sensor yang di gunakan dapat mendeteksi analit asam askorbat pada batas 58,59 μM.

Nilai sensitivitas dikatan baik apabila nilai slope dibagi luas permukaan juga tinggi. Dimana diperoleh sensitivitas sensor sebesar $1,65329 \times 10^{-8} \text{ A}/\mu\text{M}\cdot\text{cm}^2$ yang berarti bahwa setiap perubahan konsentrasi arus akan naik sebesar $1,65329 \times 10^{-8} \text{ A}$.

Penetapan akurasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan sensor dalam pengukuran yang digunakan untuk analisis larutan sampel. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2: Nilai keakurasian sensor.

No.	Konsentrasi (μM)	Arus (μA)	Konsentrasi Terukur	Akurasi (%)
1.	2,42	250	340,07	136,03
2.	2,79	500	763,13	152,62
3.	2,78	750	751,69	100,22
4.	2,89	1000	877,47	87,74
5.	3,03	1250	1037,54	83,00
6.	3,14	1500	1163,32	77,55
7.	3,48	1750	1552,07	88,68
8.	4,51	2000	2729,76	136,48

Keakurasian sensor dalam penentuan konsentrasi anali berada pada kisaran 77,54 s/d 15,62 %. Hasil menunjukkan keakurasian yang kurang baik, karena nilai untuk beberapa konsentrasi cukup berbeda. Rentak keakurasian yang baik berada pada kisaran $100\% \pm 20$ [10].

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan fabrikasi sensor untuk mendeteksi asam askorbat dengan bahan karbon sebagai elektroda kerja yang tercetak pada permukaan substrat alumina. Proses pencetakan yang dilakukan di peroleh nilai kevalidasian dari sensor dengan nilai linieritas sebesar 0,7799, presisi 10,9 s/d 26,3 %, limit deteksi 58,59 μM , sensitivitas $1,65329 \times 10^{-8}$, dan keakurasian berkisar 77,54 s/d 15,62.

PENULIS

1 Mahadir Marakka

Dari :

(1) Departement Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

2 Robeth Viktoria Manurun

Dari :

(1) Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

3 Arifn

Dari :

(1) Departement Fisika, Fakultas Matematika

dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin

Pustaka

1. Manurung RV, Kurniawan ED, Hidayat J, Aminuddin, Risdian C. Desain dan Fabrikasi Elektroda Biosensor: Metode Teknologi Film Tebal. *JURNAL ILMIAH ELITE ELEKTRO*. 2012;3(1):65–70.
2. Wu J, Suls J, Sansen W. Amperometric Determination of Ascorbic Acid on Screen-Printing Ruthenium Dioxide Electrode. *Electrochemistry Communications*. 2000;2(2):90–93.
3. Kit-Anan W, Olanwanich A, Sriprachubwong C, Karuwan C, Tuantranont A, Wisitsoraat A, et al. Disposable Paper-Based Electrochemical Sensor Utilizing Inkjet-Printed Polyaniline Modified Screen-Printed Carbon Electrode for Ascorbic Acid Detection. *Journal of Electroanalytical Chemistry*. 2012;658:72–78.
4. Gopalakrishnan A, Sha R, Vishnu N, Kumar R, Badhulika S. Disposable, Efficient and Highly Selective Electrochemical Sensor Based on Cadmium Oxide Nanoparticles Decorated Screen Printed Carbon Electrode for Ascorbic Acid Determination in Fruit Juices. *Nano-Structures & Nano-Objects*. 2018;16:96–103.
5. Xu C, Liu B, Ning W, Wang X. Highly Sensitive Ascorbic Acid Sensor Based on Ionic Liquid Functionalized Graphene Oxide Nanocomposite. *International Journal of ELECTROCHEMICAL SCIENCE*. 2019;14:1670–1683.
6. Pakapongpan S, Mensing JP, Lomas T, Tuantranont A. Electrochemical Sensor for Ascorbic Acid Based on Graphene/CuPc/PANI Nanocomposites. *IEEE*. 2012;978(1):4673–5696.
7. Kucukkolbasi S, Erdogan ZO, Baslak C, Sogut D, Kus M. A Highly Sensitive Ascorbic Acid Sensor Based on Graphene Oxide/CdTe Quantum Dots-Modified Glassy Carbon Electrode. *Russian Journal of Electrochemistry*. 2019;5(2):107–114.
8. Pakapongpan S, Mensing JP, Phokharatkul D, Lomas T, Tuantranont A. Highly Selective Electrochemical Sensor for Ascorbic Acid Based on a Novel Hybrid Graphene-Copper Phthalocyanine-Polyaniline Nanocomposites. *Electrochimica Acta*. 2014;133:294–301.
9. Ping J, Wang Y, Wu J, Ying Y, Ji F. Determination of Ascorbic Acid Levels in Food Samples by Using an Ionic Liquid–Carbon Nanotube Composite Electrode. *Food Chemistry*. 2012;135:362–367.
10. Hidayati EN, Alauhdin M, Prasetya AT. erbandingan Metode Dekstruksi Pada Analisa Pb Dalam Rambut dengan AAS. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 2014;3(1):37–41.