

**STUDI KASUS PENGARUH PENGOTORAN ELEKTRODA
(*ELECTRODE FOULING*) TERHADAP PENURUNAN
PERFORMA ELEKTRODA GLASSY CARBON PADA
ANALISIS ASAM ASKORBAT SECARA ELEKTROKIMIA**

SKRIPSI

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan
Mencapai derajat sarjana S-1
Program Studi Kimia**



Oleh:

**Irlesta Rahma Lani
21106030031**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2025**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-894/Un.02/DST/PP.00.9/06/2025

Tugas Akhir dengan judul : STUDI KASUS PENGARUH PENGOTORAN ELEKTRODA (ELECTRODE FOULING) TERHADAP PENURUNAN PERFORMA ELEKTRODA GLASSY CARBON PADA ANALISIS ASAM ASKORBAT SECARA ELEKTROKIMIA

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IRLESTA RAHMA LANI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106030031
Telah diujikan pada : Selasa, 20 Mei 2025
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang
Karmanto, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 682f700b8b50



Penguji I
Dr. Imelda Fajriati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6833ea213ec40



Penguji II
Sudarlin, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 683032dfeff3f



Yogyakarta, 20 Mei 2025
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 683d031a64b90



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hai : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir
Lamp :

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Irlesta Rahma Lani
NIM : 21106030031
Judul Skripsi : Studi Kasus Pengaruh Pengotoran Elektroda (*Electrode Fouling*) terhadap Penurunan Performa Elektroda *Glassy Carbon* pada Analisis Asam Askorbat Secara Elektrokimia

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 16 Mei 2025
Pembimbing

Karmanto, S.Si., M.Si.
NIP: 19820504 200912 1 005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

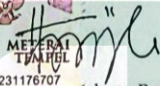
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Irlesta Rahma Lani
NIM : 21106030031
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Studi Kasus Pengotoran Elektroda (*Electrode Fouling*) Terhadap Penurunan Performa Elektroda *Glassy Carbon* pada Analisis Asam Askorbat Secara Elektrokimia**" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 19 Mei 2025


METERAI
TANDA
AB072AMX231176707
Irlesta Rahma Lani
NIM 21106030031

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

MOTTO

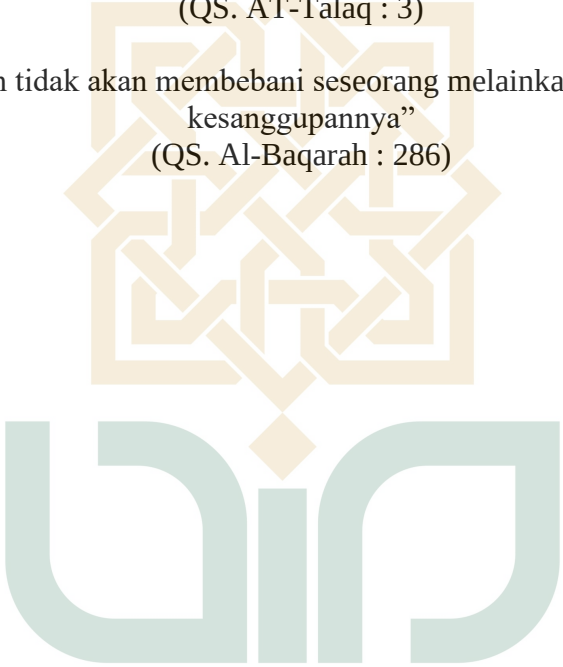
“dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka.

Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya. Sesungguhnya Allah melaksanakan urusan-Nya. Sungguh, Allah telah mengadakan ketentuan bagi setiap sesuatu.”

(QS. AT-Talaq : 3)

“Allah tidak akan membebani seseorang melainkan dengan kesanggupannya”

(QS. Al-Baqarah : 286)



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini penulis dedikasikan kepada:

Diri sendiri
Orang tua dan keluarga tercinta
Almamater Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbi 'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Studi Kasus Pengaruh Pengotoran Elektroda (*Electrode Fouling*) Terhadap Penurunan Performa Elektroda *Glassy Carbon* pada Analisis Asam Askorbat secara Elektrokimia” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW., semoga kita semua senantiasa berada dalam lindungan dan rahmat-Nya.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa penyelesaian tugas akhir memperoleh bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Prof. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Ibu Dr. DrA. Hj. Khurul Wardati, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Ibu Prof. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia atas motivasi dan pengarahan yang telah diberikan
4. Bapak Karmanto, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, arahan, dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Seluruh PLP Laboratorium Kimia Terpadu UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, terutama Bapak A. Wijayanto, S.Si. yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.
6. Segenap Dosen dan Tenaga Pendidikan Kimia UIN Sunan Kalijaga atas ilmu dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
7. Kedua orang tua, Ibu Lestari Puji Astuti, S.E. dan Bapak Ruslan, S.E. atas doa, dukungan moral maupun materiil, dan segala upaya yang telah diberikan untuk membersamai penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Mirna Wati Maswain selaku teman seperjuangan yang selalu saling membantu, memberi saran, mendengar, mendukung, dan membersamai penulis.

9. Rania, Triani, Ervina, Nabila Tuhfah, Jihan, Salsa, Shafa, dan teman-teman seimbang yang selalu membantu dan memberikan dukungan moral.
10. Mba Siska Putri Rahmadianingrum, S.Si. yang berkenan membantu, memberikan saran, dan arahan.
11. Teman-teman scandium, keluarga kimia 2021 atas kenangan, dukungan, dan perjuangan bersama selama perkuliahan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam segala bentuk selama penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, masukan dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan, khususnya dalam bidang ilmu kimia.

Yogyakarta, 16 Mei 2025

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	5
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	7
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	9
A. Tinjauan Pustaka	9
B. Landasan Teori	12
C. Kerangka Berpikir dan Hipotesis Penelitian	20
BAB III METODE PENELITIAN	24
A. Waktu dan Tempat Penelitian	24
B. Alat-alat Penelitian	24
C. Bahan-bahan Penelitian	24
D. Cara Kerja Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A. Karakteristik Elektrokimia Asam Askorbat Pada Permukaan Elektroda	32
B. Pengaruh <i>Electrode Fouling</i> dan Regenerasi Elektroda Terhadap Performa Elektroda	36
C. Koreksi Puncak Arus Oksidasi dengan Pendekatan Kemometrika	40
D. Hubungan Intensitas Puncak Arus Voltamogram SWV Terhadap Konsentrasi Asam Askorbat	42

E. Penentuan Konsentrasi Asam Askorbat Dalam Sampel dengan Metode CV dan SWV dan Uji Akurasi	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	48
A. Kesimpulan.....	48
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Mekanisme Oksidasi Asam Askorbat (Blazevid, <i>et al.</i> , 2020).....	4
Gambar 2.1 Struktur <i>L-Ascorbic Acid</i> (ACS, 2021)	19
Gambar 4.1 Voltamogram CV asam askorbat (<i>scan rate</i> 0,05 V s ⁻¹)..	32
Gambar 4.2 Reaksi oksidasi asam askorbat (Dodevska, <i>et al.</i> , 2023) .	33
Gambar 4.3 Voltamogram CV 1000 ppm asam askorbat terhadap variasi scan rate	34
Gambar 4.4 Plot grafik arus puncak vs akar kuadrat <i>scan rate</i>	35
Gambar 4.5 Voltamogram CV asam askorbat (A) sebelum regenerasi, (B) setelah regenerasi	37
Gambar 4.6 Voltamogram SWV asam askorbat (A) sebelum regenerasi, (B) setelah regenerasi	38
Gambar 4.7 Voltamogram CV (A) sebelum COW dan (B) sesudah COW untuk (a) referensi asam askorbat, (b) sampel asam askorbat...	41
Gambar 4.8 Voltamogram SWV larutan standar asam askorbat dengan konsentrasi: (1-10) 0, 20, 40, 80, 180, 350, 1000, 1800, 3000, dan 4000 ppm	42
Gambar 4.9 Kurva kalibrasi larutan standar asam askorbat	44
Gambar 4.10 Voltamogram (A) CV dan (B) SWV untuk (a) buffer asetat pH 4 dan (b) sampel tablet multivitamin	45

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Intensitas puncak arus voltamogram SWV larutan standar asam askorbat	43
Tabel 4.2 Hasil perolehan voltamogram sampel tablet suplemen multivitamin	46
Tabel 4.3 Uji akurasi sampel uji asam askorbat	47



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan preparasi 2 M larutan buffer asetat pH 4	56
Lampiran 2. Perhitungan preparasi larutan induk asam askorbat 4000 ppm	57
Lampiran 3. Pengenceran larutan standar asam askorbat pada variasi konsentrasi	57
Lampiran 4. Perhitungan konsentrasi asam askorbat dalam sampel tablet suplemen multivitamin	59
Lampiran 5. Perhitungan uji akurasi.....	59
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	60



ABSTRAK

Studi Kasus Pengaruh Pengotoran Elektroda (*Electrode Fouling*) Terhadap Penurunan Performa Elektroda *Glassy Carbon* Pada Analisis Asam Askorbat Secara Elektrokimia

Oleh:

Irlesta Rahma Lani

21106030031

Pembimbing:

Karmanto, S.Si., M.Sc.

Elektroanalisis menggunakan sensor menjadi salah satu metode analisis yang memiliki berbagai kelebihan, seperti memberikan hasil analisis yang sensitif dan selektif serta waktu analisis yang relatif lebih singkat. Akan tetapi, penggunaan sensor seperti elektroda *glassy carbon* secara repetitif dan adanya pengaruh lain (reaksi redoks) dapat menjadi penyebab terjadinya *electrode fouling* yang dapat menurunkan performa elektroda. Untuk itu, dilakukan penelitian terkait pengaruh *electrode fouling* terhadap karakteristik voltamogram asam askorbat dengan metode *Cyclic Voltammetry* (CV). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara mengembalikan performa elektroda dengan regenerasi elektroda dan koreksi posisi puncak arus menggunakan kemometrika *Correlation Optimized Warping* (COW). Voltamogram CV asam askorbat yang dihasilkan menunjukkan puncak oksidasi berada pada potensial 0,289 V. *Electrode fouling* menyebabkan puncak oksidasi asam askorbat bergeser ke arah yang lebih positif, yaitu pada potensial 0,975 V. Regenerasi elektroda yang dilakukan dengan pemindaian CV menggunakan 0,1 M H₂SO₄ belum mampu dalam mengembalikan performa elektroda sepenuhnya. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan koreksi posisi puncak oksidasi asam askorbat dengan COW yang menghasilkan posisi puncak oksidasi asam askorbat berada pada potensial 0,4125 V. Metode *Square Wave Voltammetry* (SWV) digunakan untuk analisis hubungan dalam voltamogram serta penentuan kadar asam askorbat dalam sampel tablet suplemen multivitamin. Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi asam askorbat linier terhadap arus yang dihasilkan. Adapun nilai koefisien determinasi (R^2) yang diperoleh sebesar 0,9847 yang menunjukkan linieritas yang baik. Konsentrasi

asam askorbat dalam sampel tablet suplemen multivitamin yang diperoleh sebesar 770,7 ppm dengan nilai % *recovery* 98,62–100,59%.

Kata Kunci: *Electrode fouling*, Regenerasi Elektroda, *Correlation Optimized Warping* (COW), *Cyclic Voltammetry* (CV), *Square Wave Voltammetry* (SWV), Asam Askorbat



ABSTRACT

Case Study The Effect of Electrode Fouling on the Performance Degradation of Glassy Carbon Electrode in the Electrochemical Analysis of Ascorbic Acid

By:

Irlesta Rahma Lani

21106030031

Supervisor:

Karmanto, S.Si., M.Sc.

Electroanalysis using sensors has become one of the analytical methods that offers various advantages, such as providing sensitive and selective analytical results as well as relatively shorter analysis times. However, the repetitive use of sensors, such as glassy carbon electrodes (GCE), and the presence of other influencing factors (e.g., redox reactions) can lead to electrode fouling, which in turn reduces electrode performance. Therefore, this study investigates the effect of electrode fouling on the voltammogram characteristics of ascorbic acid using the Cyclic Voltammetry (CV) method. The objective of this research is to explore methods for restoring electrode performance through electrode regeneration and correcting peak current positions using the chemometric method Correlation Optimized Warping (COW). The CV voltammogram of ascorbic acid shows an oxidation peak at a potential of 0,289 V. electrode fouling causes the oxidation peak of ascorbic acid to shift toward a more positive potential, reaching 0,975 V. Electrode regeneration conducted by CV scanning in 0,1 M H₂SO₄ was not fully effective in restoring electrode performance. To address the issue, COW was applied to correct the oxidation peak position of ascorbic acid, resulting in a corrected peak at 0,4125 V. The Square Wave Voltammetry (SWV) method was used to analyze the relationships within the voltammogram and to determine the ascorbic acid content in a multivitamin tablet sample. The results showed a linear relationship between ascorbic acid concentration and the generated current, with a determination coefficient (R^2) of 0,9847, indicating good linearity. The concentration of ascorbic acid in the multivitamin tablet sample was found to be 770,7 ppm, with a recovery percentage ranging from 98,62% to 100,59%.

Keywords: *Electrode fouling, Electrode Regeneration, Correlation Optimized Warping (COW), Cyclic Voltammetry (CV), Square Wave Voltammetry (SWV), Ascorbic Acid*



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kemajuan metode dalam analisis kimia telah banyak berkembang seiring berjalannya waktu. Berbagai metode analisis baik secara konvensional ataupun instrumental dapat dipilih dan digunakan sesuai dengan karakteristik sampel yang dianalisis. Di lain sisi, kelebihan dari setiap metode juga dipertimbangkan, seperti performa yang dihasilkan, lamanya waktu yang dibutuhkan, hingga kemudahan dalam penggunaan instrumen. Pemilihan metode analisis yang sesuai diharapkan dapat secara efektif menganalisis komponen matriks pada sampel dengan hasil yang akurat dan presisi (Mustapa, 2014).

Analisis elektrokimia menggunakan sensor dengan berbagai kelebihan, seperti instrumen yang sederhana dan *portable* menjadi salah satu alasan dipilihnya teknik ini untuk analisis (Zhu, *et al.*, 2015). Adapun instrumen yang digunakan memiliki kebutuhan daya listrik yang rendah sehingga mendukung efektivitas biaya (Dodevska, *et al.*, 2023). Selain itu, sensor elektrokimia juga memberikan performa yang baik dengan hasil deteksi yang lebih sensitif, selektivitas yang tinggi, pengulangan, dan akurasi yang baik (Council, 1995) dengan waktu analisis yang relatif lebih singkat (Wang, *et al.*, 2021). Adapun karakteristik sampel yang dapat dianalisis dengan sensor elektrokimia adalah sampel dengan komponen matriks yang dapat mengalami reaksi reduksi-oksidasi (redoks). Hal tersebut dikarenakan selama reaksi redoks terjadi,

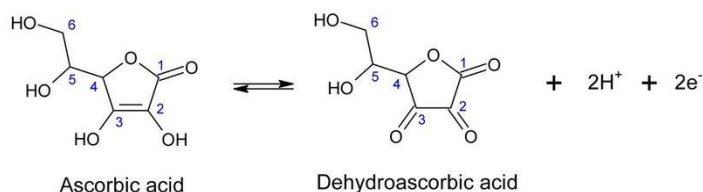
terdapat perubahan arus listrik sebagai respon instrumen dalam menganalisis komponen matriks tertentu dengan memberikan informasi kualitatif maupun kuantitatif secara akurat (Mustapa, 2014).

Asam askorbat atau vitamin C merupakan salah satu jenis mikronutrien yang memiliki sifat larut dalam air dan stabil dalam kondisi asam (Lathifah, *et al.*, 2022). Vitamin C berfungsi sebagai koenzim dan/atau kofaktor yang memiliki daya reduksi yang kuat dan berperan sebagai antioksidan pada reaksi hidroksilasi (Intakes, *et al.*, 2000). Selain itu, vitamin C juga berperan dalam pembentukan kolagen, penyembuhan luka, pendarahan gusi, menurunkan tekanan darah, kolesterol, hingga serangan jantung (Winarno, 1995).

Analisis asam askorbat dalam suatu sistem matriks campuran kompleks dapat dilakukan dengan berbagai cara baik secara konvensional dan instrumental. Dalam penelitian Fitriyana (2017) dilakukan analisis konsentrasi vitamin C pada buah jeruk nipis menggunakan metode titrasi iometri. Pada penelitian tersebut ditemukan konsentrasi vitamin C dalam jeruk nipis sebesar 0.27% (Fitriyana, 2017). Adapun penentuan konsentrasi vitamin C dalam produk suplemen dengan metode spektrofotometri UV-Vis secara tidak langsung yang dilakukan dengan pengukuran konsentrasi logam yang tereduksi oleh vitamin C dengan perolehan kesesuaian konsentrasi sebesar 90-97% (Sudiarta, *et al.*, 2021). Kedua metode tersebut terbukti dapat digunakan untuk analisis vitamin C dalam suatu sistem matriks campuran kompleks. Akan tetapi, analisis dengan kedua metode tersebut memerlukan waktu yang relatif lama, baik dari segi persiapan hingga pengukuran (Irdhawati, *et al.*, 2015).

Selain itu, tidak sedikit reagen yang digunakan baik dalam metode titrasi iodometri, seperti amilum 0,5%, natrium thiosulfate 0,1 N, kalium dikromat 0,1 N, larutan iodium, H_2SO_4 1 N, dan kristal KI (Fitriyana, 2017) ataupun dalam metode spektrofotometri secara tidak langsung yang dilakukan oleh Sudiarta, *et al.* (2021) memerlukan logam kromium (Cr) sebagai oksidator (Irdhawati, *et al.*, 2015). Adapun dalam analisis dengan spektrofotometri UV-Vis dibutuhkan sumber listrik untuk instrumen, spektrofotometer, yang cukup mahal serta diperlukannya keahlian khusus dalam pengoperasian instrumen (Iskandar, 2017).

Analisis vitamin C dalam produk suplemen juga dilakukan oleh Kurniawan, *et al.* (2024) dengan menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT). Dalam penelitian tersebut digunakan tiga sampel sirup multivitamin yang berbeda. Hasil yang diperoleh menunjukkan KCKT dapat digunakan untuk analisis konsentrasi vitamin C dalam sirup multivitamin. Namun, dua dari tiga hasil analisis menunjukkan adanya kelebihan konsentrasi vitamin C yang terdeteksi. Di mana hal ini dapat terjadi karena adanya komponen matriks selain vitamin C yang ikut terdeteksi. Komponen matriks tersebut dapat berupa senyawa yang memiliki sifat fisikokimia yang serupa dengan vitamin C (Kurniawan, *et al.*, 2024). Selain sensitif terhadap kontaminasi, penggunaan metode KCKT untuk analisis juga memerlukan waktu persiapan yang relatif lama, instrumen yang mahal dan diperlukan keahlian khusus dalam pengoperasian instrumen, terbatasnya senyawa yang dapat dianalisis, serta adanya pengaruh fase gerak (Dewianti, *et al.*, 2019).



Gambar 1.1 Mekanisme Oksidasi Asam Askorbat (Blazevid, *et al.*, 2020)

Asam askorbat memiliki sifat reduktif sehingga mudah teroksidasi menjadi dehidroaskorbat (Pisoschi, *et al.*, 2014). Hal ini membuat asam askorbat dapat dianalisis menggunakan sensor elektrokimia. Voltametri merupakan salah satu metode elektroanalisis dengan melakukan pemindaian terhadap perubahan arus seiring berubahnya potensial secara konstan dan terkontrol yang mengalir melewati elektroda dengan bantuan potensiostat. Arus faradaik merupakan arus terukur yang digunakan dalam penentuan konsentrasi suatu komponen matriks saat mengalami oksidasi dan/atau reduksi (Scholz, 2015). Terdapat berbagai jenis voltametri yang dapat dipilih untuk melakukan analisis, seperti *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Square Wave Voltammetry* (SWV). Kedua teknik ini sudah banyak digunakan dalam menganalisis vitamin C dalam berbagai sistem matriks campuran kompleks, seperti berbagai macam *fresh food* (Okiei, *et al.*, 2009) (Aabraha & Sergawie, 2014) dan olahan buah (Pisoschi, *et al.*, 2008) (Blazevid, *et al.*, 2020), minuman bersoda dan beralkohol (Taye & Sergawie, 2019), hingga berbagai produk suplemen (Mielech, 2003).

Walaupun analisis dengan sensor elektrokimia memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan metode konvensional maupun dengan instrumen lain, analisis dengan sensor elektrokimia

juga memiliki kekurangan. Salah satu masalah yang dapat dijumpai ketika menggunakan sensor elektrokimia ialah *electrode fouling*. Permasalahan ini mengacu pada terganggunya aktivitas elektroda akibat adanya pengotor pada permukaan elektroda (Hanssen, *et al.*, 2016). Umumnya *electrode fouling* sering terjadi karena elektroda yang digunakan secara repetitif (Lee, *et al.*, 2023).

Pada penelitian ini dilakukan kajian mengenai “Studi Kasus Pengaruh Pengotoran Elektroda (*Electrode Fouling*) Terhadap Penurunan Performa Elektroda *Glassy Carbon* pada Analisis Asam Askorbat secara Elektrokimia”. Regenerasi elektroda mengacu pada pembersihan permukaan elektroda dengan tujuan pengaktifasian kembali terhadap permukaan elektroda (Elgrishi, *et al.*, 2018). Kemometrika digunakan untuk koreksi terhadap puncak arus dengan menggunakan *Correlation Optimized Warping* (COW). Teknik tersebut dapat digunakan untuk mengoreksi terhadap pergeseran posisi puncak secara cepat (Kumar K. , 2018). Kajian ini diaplikasikan pada penentuan kadar asam askorbat dalam tablet suplemen multivitamin sebagai sampel analisis. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pemahaman terhadap *electrode fouling* dan memberikan pandangan baru mengenai cara mengatasi *electrode fouling*.

B. Batasan Masalah

Batasan masalah untuk menghindari perluasan topik dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Cyclic Voltammetry* (CV) dan *Square Wave Voltammetry* (SWV).

2. Metode *Cyclic Voltammetry* (CV) digunakan untuk analisis kualitatif dan metode *Square Wave Voltammetry* (SWV) digunakan untuk analisis kuantitatif.
3. Elektroda yang digunakan berupa elektroda *glassy carbon* sebagai elektroda kerja, *saturated calomel electrode* (SCE) sebagai elektroda referensi, dan *Pt strip* 10 x 10 mm sebagai elektroda lawan.
4. Metode kemometrika yang digunakan berupa *Correlation Optimized Warping* (COW).
5. Larutan elektrolit yang digunakan selama analisis dalam penelitian ini adalah 2 M buffer asetat pH 4.
6. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah matriks campuran kompleks berupa tablet suplemen multivitamin.
7. Parameter yang dihitung adalah kadar asam askorbat dalam sampel uji.
8. Validasi data dilakukan dengan uji akurasi.

C. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji berdasarkan pemaparan latar belakang masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik elektrokimia asam askorbat terhadap permukaan elektroda?
2. Bagaimana pengaruh *electrode fouling* dan regenerasi elektroda terhadap performa elektroda?
3. Bagaimana kemometrika dapat digunakan untuk koreksi posisi puncak arus?

4. Bagaimana hubungan antara intensitas puncak arus voltamogram terhadap konsentrasi asam askorbat menggunakan metode SWV?
5. Bagaimana penentuan asam askorbat dalam sampel uji dengan menggunakan metode CV dan SWV serta hasil uji akurasi?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian mengacu pada pengkajian rumusan masalah, sehingga tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengkaji karakteristik elektrokimia asam askorbat terhadap permukaan elektroda.
2. Mengkaji pengaruh *electrode fouling* dan regenerasi elektroda terhadap performa elektroda.
3. Koreksi pergeseran puncak arus melalui pendekatan kemometrika.
4. Mengkaji hubungan intensitas puncak arus voltamogram terhadap konsentrasi asam askorbat dengan metode SWV.
5. Penentuan asam askorbat dalam sampel uji dengan metode CV dan SWV dan uji akurasi.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari melakukan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mendukung pengembangan penelitian terkait pengaruh *electrode fouling* terhadap karakteristik voltamogram.
2. Menambah wawasan terkait cara mengatasi *electrode fouling* dengan regenerasi elektroda.

3. Menambah pandangan baru terkait cara mengatasi *electrode fouling* dengan bantuan kemometrika.
4. Mendukung pengembangan penelitian terkait penggunaan COW untuk koreksi puncak arus pada voltamogram.



BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh berbagai hasil dengan kesimpulan sebagai berikut.

1. Karakteristik elektrokimia asam askorbat berdasarkan voltamogram CV diperoleh puncak arus oksidasi pada potensial 0,289 V dan berdasarkan kinetika transfer elektron pada permukaan elektroda terdapat kontrol difusi yang mempengaruhi pengukuran arus.
2. *Electrode fouling* yang terjadi membuat puncak arus asam askorbat mengalami pergeseran ke arah yang lebih positif dan adanya perluasan pada voltamogram tetapi perlakuan regenerasi elektroda dengan teknik elektrokimia saja terbukti belum mampu mengembalikan performa elektroda sepenuhnya yang mana menunjukkan puncak arus oksidasi asam askorbat ketika mengalami *electrode fouling* berada pada potensial 0,975 V dan setelah diregenerasi puncak arusnya berada pada potensial 0,617 V.
3. Koreksi posisi puncak arus yang bergeser melalui kemometrika menggunakan COW dengan penyelarasan terhadap referensi voltamogram CV asam askorbat yang mana menunjukkan puncak arus oksidasi asam askorbat sebelum dilakukan koreksi berada pada potensial 0,8525 V dan setelah dilakukan koreksi berada pada potensial 0,4125 V dengan puncak referensi berada pada 0,3463 V.

4. Hubungan antara intensitas puncak arus dengan konsentrasi asam askorbat diperoleh hubungan yang linier dan diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9847 atau mendekati 1 yang mengindikasikan konsentrasi asam askorbat berpengaruh secara langsung terhadap intensitas puncak arus yang dihasilkan.
5. Penentuan karakteristik elektrokimia asam askorbat dalam sampel tablet suplemen multivitamin menggunakan CV dengan perolehan puncak arus berada pada potensial 0,7013 V yang diyakini sebagai asam askorbat, konsentrasi asam askorbat dalam sampel tablet suplemen multivitamin ditentukan dengan persamaan regresi linier dengan hasil konsentrasi asam askorbat yang diperoleh sebesar 770,7 ppm dalam 0,0155 g sampel, validasi metode kuantitatif dilakukan dengan menghitung nilai % *recovery* dengan perolehan sebesar 98,62–110,59% yang mengindikasikan hasil yang baik.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran yang dapat diaplikasikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Regenerasi elektroda tidak hanya dilakukan dengan teknik elektrokimia saja, tetapi juga dilengkapi dengan pemolesan atau *polishing* permukaan elektroda menggunakan partikel tertentu, seperti bubuk alumina.
2. Perlunya optimalisasi terhadap parameter pemindaian CV dan SWV.

DAFTAR PUSTAKA

- Aabraha, T., & Sergawie, A. (2014). Assessment of Some Selected Beverages and Fresh Edible Vegetables as Nutritional Source of Vitamin C (Ascorbic Acid) by Cyclic and Square Wave Voltammetry. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 3(26), 39-49.
- Abeykoon, S. W., & White, R. J. (2022). Continuous Square Wave Voltammetry for High Information Content Interrogation of Conformation Switching Sensors. *ACS Measurement Science Au*, 3, 1-9.
- ACS. (2021, February 15). *Molecule of the Week Archive Ascorbic Acid*. Retrieved from ACS Chemistry for Life: <https://www.acs.org/molecule-of-the-week/archive/a/ascorbic-acid.html>
- Aryasa, I. W., & Noviadri, I. (2022). Voltammetric Determination of Paracetamol with Carbon Paste Electrode Modified with Molecularly Imprinted Electropolymer. *Molekul*, 17(1), 30-38.
- Aziz, A. M., Hassan, H. H., & Badr, I. H. (2022). Activated Glassy Carbon Electrode as an Electrochemical Sensing Platform for the Determination of 4-Nitrophenol and Dopamine in Real Samples. *ACS Omega*, 7(38), 34127-34135.
- Blazevid, J., Stankovic, A., Safranko, S., Jokie, S., Velic, D., & Kosanovic, M. M. (2020). Electrochemical Detection of Vitamin C in Real Samples. *Food in Health and Disease, scientific-professional journal of nutrition and dietetics*, 9(1), 1-8.
- Chooto, P. (2019). Cyclic Voltammetry and Its Applications. In N. W. Maxakato, S. S. Gwebu, & G. H. Mhlongo, *Voltammetry*. London: IntechOpen.
- Christin, C., Smilde, A. K., Hoefsloot, H. C., Suits, F., Bischoff, R., & Horvatovich, P. L. (2008). Optimized Time Alignment Algorithm for LC-MS Data: Correlation Optimized Warping Using Component Detection Algorithm-Selected Mass Chromatograms. *Anal. Chem*, 80, 7012-7021.
- Council, N. R. (1995). *Expanding the Vision of Sensor Materials*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Creager, S. (2007). Solvents and Supporting Electrolytes. In C. G. Zoski, *Handbook of Electrochemistry* (p. 57). Oxford: Elsevier.

- Dekanski, A., Stevanovic, J., Stevanovic, R., Nikolic, B. Z., & Jovanovic, V. M. (2001). Glassy Carbon Electrodes: I. Characterization and Electrochemical Activation. *Carbon*, 39, 1195-1205.
- Devianti, V. A., & Amalia, A. R. (2019). Pengaruh Lama Waktu Osmosis Terhadap Kandungan Vitamin C Dalam Minuman Sari Buah Stroberi dan Apel. *Journal of Pharmacy and Science*, 4(1), 19-22.
- Dewianti, Z. P., Aprilliani, A., & Damayanti, H. (2019). Review Artikel: Metode Kromatografi Cair Pada Pemisahan Enansiomer Ofloksasin. *Jurnal Farmagazine*, 6(2), 65-70.
- Dodevska, T., Hadzhiev, D., & Shterev, I. (2023). A Review on Electrochemical Microsensors for Ascorbic Acid Detection: Clinical, Pharmaceutical, and Food Safety Applications. *Micromachines* 14(41), 1-19.
- Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., & Dempsey, J. L. (2018). A Practical Beginner's Guide to Cyclic Voltammetry. *Journal of Chemical Education*, 95, 197-206.
- Febrianti, N., Yunianto, I., & Dhaniaputri, R. (2015). Kandungan Antioksidan Asam Askorbat pada Jus Buah-buahan Tropis. *Jurnal BIOEDUKATIKA*, 3(1), 6-9.
- Fitriyana, R. A. (2017). Perbandingan Kadar Vitamin C pada Jeruk Nipis (*Citrus x Aurantifolia*) dan Jeruk Lemon (*Citrus x Limon*) yang Dijual di Pasar Llinggapura Kabupaten Brebes. *Publikasi Ilmiah Civitas Akademika Politeknik Mitra Karya Mandiri Brebes*, 2(2).
- Hanssen, B. L., Siraj, S., & Wong, D. K. (2016). Recent Strategies to Minimise Fouling in Electrochemical Detection Systems. *Rev Anal Chem*, 35(1), 1-28.
- Harvey, D. (2022). *Instrumental Analysis*. Indiana: LibreTexts.
- Husein, S. G., Firmansyah, A., & Yusuf, F. F. (2020). Analisis Kemometrika Spektrum Fourier transformed infrared (FTIR) dari Minyak Nabati. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi Indonesia*, 4(2), 45-55.
- Indartini, M., & Mutmainah. (2024). *Analisis Data Kuantitatif Uji Instrumen, Uji Asumsi Klasik, Uji Korelasi dan Regresi Linier Berganda*. Klaten: Penerbit Lakeisha.
- Intakes, S. C., Interpretation, S. o., Intakes, U. o., Nutrients, S. o., Antioxidants, P. o., & Compounds, R. (2000). *Dietary Reference*

- Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, AND Carotenoids.* Washington (DC): National Academies Press (US).
- Irdhawati, Manurung, M., & Maulinasari, A. (2015). Modifikasi Elektroda Pasta Karbon Dengan Eter Mahkota (Dibenzo-18-Crown-6) Untuk Analisis Asam Askorbat Secara Voltametri Pulsa Diferensial. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia* 11(2), 175-191.
- Iskandar, D. (2017). Perbandingan Metode Spektrofotometri UV-VIS dan Iodimetri Dalam Penentuan Asam Askorbat Sebagai Bahan Ajar Kimia Analitik Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian Berbasis Open-Ended Experiment dan Problem Solving. *Jurnal Teknologi Technoscience*, 10(1), 66-70.
- Kamau, G. (1988). Surface Preparation of Glassy Carbon Electrodes. *Analytica Chimica Acta*, 207, 1-16.
- Khosravi, M., Soleimanmeigouni, I., Ahmadi, A., Nissen, A., & Xiao, X. (2022). Modification of Correlation Optimized Warping Method for Position Alignment of Condition Measurements of Linear Assets. *Measurement* 201.
- Kiamiloglou, D., & Grousi, S. (2023). Different Aspect of the Voltammetric Detection of Vitamins: A Review. *Biosensors (Basel)*, 13(6), 1-36.
- Kousar, A., Peltola, E., & Laurila, T. (2021). Nanostructured Geometries Strongly Affect Fouling of Carbon Electrodes. *ACS Omega*, 6, 40, 26391-26403.
- Kumar, K. (2018). Chemometric Assisted Correlation Optimized Warping of Chromatograms: Optimizing the Computational Time for Correcting the Drifts in Chromatographic Peak Positions. *Analytical Methods*, 10, 1006-1014.
- Kumar, S., & Beckett, V. V. (2012). Glassy Carbon Electrodes Modified with Multiwalled Carbon Nanotubes for the Determination of Ascorbic Acid by Square-Wave Voltammetry. *Beilstein Journal of Nanotechnology*, 3, 388-396.
- Kurniawan, H., Kirom, I., Sianjung, M. H., Rahim, M., Saputra, R., Stevia, T., & Apsanita, W. (2024). Analisis Vitamin C Menggunakan Kromatografi Cair Kinerja Tinggi Dengan Variasi Variabel Perbandingan Terhadap Sirup Multivitamin. *Journal Pharmacy of Tanjungpura*, 1(2), 19-29.
- Lasabuda, G. P., & Mangantar, M. (2022). Pengaruh Struktural Modal, Likuiditas, dan Profitabilitas Terhadap Nilai Perusahaan pada

- Perusahaan Subsektor Otomotif yang Terdaftar di Bursa Efek Indonesia 2017-2020. *Jurnal EMBA*, 10(2), 337-345.
- Lathifah, Q. A., Turista, D. D., Hermawati, A. H., & Jannah, R. M. (2022). Penetapan Vitamin C dalam Jus Jeruk Keprok Segar dan Jus secara Iodometri. *Borneo Journal of Medical Laboratory Technology* 4(2), 297-301.
- Lee, J., Suh, H. N., Park, H.-b., Park, Y. M., Kim, H. J., & Kim, S. (2023). Regenerative Strategy of Gold Electrodes for Long-Term Reuse of Electrochemical Biosensors. *ACS Omega*, 8(1), 1389-1400.
- Listiana, E., Mustapa, R., Kohongia, A., Parisa, S., & Nusi, D. P. (2022). Pengaruh Proses Pengolahan Terhadap Kerusakan Vitamin C Sayur Daun Singkong. *Prosiding Seminar Nasional Mini Riset Mahasiswa* 1(1), 31-35.
- Liu, X., You, S., Ma, F., & Zhou, H. (2021). Characterization of Electrode Fouling During Electrochemical Oxidation of Phenolic Pollutant. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 15(4), 53, 1-10.
- Lorenza, P. N., Pandhita, A. K., Mahemba, D. N., Pede, A. P., Seran, T. D., Setyaningsih, D., & Riswanto, F. D. (2021). Review: Pemanfaatan Teknik Kemometrika Pengenalan Pola Pada Analisis Kuantitatif Senyawa Obat Kombinasi Tanpa Tahap Pemisahan. *Media Pharmaceutica Indonesia*, 3(4), 253-267.
- Marakka, M., Manurun, R. V., & Arifin. (2020). Fabrikasi dan Karakterisasi Sensor Elektrokimia Asam Askorbat Berbasis Teknologi Film Tebal Dengan Menggunakan Elektroda Pasta Karbon. *Jurnal Fisika Indonesia* 24(1), 43-46.
- Mielech, K. (2003). Simultaneous Voltammetric Determination of Riboflavin and L-Ascorbic Acid in Multivitamin Pharmaceutical Preparations. *Journal of Trace and Microprobe Techniques*, 21(1), 111-121.
- Mirceski, V., Skrzypek, S., & Stojanov, L. (2018). Square-wave Voltammetry. *ChemTexts*, 4, 1-14.
- Mustapa. (2014). *Kimia Analisis Kualitatif*. Sukoharjo: Tahta Media Group.
- Okiei, W., Ogunlesi, M., Azeez, L., Obakachi, V., Osunsanmi, M., & Nkenchor, G. (2009). The Voltammetric and Titrimetric Determination of Ascorbic Acid Levels in Tropical Fruit Samples. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 4, 276-287.

- Pisoschi, A. M., Danet, A. F., & Kalinowski, S. (2008). Ascorbic Acid Determination in Commercial Fruit Juice Samples by Cyclic Voltammetry. *Journal of Automated Methods and Management in Chemistry*, 1-8.
- Pisoschi, A. M., Pop, A., Serban, A. I., & Fafaneata, C. (2014). Electrochemical Methods For Ascorbic Acid Determination. *Electrochimica Acta* 121, 443-460.
- Pokprasert, A., Rasitanon, N., Lani, I. R., & Jeerapan, I. (2025). Tuning the Surface: Screen-Printed Flexible Porous Nanocomposite Electrodes with Programmable Electrochemical Performance for Wearable Platforms. *ACS SENSOR*.
- Putri, P. E., & Setiarso, P. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Graphene Oxide-Nanozeolit Sebagai Elektroda Kerja Dalam Siklik Voltametri. *UNESA Journal of Chemistry*, 9(1), 64-70.
- Scholz, F. (2015). Voltammetric Techniques of Analysis: the Essentials. *ChemTexts*, 1(17).
- Sudiarta, I. W., Sunandi, A. I., & Laksmiwati, A. I. (2021). Analisis Kadar Asam Askorbat (Vitamin C) Pada Minuman Suplemen Dalam Kemasan Dengan Metode Spektrofotometri Secara Langsung dan Tidak Langsung. *Jurnal Kimia (Journal of Chemistry)*, 15(2), 140-147.
- Taye, A., & Sergawie, A. (2019). Determination of Ascorbic Acid Content of Wine & Soft Drinks by Voltammetric Techniques at Glassy Carbon Electrode. *JSM Chem*, 7(1).
- Tonthawi, M., & Musfiroh, I. (2023). Review: Peningkatan Stabilitas Vitamin C Dalam Sediaan Kosmetika. *Majalah Farmasetika*, 8(3), 194-208.
- Trisnawati, N. N., Dewi, I. G., Suari, P. P., & Krismayanti, N. P. (2021). Validasi Metode Uji Merkuri Menggunakan Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry (ICPE) 9000. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 8(1), 24-28.
- Wang, H., He, Q., Liang, S., Li, Y., Zhao, X., Mao, L., . . . Chen, L. (2021). Advances and Perspectives of ZIFS-based Materials for Electrochemical Energy Storage: Design of Synthesis and Crystal Structure, Evolution of Mechanisms and Electrochemical Performance. *Energy Storage Materials* vol. 43, 531-578.
- Wang, J. (2006). *Analytical Electrochemistry*. New Jersey: John Wiley & Sons.

- Winarno, F. G. (1995). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Zhu, C., Yang, G., Li, H., Du, D., & Lin, Y. (2015). Electrochemical Sensors and Biosensors Based on Nanomaterials and Nanostructures. *Analytical Chemistry*, 87(1), 230-249.

