

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes melitus adalah salah satu penyakit kronis dengan angka kasus yang terus meningkat di dunia. Menurut *International Diabetes Federation* (IDF), sebanyak 589 juta orang di dunia hidup dengan diabetes pada tahun 2024 dan jumlah tersebut diperkirakan akan meningkat menjadi 853 juta pada tahun 2050. Di Indonesia, prevalensi diabetes pada orang dewasa mencapai 11,3% dengan total kasus sekitar 20,4 juta penderita pada tahun 2024. Diabetes yang tidak terkontrol dapat menyebabkan berbagai komplikasi serius, seperti gangguan kardiovaskular, kerusakan ginjal, gangguan saraf, hingga kebutaan. Pemantauan kadar glukosa secara rutin menjadi hal penting dalam mendukung diagnosis, pengendalian kadar gula darah, serta pencegahan komplikasi penyakit (Genitsaridi dkk., 2026).

Berbagai metode deteksi glukosa telah dikembangkan, seperti spektrofotometri dan kromatografi. Namun, metode konvensional tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti sensitivitas yang belum optimal, waktu analisis yang relatif lama, serta kebutuhan instrumen yang kompleks dan biaya operasional yang tinggi. Kondisi tersebut mendorong pengembangan metode deteksi glukosa yang lebih sensitif, selektif, dan efisien (Hassan dkk., 2021).

Salah satu metode yang banyak dikembangkan untuk deteksi glukosa adalah biosensor. Biosensor merupakan perangkat analitik yang menggabungkan komponen biologis dengan transduser untuk mengubah interaksi biologis menjadi sinyal yang dapat diukur, baik secara optik, elektrokimia, maupun termal (Šafranko dkk., 2021). Pada biosensor glukosa enzimatis, mekanisme deteksi umumnya melibatkan enzim *glucose oxidase* (GOx) yang mengkatalisis oksidasi glukosa menjadi asam glukonat dan menghasilkan produk samping seperti H_2O_2 . Reaksi tersebut kemudian menghasilkan perubahan sinyal listrik atau optik yang dapat digunakan untuk menentukan konsentrasi glukosa. Meskipun demikian, biosensor glukosa konvensional masih memiliki keterbatasan berupa penurunan stabilitas akibat degradasi enzim serta keterbatasan material aktif dalam proses transduksi

sinyal (Mohamad Nor dkk., 2022). Kondisi tersebut mendorong pengembangan material baru yang mampu meningkatkan sensitivitas, stabilitas, dan performa biosensor glukosa, khususnya biosensor berbasis optik.

Nanomaterial telah diteliti sebagai biosensor yang lebih efisien dan memiliki banyak keunggulan seperti luas permukaan yang tinggi, konduktivitas listrik dan termal yang baik, stabilitas kimia yang tinggi, serta sifat optik yang mendukung proses transduksi sinyal (Terzapulo dkk., 2025). Salah satu nanopartikel yang menjanjikan dalam biosensor adalah *Carbon Quantum Dots* (CQDs) yang merupakan nanopartikel berbasis karbon berdimensi nol dan berukuran kurang dari 10 nm (Alkian dkk., 2022). Dalam pengembangannya, CQDs menjadi salah satu nanomaterial yang menjanjikan untuk aplikasi biosensor glukosa karena memiliki sifat fotoluminesensi yang baik, ukuran partikel yang kecil, mudah difungsionalisasi, serta bersifat relatif tidak toksik. CQDs juga mampu bertindak sebagai matriks imobilisasi enzim dan mendukung proses transduksi sinyal pada biosensor glukosa sehingga dapat meningkatkan sensitivitas dan performa deteksi (Juska dan Pemble, 2020).

Riset sebelumnya yang dilakukan oleh Ria dkk. (2024) menunjukkan penggunaan CQDs melalui sintesis kimia kompleks, seperti asam sitrat dan diamino alifatik, serta prosedur konjugasi lanjutan dengan *hyaluronic acid*. Selain itu, riset yang dilakukan oleh Bhattacharya dkk. (2023), dengan dopan logam seperti gadolinium (Gd), hafnium (Hf), dan emas (Au) untuk meningkatkan sifat optik CQDs. Namun pendekatan ini masih memiliki kekurangan dikarenakan terjadinya peningkatan sitoksisitas. Oleh karena itu, pendekatan *green synthesis* dibutuhkan sebagai alternatif sintesis yang, ramah lingkungan, berkelanjutan, dan mempunyai potensi ekonomis.

Di Indonesia, *Tridax procumbens* telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional, antara lain sebagai antijamur dan antikoagulan. Pendekatan *green synthesis* berbasis *Tridax procumbens* menjadi salah satu inovasi dalam sintesis CQDs, bersama dengan tanaman ayurveda lainnya seperti *Azadirachta indica* dan *Ocimum tenuiflorum*, yang telah menunjukkan potensi pada aplikasi bioimaging dan fototerapi (Meena dkk., 2019). Di antara ketiganya, karakteristik optik yang

dimiliki CQDs dari *Tridax procumbens*, seperti fluoresensi yang stabil terhadap perubahan suhu dan pH serta dispersibilitas yang tinggi, berpotensi mendukung pengembangannya pada aplikasi biosensor. Namun, CQDs berbasis *Tridax procumbens* masih memiliki keterbatasan berupa intensitas fluoresensi yang relatif rendah, sehingga diperlukan modifikasi lebih lanjut, salah satunya melalui penambahan dopan nitrogen untuk meningkatkan performa optiknya.

Sifat optik merupakan salah satu parameter penting dalam pengembangan CQDs sebagai material biosensor karena proses deteksi pada biosensor optik umumnya memanfaatkan perubahan intensitas fluoresensi atau fotoluminesensi (*photoluminescence*) yang dihasilkan oleh CQDs. Perubahan sinyal tersebut dapat terjadi melalui mekanisme *fluorescence quenching*, *fluorescence resonance energy transfer* (FRET), maupun *inner filter effect* (IFE) akibat interaksi antara CQDs dan analit target. Selain sifat optik, distribusi ukuran partikel juga berpengaruh terhadap luas permukaan dan karakteristik elektronik CQDs yang dapat memengaruhi sensitivitas serta performa biosensor (Molaei, 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan *Nitrogen-doped Carbon Quantum Dots* (N-CQDs) berbasis *green synthesis* menggunakan *Tridax procumbens* serta mengkarakterisasi sifat optiknya menggunakan spektroskopi UV-Vis. Selain itu, karakterisasi ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* (PSA) dilakukan untuk mengevaluasi potensi N-CQDs sebagai kandidat material biosensor.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Melakukan sintesis N-CQDs dari ekstrak *Tridax procumbens* dengan menggunakan metode *microwave irradiation*.
2. Melakukan karakterisasi pada N-CQDs dari *Tridax procumbens* sebagai kandidat material biosensor menggunakan UV-Vis dan *particle size analyzer* (PSA).
3. Menganalisis sifat optik dan ukuran partikel N-CQDs dari *Tridax procumbens* sebagai kandidat material biosensor glukosa.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai sintesis N-CQDs berbasis *green synthesis* menggunakan *Tridax procumbens*.
2. Mengetahui karakteristik optik dan ukuran partikel N-CQDs berdasarkan hasil analisis menggunakan UV-Vis dan PSA.
3. Menjadi referensi awal dalam pengembangan N-CQDs berbasis bahan alam sebagai kandidat material biosensor glukosa pada penelitian selanjutnya.
4. Mendukung pengembangan material nanokarbon yang lebih ramah lingkungan melalui pemanfaatan bahan alam dalam metode *green synthesis*.