

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Logam berat merupakan salah satu polutan lingkungan yang bersifat *non-biodegradable*, dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan, sehingga berpotensi merusak lingkungan dan mengancam kesehatan manusia (Hu dkk., 2023). Kontaminan logam berat yang paling umum meliputi timbal (Pb) dan kadmium (Cd) (Oladoye dkk., 2022). Logam berat tersebut dapat menimbulkan efek toksik terhadap berbagai aspek kesehatan, bahkan pada tingkat paparan yang rendah (Chakraborty dkk., 2022) ; (Vellingiri dkk., 2022) ; (Iyer dkk., 2023) ; dan (Vellingiri, 2023). Pb dapat menyebabkan penyakit Alzheimer, Parkinson, *amyotrophic lateral sclerosis*, dan *attention-deficit/hyperactivity disorder* (ADHD) (Wang dkk., 2020). Cd dapat menyebabkan penyakit kanker paru-paru, emfisema, dan osteoporosis (Chen dkk., 2018).

Bahaya yang ditimbulkan oleh logam berat sangat serius, maka pengembangan metode deteksi yang akurat dan efisien sangat dibutuhkan. Beberapa metode yang digunakan untuk mendeteksi logam berat diantaranya *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry* (ICP-MS), dan *fluorescence detection* (Anusuya dkk., 2021) ; (Akoury dkk., 2022) ; dan (Andruch dkk., 2022). Metode tersebut menawarkan sensitivitas dan akurasi yang tinggi, namun memiliki beberapa kelemahan seperti memerlukan peralatan yang mahal, persiapan sampel yang kompleks, waktu

analisis yang lama, dan tidak memungkinkan diaplikasikan secara langsung di lapangan (Zhang dkk., 2024). Voltammetri merupakan solusi alternatif untuk deteksi logam berat karena memiliki kelebihan seperti biaya terjangkau, sederhana, respons cepat, dan dapat diaplikasikan secara langsung di lapangan (Mei dan Ahmad, 2021). Voltammetri melibatkan metode elektroanalisis untuk penentuan satu atau lebih analit dengan mengukur arus sebagai fungsi potensial (Lu dkk., 2018).

Analisis logam berat dengan metode voltammetri sangat dipengaruhi oleh material elektroda kerja. Dalam bidang elektroanalisis, elektroda berbasis karbon sangat berkembang karena memiliki beberapa keunggulan, yaitu rentang potensial yang luas, arus latar rendah, inert, dan cocok digunakan untuk bermacam-macam sensor (Qomariah dan BADI'AH, 2023). Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini adalah salah satu elektroda berbasis karbon yaitu Elektroda Pasta Karbon (EPK). Keunggulan EPK diantaranya proses pembuatannya sederhana, tidak toksik, dapat memberikan respon elektrokimia yang sangat stabil, sensitivitas dan selektivitas elektroda ini dapat ditingkatkan dengan penambahan *modifier* (Keawkim dkk., 2013) ; (Shanbhag dkk., 2022) ; (Zheng dkk., 2018) ; dan (Tajik dkk., 2020).

Modifikasi permukaan elektroda karbon dengan menyajikan keuntungan dalam bidang sensor karena dapat memfasilitasi transfer elektron antara permukaan elektroda dengan analit (Tribidasari A., 2008). Modifikasi permukaan EPK dengan Bi_2O_3 bertujuan untuk meningkatkan sensitivitas dan selektivitas elektroda dalam mendeteksi logam berat serta menurunkan nilai *limit of detection* (LOD) sehingga

memungkinkan elektroda dapat mendeteksi logam berat dalam konsentrasi yang rendah (Pimpilova, 2024).

Bismut oksida (Bi_2O_3) adalah salah satu *modifier* yang dapat digunakan untuk memodifikasi permukaan EPK. Keunggulan Bi_2O_3 adalah memiliki *band gap* yang sempit (2 hingga 3,96 eV), indeks bias tinggi, konduktivitas optik yang baik, sifat tidak beracun, dan aktivitas fotokatalitik yang tinggi (Yin dkk., 2010) dan (Dong dkk., 2019). Bismut oksida telah banyak diaplikasikan di berbagai bidang, seperti sensor gas (Shinde dkk., 2020), logam berat Pb dan Cd (De Benedetto dkk., 2024) dan (Pauliukaite dkk., 2002), vitamin B_{12} (Manimaran dkk., 2024), dan herbisida diuron (DU) (Annu dkk., 2020). Bismut oksida juga diaplikasikan untuk *solid oxide fuel cell* (Akduman dan Soydan, 2024) dan (Lim dkk., 2022), pemurnian air (Long dkk., 2024) dan (Hofmann dkk., 2020), dan fotokatalis (Mishra dkk., 2024) ; (Qin dkk., 2021) ; (Liu dkk., 2022) ; dan (Astuti dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pauliukaite dkk., (2005), modifikasi EPK dengan Bi_2O_3 menggunakan metode *bulk modified* dapat meningkatkan kinerja EPK sebagai sensor logam berat Pb dan Cd.

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi EPK dengan Bi_2O_3 menggunakan metode *drop casting* untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap kinerja sensor dengan teknik SWASV. Penambahan Bi_2O_3 sebagai *modifier* pada permukaan EPK diharapkan dapat meningkatkan kinerja EPK sebagai sensor logam berat Pb dan Cd yang meliputi sensitivitas dan selektivitas, *repeatability*, *reproducibility*, linearitas, limit deteksi, serta kemampuan analisis pada sampel nyata.

I.2 Keaslian Penelitian

Penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Pauliukaite dkk., (2005) dan Sampathkumar dkk., (2024). Penelitian yang dilakukan oleh Pauliukaite dkk., (2005) memodifikasi EPK dengan Bi_2O_3 menggunakan metode *bulk modified*. Pembaharuan metode dilakukan pada penelitian ini dengan *surface modified* menggunakan metode *drop casting*. Pada penelitian sebelumnya menggunakan teknik *Differential Pulse Anodic Stripping Voltammetry* (DPASV) untuk mendeteksi logam berat Pb dan Cd, sedangkan pada penelitian ini menggunakan teknik yang berbeda yaitu *Square Wave Anodic Stripping Voltammetry* (SWASV).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Sampathkumar dkk., (2024) dilakukan modifikasi elektroda *glassy carbon* dengan Bi_2O_3 menggunakan metode *drop casting* untuk sensor vitamin B_{12} , sedangkan pada penelitian ini elektroda yang dimodifikasi adalah EPK dan aplikasinya untuk sensor logam berat Pb dan Cd, meskipun keduanya menggunakan metode *drop casting* terdapat perbedaan pada prosedur pembuatan dispersi Bi_2O_3 dan jumlah dispersi Bi_2O_3 yang ditambahkan pada permukaan elektrodanya. Prosedur pembuatan dispersi pada penelitian ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Madhusudhana dkk., (2020) dan Annu dkk., (2020) dengan sedikit modifikasi.

Keaslian penelitian ini adalah modifikasi EPK dengan Bi_2O_3 menggunakan metode *drop casting* untuk sensor logam berat Pb dan Cd dengan teknik SWASV, dan dipelajari pengaruhnya terhadap kinerja EPK yang meliputi sensitivitas dan selektivitas, *repeatability*, *reproducibility*, linearitas, limit deteksi, serta kemampuan analisis pada sampel nyata.

I.3 Tujuan Penelitian

1. Sintesis EPK dan analisis karakteristik elektrokimia EPK menggunakan *Cyclic Voltammetry* (CV)
2. Sintesis Bi_2O_3 dengan metode hidrotermal dan kalsinasi $\text{Bi}(\text{OH})_3$ serta analisis karakteristik kimia Bi_2O_3 menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD)
3. Mengevaluasi pengaruh penambahan *modifier* Bi_2O_3 terhadap kinerja EPK sebagai sensor logam berat Pb dan Cd yang meliputi sensitivitas dan selektivitas, *repeatability*, *reproducibility*, linearitas, limit deteksi, serta kemampuan analisis pada sampel nyata.