

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Deteksi glukosa telah menjadi fokus perhatian yang besar karena peran penting sakarida ini sebagai sumber utama energi dari makanan serta dampaknya terhadap kesehatan manusia. Glukosa merupakan jenis karbohidrat utama yang terdapat dalam darah, dan fluktuasi kadar glukosa dapat menyebabkan berbagai kondisi kesehatan. Jika konsentrasinya rendah, dapat terjadi hipoglikemia, sedangkan kadar yang tinggi dapat memicu penyakit diabetes dan hipertensi [1].

Metode pemantauan diabetes yang banyak digunakan saat ini memiliki sejumlah keterbatasan utama, terutama karena bersifat invasif. Prosedur ini mengharuskan pengambilan sampel darah langsung dari pasien untuk dianalisis kadar glukosanya. Dampak dari pendekatan ini tidak hanya menimbulkan rasa tidak nyaman dan nyeri bagi pasien, tetapi juga menyebabkan biaya pemantauan jangka panjang yang tinggi, serta meningkatkan risiko infeksi karena adanya luka terbuka pada kulit [2]. Kelemahan metode invasif telah mendorong pesatnya perkembangan teknologi yang lebih nyaman dan bebas rasa sakit. Salah satu inovasi yang paling menonjol adalah pengembangan biosensor elektrokimia non-invasif, yang dirancang untuk mendeteksi glukosa melalui berbagai cairan tubuh alternatif seperti urin [3], keringat, air mata, dan air liur [4].

Dalam upaya menghadirkan sensor non-invasif yang lebih nyaman dan ramah bagi pengguna, penggunaan biosensor elektrokimia berbasis tinta konduktif menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan. Pendekatan ini mampu meminimalkan ketergantungan pada prosedur invasif seperti pengambilan sampel darah. Tinta konduktif memungkinkan proses pencetakan sensor sekali pakai dengan biaya yang relatif rendah, serta dapat diterapkan pada berbagai jenis substrat fleksibel seperti kertas, kain, maupun plastik daur ulang [5]. Di antara pendekatan elektrokimia, *Electrochemical Impedance Spectroscopy* (EIS) mendapat sorotan

utama. Daya tarik EIS tidak hanya terletak pada sensitivitasnya yang sangat tinggi, tetapi—yang lebih utama—karena kemampuannya untuk diaplikasikan dalam metode deteksi non-enzimatik dan tanpa memerlukan pelabelan kimia (*label-free*) [1].

Berdasarkan keunggulan tersebut, penelitian ini memanfaatkan *graphite oxide* (GrO) sebagai bahan utama material konduktif untuk pembuatan tinta konduktif. Selain itu, nanopartikel perak (AgNP) dipadukan ke dalam formulasi tinta guna meningkatkan konduktivitas listrik dan mempercepat laju reaksi elektrokimia sensor [6] terhadap keberadaan glukosa. Kombinasi GrO–AgNP ini diharapkan mampu menghasilkan tinta konduktif yang tidak hanya stabil, tetapi juga responsif terhadap kadar glukosa rendah dalam urin. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada evaluasi karakteristik tinta konduktif GrO–AgNP dan potensinya dalam pengembangan pita biosensor glukosa non-enzimatik untuk deteksi glukosa berkonsentrasi rendah secara non-invasif.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang penulis berharap untuk mencapai hasil yang diinginkan:

1. Bagaimana proses formulasi tinta konduktif GrO dan GrO-AgNP serta evaluasinya sebagai bahan fabrikasi pita biosensor jika dibandingkan dengan tinta konduktif komersial?
2. Bagaimana proses fabrikasi pita biosensor berbasis tinta konduktif GrO dan GrO-AgNP?
3. Bagaimana pengaruh variasi penambahan GrO dan AgNP terhadap sifat elektrik dan aktivitas elektrokimia glukosa non-enzimatik?
4. Bagaimana pengaruh variasi penambahan GrO dan AgNP memengaruhi kualitas pengujian larutan glukosa berkonsentrasi rendah?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berikut adalah tujuan dan manfaat yang penulis berharap untuk memecahkan masalah yang akan dihadapi:

1. Mengetahui proses formulasi tinta konduktif grafit oksida GrO dan GrO-AgNP serta evaluasinya sebagai bahan fabrikasi pita biosensor jika dibandingkan dengan tinta konduktif komersial.
2. Mengetahui proses fabrikasi pita biosensor berbasis tinta konduktif GrO dan GrO-AgNP
3. Menganalisis pengaruh variasi penambahan GrO dan AgNP terhadap sifat elektrik, dan aktivitas elektrokimia glukosa non-enzimatik.
4. Mengevaluasi dan menganalisis pengaruh variasi penambahan GrO dan AgNP terhadap efektivitas pita biosensor saat pengujian larutan glukosa berkonsentrasi rendah.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, penelitian ini menerapkan beberapa batasan untuk menjaga fokus dan validitas hasil yang diharapkan. Penelitian ini memiliki batasan-batasan berikut untuk menjaga fokus dan validitas hasil:

1. Penelitian ini masih pada tahap awal yang bersifat eksploratif dengan penggunaan variasi persentase larutan gula sebagai media untuk mendeteksi glukosa berkonsentrasi rendah sehingga tidak bersifat kualitatif.
2. Material serbuk GrO yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil sintesis dari studi sebelumnya dan memiliki ketersediaan yang terbatas.
3. Analisis pengaruh variasi GrO dan Gro-AgNP terhadap sifat elektrik biosensor meliputi, konduktivitas, impedansi, resistansi, dan reaktansi yang difokuskan pada penggunaannya untuk pengujian glukosa berdasarkan material konduktif pada formulasi tinta.
4. Analisis pengaruh material GrO dan AgNP terhadap sifat elektrik hanya dilakukan berdasarkan persentase penambahan material konduktif pada tinta.
5. Fabrikasi pita biosensor menggunakan media kertas sebagai substrat dengan metode *drop casting* menggunakan pipet tetes.

6. Pengujian dan penelitian dilaksanakan pada 2 tempat yang berbeda. Yaitu, laboratorium *Biomedical Signal Processing & Instrumentation* (BioSPIN) untuk fabrikasi, karakterisasi elektrik, dan pengujian glukosa. Karakterisasi skala mikro dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) Institut Teknologi Bandung (ITB).
7. Analisis data dan pemrosesan sinyal dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *WaveForm*, Microsoft Excel, dan *EIS analyzer*.

1.5 Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur untuk merumuskan dasar teoritis dan menentukan formulasi tinta konduktif berbasis serbuk grafit oksida (GrO) hasil sintesis sebelumnya. Beberapa formulasi tinta dibuat dengan penambahan AgNP untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap konduktivitas dibandingkan tinta GrO murni. Setelah formulasi selesai, tinta diuji tegangan permukaannya dan diaplikasikan ke substrat kertas menggunakan metode *drop casting* untuk membentuk pita biosensor. Karakterisasi morfologi dan komposisi unsur dilakukan menggunakan SEM-EDS, sedangkan struktur kristal dianalisis dengan XRD. Pengujian sifat kelistrikan dilakukan melalui metode *Four-Point Probe* (FPP) dan *impedance analyzer* untuk mengukur konduktivitas, resistansi, reaktansi, serta impedansi. Pita biosensor kemudian diuji terhadap larutan glukosa, dan karakterisasi impedansi dilakukan kembali untuk menilai respons biosensor terhadap peningkatan konsentrasi glukosa. Evaluasi difokuskan pada identifikasi performa optimal berdasarkan rentang frekuensi kerja biosensor yang stabil dan sensitif terhadap glukosa non-enzimatis.