

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Kolesterol merupakan molekul lipid penting dalam membran sel dan lipoprotein yang diproduksi oleh tubuh manusia terutama di dalam hati. Secara umum, kolesterol berfungsi untuk membangun dinding di dalam sel (membran sel) dalam tubuh. Selain itu, kolesterol juga berperan penting dalam memproduksi hormon seks, vitamin D, serta berperan penting dalam menjalankan fungsi saraf dan otak (Mumpuni dan Wulandari, 2011). Pada tubuh yang normal, kolesterol diproduksi dalam jumlah yang tepat. Namun, kadar kolesterol dalam darah dapat meningkat sesuai dengan asupan makanan yang masuk dalam tubuh terutama lemak hewani. Pola hidup yang tidak sehat seperti konsumsi makanan yang mengandung protein dan lemak berlebih yang tidak diiringi dengan olahraga yang cukup, merokok, tidur larut malam, didukung dengan masalah psikis seperti stres berat mampu memicu penyakit hiperkolesterolemia (Yani, 2015).

Hiperkolesterolemia adalah gangguan metabolisme yang ditandai dengan peningkatan kadar kolesterol dalam tubuh melebihi keadaan normal. Kolesterol yang menumpuk dapat meningkatkan risiko terkena aterosklerosis, diabetes melitus, gangguan tiroid, pankreatitis (radang pankreas), penyakit jantung koroner, penyakit hepar, dan penyakit ginjal. Salah satu upaya menghindari penyakit-penyakit tersebut adalah dengan pemeriksaan kadar kolesterol secara berkala untuk mencegah terjadinya dampak lebih lanjut dari hiperkolesterolemia.

Metode analisis kolesterol telah banyak dikembangkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Li *et al.* (2019) melaporkan beberapa metode analisis untuk kuantifikasi kolesterol, diantaranya adalah metode enzimatik dan *electrospray ionization tandem mass spectrometry* (ESI-MS). Metode enzimatik memiliki kelemahan dalam selektivitas karena kolesterol oksidase juga dapat bereaksi dengan sterol lainnya. Selain itu, beberapa bahan kimia dalam sampel seperti asam askorbat dan bilirubin dapat bereaksi dengan hidrogen peroksida sebagai produk samping dari oksidasi kolesterol bebas yang menyebabkan terjadinya beberapa

kesalahan dalam kuantifikasi kolesterol. Metode *electrospray ionization tandem mass spectrometry* (ESI-MS) juga telah dikembangkan untuk analisis kolesterol. Teknik ionisasi pada metode ini tidak efektif untuk molekul sterol bebas netral seperti kolesterol karena ion $[M + H^+]$ pada molekul sterol mudah terpecah pada sumber ion sehingga sulit untuk dideteksi.

Metode analisis kolesterol lainnya yang telah dikembangkan adalah potensiometri. Potensiometri merupakan metode elektrokimia dimana potensial sel elektroda indikator diukur terhadap elektroda pembanding pada arus nol (Skoog *et al.*, 2014). Potensiometri mempunyai keunggulan dibandingkan dengan voltametri, karena tidak memerlukan penerapan arus atau modulasi potensial serta membutuhkan peralatan yang lebih sederhana (Tessutti *et al.*, 2013). Metode potensiometri melibatkan proses analisis yang sederhana, memiliki akurasi yang tinggi, limit deteksi rendah, selektivitas yang baik, biaya terjangkau, sehingga banyak peneliti yang mengembangkan metode ini sebagai analisis komponen dalam larutan (Lindner dan Pendley, 2013).

Israr *et al.*, (2010) mengembangkan metode potensiometri sebagai metode analisis kolesterol menggunakan batang nano ZnO yang ditanam secara kimia dalam kawat Ag sebagai elektroda. Hasil penelitian menunjukkan linieritas yang baik dengan sensitivitas 35,2 mV per dekade dan sinyal keluaran stabil dicapai dalam waktu sekitar 10 detik. Pengembangan metode potensiometri berikutnya yaitu *flow injection potentiometry* (FIP) untuk uji enzimatis kolesterol dengan sensor berupa elektroda tungsten dan mediator ferosianida. Metode potensiometri dengan penggunaan ferosianida sebagai mediator dalam sistem FIP ini memiliki beberapa keunggulan dalam selektivitas, sensitivitas, kecepatan, rentang kalibrasi linier yang lebar, dan bebas dari interferensi (Situmorang *et al.*, 1999).

Elektroda merupakan sensor dalam metode potensiometri. Pemilihan elektroda kerja yang tepat penting untuk diperhatikan pada analisis potensiometri, terutama memperhatikan bentuk dan komposisi bahan penyusunnya karena akan mempengaruhi kinerja metode potensiometri (Skoog *et al.*, 2014). Diantara berbagai elektroda yang digunakan dalam sensor elektrokimia, elektroda pasta karbon (CPE) merupakan sensor yang menjanjikan. Hal ini disebabkan karena

keunggulan elektroda pasta karbon diantaranya mudah digunakan, penerapannya yang luas, memerlukan biaya yang murah, reproduibilitas yang tinggi dan akurat. Elektroda pasta karbon mudah untuk dibuat dan dimodifikasi menjadi suatu sensor yang mampu mendeteksi senyawa target dalam matriks kompleks secara sensitif dan selektif. Elektroda pasta karbon juga mempunyai konduktivitas yang sangat baik, luas permukaan yang tinggi, resistansi ohmik yang sangat rendah, dan stabilitas mekanik yang tinggi (Mostafiz *et al.*, 2021).

Elektroda pasta karbon telah banyak dikembangkan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Fiorucci dan Cavalheiro (2002) telah mengembangkan elektroda pasta karbon tanpa modifikasi untuk menentukan triptofan dalam formulasi farmasi dengan metode DPV (*differential pulse voltammetry*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan elektroda pasta karbon tersebut dilakukan dengan prosedur yang cepat, biaya murah, dan elektroda yang terbentuk sensitif untuk penentuan triptofan dalam formulasi farmasi. Studi pendahuluan terkait level konsentrasi (μM) triptofan telah dilakukan untuk membandingkan respons elektroda pasta karbon dengan elektroda *glassy carbon* dimana keduanya tanpa modifikasi. Elektroda *glassy carbon* menunjukkan sensitivitas dan resolusi yang sangat rendah, sehingga elektroda pasta karbon ditetapkan sebagai pilihan terbaik untuk penentuan analit dalam studi lebih lanjut.

Penelitian lainnya melaporkan bahwa elektroda pasta karbon yang tidak mengandung *modifier* pasangan ion tidak dapat menunjukkan respons yang tinggi (Mostafiz *et al.*, 2021). Dalam beberapa tahun terakhir, modifikasi terhadap elektroda telah banyak dilakukan untuk meningkatkan selektivitas dan sensitivitas hasil analisis asam urat (Darmokoesoemo *et al.*, 2017). Vytřas *et al.* (2009) mengungkapkan elektroda pasta karbon dapat dimodifikasi untuk mendapatkan sensor dengan sifat baru sesuai yang diinginkan. Elektroda pasta karbon yang dimodifikasi secara kimia mempunyai beberapa keunggulan pada analisis secara voltametri seperti arus latar yang rendah, dapat diperbaharui secara cepat, dan pembuatannya yang mudah (Lu *et al.*, 2000).

Belia (2017) telah memodifikasi elektroda pasta karbon dengan *molecularly imprinted polymer* untuk analisis kreatinin secara potensiometri. Shofiyyah (2016)

telah melakukan analisis glukosa dalam darah secara potensiometri menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit TS-1. Pemanfaatan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X sebagai sensor potensiometri amitriptilin juga telah dilakukan dan menunjukkan kinerja yang sangat baik, yaitu nilai presisi sebesar 97,5–99,9% serta nilai akurasi sebesar 91,2–107% (Wahyuni, 2021). Bureni (2021) telah mengembangkan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X dan mempelajari selektivitasnya melalui uji pengaruh glukosa, laktosa, manitol, dan $ZnSO_4$ pada analisis amitriptilin secara potensiometri. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa keberadaan glukosa, laktosa, manitol, dan $ZnSO_4$ tidak mengganggu analisis amitriptilin secara potensiometri. Selektivitas yang tinggi ini disebabkan adanya sisi aktif pengikatan yang spesifik pada elektroda sehingga elektroda lebih mengenali molekul analit target, yaitu amitriptilin.

Sejauh ini, penulis belum menemukan laporan penelitian tentang pemanfaatan *imprinted* zeolit X sebagai material untuk memodifikasi elektroda pasta karbon pada analisis kolesterol secara potensiometri. Dengan demikian pada penelitian ini dipelajari modifikasi elektroda pasta karbon dengan *imprinted* zeolit X dan mempelajari kinerjanya untuk analisis kuantitatif kolesterol sehingga dapat digunakan sebagai sensor pada analisis rutin kolesterol di bidang kesehatan.

Pada penelitian ini dikembangkan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X sebagai sensor pada analisis kolesterol secara potensiometri. Yan *et al.* (2019) menjelaskan zeolit jenis X merupakan kelompok zeolit *faujasite* dengan rasio Si/Al yang tinggi. Zeolit jenis ini penting dalam kegiatan penelitian dan aplikasi komersial. Zeolit X memiliki luas permukaan yang besar, rongga dalam bentuk saluran yang lebar, dan sangkar dengan bukaan yang besar. Oleh karena itu, zeolit X menunjukkan kapasitas adsorpsi yang besar dengan sifat pertukaran kationik yang baik (Patdhanagul *et al.*, 2010).

Pada penelitian ini, zeolit X dibuat dari bahan dasar natrium aluminat ($NaAlO_2$), tetraetil ortosilikat (TEOS), natrium hidroksida (NaOH), dan akuades (H_2O) dengan perbandingan mol $Na_2O : Al_2O_3 : SiO_2 : H_2O$ sebesar 4,5 : 1 : 3 : 315 menggunakan metode sol-gel yang dilanjutkan dengan metode hidrotermal pada suhu $100^\circ C$ (Masoudian *et al.*, 2013). *Imprinted* zeolit X disintesis dengan rasio

mol kolesterol/Si sebesar 1–1,5 (Ulfah *et al.*, 2006). Elektroda dibuat dari komponen penyusun berupa serbuk karbon, parafin padat, dan zeolit/*imprinted* zeolit X. Parameter yang dipelajari dalam penelitian ini adalah variasi komposisi material penyusun elektroda dan pH larutan. Kinerja elektroda serta validitas metode analisis yang dipelajari meliputi jangkauan pengukuran, faktor Nernst, linieritas, batas deteksi, presisi, akurasi, waktu respon, dan waktu hidup elektroda. Selektivitas elektroda dipelajari dengan cara mengaplikasikan elektroda untuk pengukuran larutan glukosa (metode *matched potential method*/MPM).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang permasalahan, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Berapakah komposisi optimum karbon aktif, parafin padat, dan *imprinted* zeolit (IZ) dalam pembuatan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X untuk analisis kolesterol secara potensiometri?
2. Berapakah pH optimum larutan pada analisis kolesterol menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X secara potensiometri?
3. Berapakah rentang jangkauan pengukuran, nilai faktor Nernst, linieritas, batas deteksi, presisi, akurasi, waktu respon, waktu hidup, dan selektivitas elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X pada analisis kolesterol secara potensiometri?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Mengetahui komposisi optimum karbon aktif, parafin padat, dan *imprinted* zeolit (IZ) dalam pembuatan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X untuk analisis kolesterol secara potensiometri.
2. Mengetahui pH optimum larutan pada analisis kolesterol menggunakan elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X secara potensiometri.

3. Menentukan rentang jangkauan pengukuran, nilai faktor Nernst, linieritas, batas deteksi, presisi, akurasi, waktu respon, waktu hidup, dan selektivitas untuk mengetahui kinerja elektroda pasta karbon termodifikasi *imprinted* zeolit X sebagai sensor pada analisis kolesterol secara potensiometri.

1.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan mampu memberikan metode alternatif dalam analisis kolesterol dengan menggunakan elektroda termodifikasi *imprinted* zeolit secara potensiometri untuk perkembangan ilmu di bidang kesehatan.