

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir, meningkatnya penggunaan antibiotik secara masif telah menimbulkan kekhawatiran terhadap dampak ekologis dan resistensi bakteri di lingkungan. Salah satu antibiotik yang paling banyak digunakan adalah *ciprofloxacin* (CIP), senyawa golongan fluorokuinolon dengan rumus molekul $C_{17}H_{18}FN_3O_3$ yang mengandung gugus karbonil, karboksil, dan fluor (Girardi dkk., 2011; Li & Li, 2021). Gugus-gugus ini memungkinkan interaksi kuat dengan material yang memiliki gugus fungsional polar seperti $-OH$, $-COOH$, dan $-NH_2$, sehingga dapat dimanfaatkan dalam mekanisme pendeteksian berbasis fluoresensi. Namun, residu CIP yang terbuang ke lingkungan melalui limbah rumah tangga, pertanian, maupun industri farmasi berpotensi mencemari tanah dan air, sehingga dibutuhkan teknologi deteksi cepat, sensitif, dan ramah lingkungan untuk memantau keberadaannya.

Berbagai metode konvensional telah digunakan untuk mendeteksi CIP, seperti *high performance liquid chromatography* (HPLC), spektroskopi fluoresensi molekul, dan voltametri siklik (Fu dkk., 2020). Meskipun memiliki akurasi tinggi, teknik-teknik tersebut membutuhkan peralatan mahal, waktu analisis panjang, serta tahap preparasi sampel yang kompleks. Keterbatasan ini mendorong pengembangan sensor berbasis material nanoteknologi yang mampu memberikan respon cepat dan akurat tanpa memerlukan instrumen analitik skala besar.

Salah satu kandidat material yang menjanjikan adalah *carbon dots* (CDs), yaitu nanomaterial fluoresensi berdimensi nol dengan ukuran kurang dari 10 nm yang memiliki sifat optik unik serta kestabilan tinggi (Singh dkk., 2025). CDs banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti deteksi ion logam berat (Venkatesan & Sathiyam, 2025), pestisida (Zhao dkk., 2025), mikroba patogen (Shivaram dkk., 2023), dan antibiotik (Rahmi dkk., 2023). Keunggulan lain dari CDs terletak pada kemudahan sintesisnya, toksisitas rendah, serta kemampuan

permukaannya untuk berinteraksi dengan molekul target, menjadikannya kandidat ideal untuk teknologi deteksi cepat berbasis fluoresensi (Liao dkk., 2023).

Sejalan dengan prinsip *green synthesis*, banyak penelitian kini beralih menggunakan bahan alami sebagai sumber karbon dalam sintesis CDs untuk mengurangi dampak lingkungan. Berbagai biomassa seperti susu kedelai (Zhu dkk., 2012), kulit jeruk (Prasanna & Imae, 2013), dan kulit lemon (Tyagi dkk., 2016) telah berhasil digunakan sebagai prekursor. Salah satu bahan alami yang potensial adalah bayam (*Amaranthus spp.*) karena mengandung karbohidrat, protein, dan asam amino sebagai sumber karbon dan nitrogen, serta pigmen seperti klorofil, flavonoid, dan polifenol yang berperan sebagai agen pereduksi alami (Rianto & Ahmad, 2017). Komposisi tersebut mendukung pembentukan struktur karbon terkonjugasi dan situs emisi aktif, menghasilkan CDs dengan intensitas fluoresensi yang tinggi dan stabilitas yang baik.

Proses sintesis CDs dari bayam dapat dilakukan menggunakan metode hidrotermal, yang memanfaatkan tekanan dan suhu tinggi untuk mengubah biomassa menjadi nanokarbon. Variasi suhu selama proses hidrotermal berperan penting dalam menentukan derajat karbonisasi, struktur aromatik, dan distribusi ukuran partikel CDs. Suhu yang lebih tinggi umumnya menghasilkan peningkatan konjugasi sp^2 , yang berpengaruh terhadap pergeseran panjang gelombang emisi dan intensitas fluoresensi (Qin dkk., 2023). Dengan demikian, optimasi suhu sintesis menjadi langkah kunci untuk memperoleh CDs dengan sifat optik optimal.

Dalam penelitian ini, dikembangkan CDs berbasis bayam melalui metode hidrotermal bersuhu bervariasi sebagai sensor fluoresensi untuk deteksi *ciprofloxacin* (CIP). Interaksi antara gugus fungsional pada permukaan CDs dengan gugus karbonil dan karboksil dari CIP dapat menyebabkan perubahan intensitas fluoresensi, sehingga memungkinkan pendeteksian CIP secara cepat dan sensitif. Pendekatan ini tidak hanya menawarkan efisiensi sintesis dan biaya rendah, tetapi juga mendukung prinsip keberlanjutan melalui pemanfaatan sumber daya hayati dan pengurangan limbah kimia, menjadikannya strategi praktis untuk pemantauan antibiotik di lingkungan (Girardi dkk., 2011; Liao dkk., 2023; Qin dkk., 2023).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengkaji pengaruh variasi suhu terhadap intensitas fluoresensi CDs yang disintesis dari bayam, serta mengevaluasi efektivitasnya sebagai sensor fluoresen dalam mendeteksi keberadaan *ciprofloxacin* (CIP).

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memahami pengaruh variasi suhu sintesis terhadap karakteristik optik dan intensitas fluoresensi carbon dots (CDs) berbasis daun bayam. Selain itu, penelitian ini bermanfaat untuk mengembangkan aplikasi CDs sebagai sensor fluoresen yang efektif dalam mendeteksi keberadaan antibiotik ciprofloxacin (CIP) di lingkungan.