

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes Melitus (DM) merupakan penyakit jangka panjang yang terjadi akibat ketidakmampuan tubuh dalam mengatur kadar glukosa darah yang disebabkan oleh sekresi insulin yang berlebihan dari pankreas. Pada suatu individu yang terjangkit diabetes, terdapat fenomena yang disebut resistensi insulin. Dalam diabetes melitus, terdapat berbagai jenis kasus diabetes yaitu kasus diabetes tipe 1, tipe 2, dan gestasional. Ketiga kasus ini menunjukkan urgensi yang harus ditanggulangi, karena prevalensinya meningkat tiap tahun (Ojo et al., 2023). Peningkatan kasus tersebut didorong oleh faktor risiko seperti gaya hidup tidak sehat, obesitas, kurangnya aktivitas fisik, dan kebiasaan makan yang buruk. Hal ini dapat menyebabkan munculnya komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular yang dapat menurunkan angka harapan hidup (Heald et al., 2020). Berdasarkan data WHO pada tahun 2014, menunjukkan bahwa 8,5% orang dewasa berusia 18 tahun ke atas terkena diabetes. Adanya urgensi dari kasus diabetes pun didukung oleh data *International Diabetes Federation* tahun 2021, jumlah kasus diabetes di Indonesia diperhitungkan mencapai 19.465.102 kasus yang sebagian besar dari kasus tersebut dialami oleh orang dewasa. Oleh karena itu, dalam pemantauan penyakit diabetes ini diperlukan perangkat *sensing* atau deteksi yang relatif sederhana, cepat, kuat, dan akurat untuk mengurangi risiko kesehatan yang terjadi.

Glukosa merupakan sumber utama energi dan bahan bakar bagi sel manusia. Glukosa diperoleh dari makanan yang dikonsumsi, lalu diproses dalam tubuh, dan ditransfer dari peredaran darah ke sel target (Szablewski, 2020). Ketika metabolisme glukosa dalam tubuh terganggu, hal ini akan mengakibatkan berbagai penyakit, salah satunya yaitu diabetes yang ditandai dengan adanya peningkatan konsentrasi glukosa yang tinggi dalam darah dan cairan fisiologis lainnya. Pada konsentrasi gula yang lebih tinggi dari 7 mmol L⁻¹ setelah tidak mengonsumsi kalori selama 8 jam dikategorikan bahwa suatu individu telah terjangkit penyakit diabetes (Caldara, Kulpa, et al., 2023). Dalam perangkat deteksi, glukosa digunakan sebagai biomarker utama dalam diabetes melitus. Pengembangan metode pengukuran glukosa telah adasejak tahun 1962 hingga saat ini yang diterapkan pada berbagai matriks seperti darah, urin, dan air liur (Liu et al., 2018).

Berbagai metode *sensing* yang dapat digunakan dalam pemantauan penyakit diabetes adalah *self-monitoring of blood glucose*, *optical fiber glucose*, *ultrasound glucose*, dan *microwave glucose sensor* (Pleus et al., 2022 ; Ahmed et al., 2022 ; Meyhöfer et al., 2020 ; Omer et al., 2020). Keunggulan dari setiap metode tersebut yaitu dapat digunakan secara *real-time*, respon cepat, sensitivitas, dan fleksibilitas tinggi (Chowdhury et al., 2015 ; Gong et al., 2021 ; Min et al., 2025). Namun, metode tersebut memiliki tantangan yaitu berpotensi menimbulkan infeksi, selektivitas dan akurasi yang buruk, biaya yang mahal, mudah terpengaruh faktor lingkungan, seperti suhu, kelembaban, dan tekanan, serta menimbulkan rasa tidak nyaman ketika diaplikasikan secara *real-time* (Min et al., 2025 ; Gong et al., 2021). Maka dari itu, metode lain diperlukan untuk menanggulangi adanya kelemahan yang diberikan dari setiap metode tersebut. Metode lain yang digunakan tersebut adalah metode *electrochemical glucose sensor* yang dapat meningkatkan sistem pemantauan terhadap kadar glukosa dalam berbagai matriks, khususnya urin, sehingga metode ini dapat memberikan sistem pemeriksaan yang lebih cepat dan dapat dipantau secara berulang (Menon et al., 2020).

Metode *electrochemical glucose sensor* adalah metode ketika sensor yang digunakan merupakan sensor elektrokimia yang menerapkan prinsip elektrokimia untuk mendeteksi dan mengukur senyawa kimia tertentu (Harun-Or-Rashid et al., 2024). Aplikasi dari metode *electrochemical glucose sensor* meliputi *enzymatic glucose biosensor*, *nanomaterial based glucose biosensor*, dan *wearable and non-invasive* (Teymourian et al., 2020). Keunggulan dari setiap sensor ini yaitu tidak mudah terpengaruh oleh faktor lingkungan, konduktivitas listrik yang baik, dan tidak menimbulkan rasa sakit (Heller & Feldman, 2008 ; Teymourian et al., 2020). Namun kelemahan dari setiap sensor ini yaitu *biofouling*, proses sintesis yang rumit dan mahal, selektivitas, sensitivitas, akurasi, dan stabilitas yang rendah (Teymourian et al., 2020). Berdasarkan penelitian Khosrokhavar et al. (2020), hasil penelitian yang diperoleh yaitu sensor elektrokimia berbasis *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP) yang dimodifikasi dengan *graphene nanosheets* untuk deteksi obat *sertraline* (StR) berhasil dikembangkan yang ditunjukkan dengan sensor yang memiliki selektivitas tinggi terhadap STR, memiliki batas deteksi yang baik, dan berhasil diaplikasikan untuk mendeteksi STR dalam sampel tablet dan serum manusia. Oleh karena itu, adanya penggunaan SPCE/MIP (*Screen Printed Carbon Electrode/Molecularly Imprinted Polymer*) terbukti sebagai bentuk dari aplikasi metode *electrochemical glucose sensor* yang diyakini dapat menjadi strategi untuk meningkatkan kinerja serta mengatasi permasalahan dari kelemahan sensor yang telah ada sebelumnya.

SPCE/MIP merupakan sensor elektrokimia yang menggabungkan antara *Screen Printed Carbon Electrode* dengan *Molecularly Imprinted Polymer* menggunakan metode fabrikasi tertentu, sehingga terdapat situs pengikatan spesifik yang memungkinkan digunakan sebagai deteksi molekul target tertentu. SPCE merupakan sensor yang menggabungkan elektroda kerja dengan bahan penyusun karbon, elektroda referensi, dan elektroda *counter* dalam substrat cetak tunggal. Keunggulan dari sensor ini yaitu selektivitas dan sensitivitas tinggi, batas deteksi yang rendah, biaya rendah, *reusable*, fleksibel, dan *portable* (Paimard et al., 2023). Sedangkan, MIP merupakan salah satu material cetakan dengan *template* spesifik yang dapat digunakan dalam serangkaian sensorik, sehingga menciptakan tempat pengikatan spesifik yang mampu mengenali *template* secara efektif (Piletsky et al., 2020). Berdasarkan penelitian Caldara et al. (2021), menyatakan bahwa MIP telah berhasil disintesis dan dilakukan pengoptimalan terhadap *sensing* glukosa. Hasil yang diperoleh yaitu partikel MIP menunjukkan efisiensinya sebagai solusi alternatif dan murah untuk mendeteksi glukosa dalam cairan fisiologis pada bidang diagnostik medis. Maka dari itu, ketika SPCE/MIP digabungkan menjadi suatu sistem sensor akan memiliki keunggulan yaitu selektivitas dan sensitivitas tinggi, batas deteksi yang rendah, sensor *portable*, dapat digunakan untuk monitoring secara *real-time*, mudah diaplikasikan, serta tidak dapat mudah dipengaruhi oleh suhu, kelembaban, dan tekanan (Gavrilă et al., 2022).

Pada proses fabrikasi MIP terhadap *working electrode* (WE) dari SPCE dilakukan dengan metode *drop casting*. Adapun metode-metode lain yang dapat digunakan yaitu *electropolymerization* dan *chemical grafting*. Namun metode-metode ini memiliki kelemahan yaitu kompatibilitas yang rendah terhadap material tertentu, waktu fabrikasi yang lama, biaya mahal, serta kondisi polimerisasi yang sulit dioptimalkan. Sedangkan, metode *drop casting* memiliki keunggulan meliputi kompatibilitas yang baik, waktu fabrikasi cepat, sederhana, biaya murah, serta kondisi polimerisasi yang dapat dioptimalkan (Bou-Maroun, 2023).

Dalam penelitian ini, MIP akan disintesis dan dilakukan fabrikasi ke dalam *working electrode* (WE) dari SPCE dengan metode *drop casting*. Adanya pengaruh dari *coating* MIP terhadap SPCE akan dipelajari secara sistematis terhadap karakteristik menggunakan instrumentasi spektrofotometer UV-Vis, spektrofotometri FTIR-ATR, SEM, EDX, serta kinerja sensor menggunakan instrumentasi EIS atau *Electrochemical Impedance Spectroscopy*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka rumusan masalah ada sebagai berikut:

1. Bagaimana proses sintesis MIP?
2. Bagaimana fabrikasi sensor SPCE/MIP?
3. Bagaimana karakterisasi MIP dan SPCE/MIP?
4. Bagaimana kinerja sensor SPCE/MIP untuk deteksi glukosa dalam urin?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan penelitian adalah untuk memperoleh informasi mengenai:

1. Proses sintesis MIP.
2. Fabrikasi sensor SPCE/MIP.
3. Karakterisasi MIP dan SPCE/MIP.
4. Kinerja sensor SPCE/MIP untuk deteksi glukosa dalam urin.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengembangkan metode sintesis dan aplikasi sensor SPCE/MIP-Kitosan dalam aplikasi deteksi glukosa.
2. Memberikan kontribusi sebagai rujukan bagi peneliti lain dalam pengembangan metode deteksi glukosa berbasis SPCE/MIP.

1.5 Struktur Organisasi Skripsi

Struktur organisasi skripsi ini terdiri dari: Bab I pendahuluan, Bab II kajian pustaka, Bab III metode penelitian, Bab IV hasil dan pembahasan, serta Bab V simpulan dan rekomendasi. Bab I membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Bab II berisi tentang kajian pustaka meliputi glukosa, urin, *Screen Printed Electrode* (SPE), *Molecularly Imprinted Technology* (MIT), *Molecularly Imprinted Polymer* (MIP), kitosan sebagai *base polymer* MIP, karakterisasi dan kinerja pada SPCE-MIP, serta kajian penelitian-penelitian sebelumnya. Bab III berisi tentang metode, alat, bahan, dan langkah kerja penelitian. Bab IV berisi tentang temuan dan pembahasan penelitian. Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran.