

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemalsuan produk telah menjadi masalah global yang meresahkan, merugikan berbagai sektor industri dan konsumen. Dampak negatifnya tidak hanya terbatas pada kerugian ekonomi, tetapi juga berpotensi membahayakan kesehatan dan keselamatan masyarakat. Produk palsu juga dapat merusak reputasi merek, dan mengakibatkan hilangnya kepercayaan konsumen terhadap produk asli (Ryabchenko dkk., 2024). Oleh karena itu, pengembangan teknologi anti-pemalsuan yang efektif, mudah diterapkan, dan ramah lingkungan menjadi sangat penting. Metode autentikasi konvensional, seperti penggunaan label keamanan, hologram, dan tinta khusus, seringkali mudah ditiru oleh pemalsu. Hal ini mendorong penelitian untuk mencari solusi yang lebih canggih dan sulit untuk direplikasi (Ghadge dkk., 2021; Zhang dkk., 2024).

Salah satu solusi inovatif yang menjanjikan adalah penggunaan tinta anti pemalsuan fluoresensi, yaitu tinta yang memancarkan cahaya ketika terkena radiasi ultraviolet (UV), memungkinkan identifikasi produk asli dengan mudah. Tinta ini memanfaatkan sifat fluoresensi dari bahan tertentu untuk memverifikasi keaslian suatu produk (Muthamma dkk., 2021). Bahan utama dalam tinta anti pemalsuan fluoresensi biasanya adalah *carbon dots* (CDs). CDs adalah nanomaterial berbasis karbon berdimensi nol (0D), dengan ukuran secara umum kurang dari 20 nm, terdiri dari kerangka karbon sp^2/sp^3 dan gugus fungsi/rantai polimer yang melimpah (Xia dkk., 2019). CDs memiliki sifat optik unik, terutama fluoresensi dan memiliki keunggulan dibandingkan pewarna organik dan *semiconductor quantum dots* (QDs) karena toksisitasnya yang rendah, biokompatibilitas, dan kemudahan sintesis (Xu dkk., 2014).

Penelitian tentang *carbon dots* (CDs) telah menunjukkan potensi luar biasa dalam berbagai aplikasi, seperti biosensing, deteksi polutan, dan pencitraan biologis (Kasinathan dkk., 2022). Namun, sebagian besar penelitian terdahulu ini

menggunakan bahan baku sintetis seperti fenilendiamin atau asam sitrat, yang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Barhum dkk., 2021; Cai dkk., 2019). Selain itu, penelitian terdahulu seringkali terkendala oleh tingginya biaya bahan baku dan metode sintesis yang kurang ramah lingkungan, serta metode kompleks seperti hidrotermal, pirolisis, dan sonokimia. Selain kompleksitas prosesnya, metode-metode ini juga memerlukan peralatan yang mahal, seperti reaktor hidrotermal bertekanan tinggi, tungku pirolisis khusus, dan peralatan sonokimia yang canggih. Menyadari tantangan ini, tren penelitian saat ini semakin bergeser ke arah pemanfaatan sumber daya alam yang melimpah dan metode sintesis yang lebih sederhana.

Kesadaran global akan pentingnya pelestarian lingkungan dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong penggunaan bahan alami sebagai sumber karbon untuk sintesis CDs (Konwar dkk., 2017; Li dkk., 2014). Berbeda dengan metode konvensional yang menggunakan sumber karbon sintetis, pemanfaatan bahan alami memiliki beberapa keunggulan. Pertama, sumber karbon alami bersifat terbarukan, mudah diakses, dan lebih ekonomis. Kedua, bahan alami mengandung heteroatom secara alami, yang memungkinkan doping heteroatom pada CDs tanpa perlu penambahan reagen kimia berbahaya yang dapat mencemari lingkungan. Ketiga, bahan alami menawarkan biokompatibilitas yang sangat baik, membuka jalan bagi aplikasi CDs di bidang biomedis dan lingkungan (Liao dkk., 2023). Penelitian Park dkk. (2014) melaporkan sintesis CDs dari limbah makanan, CDs yang dihasilkan berukuran 4 nm dan larut dalam air. Kelarutan dalam air ini disebabkan oleh keberadaan gugus yang mengandung oksigen pada permukaannya. Fotostabilitas yang luar biasa dan sitotoksitas yang rendah dari CDs tersebut mengindikasikan potensi penggunaan yang luas dalam pencitraan biomedis. Penelitian Chunduri dkk. (2016) mensintesis CDs dari sabut kelapa melalui metode hidrotermal. CDs yang dihasilkan menunjukkan fluoresensi biru dan berukuran 3 -5 nm. Sintesis ini dilakukan secara ekonomis dan ramah lingkungan karena prekursor karbon yang digunakan adalah limbah pertanian. Sintesis CDs dari sampah telah menarik banyak minat penelitian karena kontribusinya yang signifikan terhadap pengelolaan limbah

padat. Limbah bahan lain seperti limbah lumpur digunakan oleh Hu dan Gao (2020) untuk sintesis CDs, dengan menggunakan radiasi gelombang mikro untuk mengubah senyawa organik dalam limbah lumpur menjadi CDs, pemanfaatan bahan yang bernilai tambah berhasil dicapai. CDs tersebut berfungsi sebagai sensor untuk p-nitrofenol.

CDs dapat disintesis dari berbagai sumber karbon, termasuk biomassa yang melimpah dan terbarukan, menjadikannya alternatif yang ramah lingkungan dan ekonomis. Namun, saat ini, CDs yang dihasilkan dari bahan biomassa sebagian besar hanya memancarkan fluoresensi biru atau hijau, yang menghambat pengembangan dan aplikasi mereka dalam pencitraan biologis dan anti-pemalsuan. Oleh karena itu, diperlukan strategi baru untuk menghasilkan CDs yang memancarkan cahaya dengan panjang gelombang yang lebih panjang atau multiwarna, sehingga dapat mewujudkan aplikasi yang lebih beragam dalam berbagai disiplin ilmu (Wang dkk., 2023). Kemampuan CDs untuk memancarkan berbagai warna fluoresensi *multicolor* juga menjadikannya sangat menarik untuk aplikasi autentikasi produk yang kompleks (Pal dkk., 2018; Ryabchenko dkk., 2024).

Daun kemangi (*Ocimum basilicum*) muncul sebagai sumber karbon alami yang menjanjikan untuk sintesis *carbon dots* (CDs). Daun kemangi tidak hanya dikenal sebagai bumbu aromatik dalam masakan Asia Tenggara, tetapi juga kaya akan senyawa organik dengan gugus fungsi karbon, menjadikannya prekursor ideal untuk sintesis CDs multiwarna yang ramah lingkungan (Juliadi dkk., 2024). Ketersediaan daun kemangi yang melimpah dan biaya yang rendah semakin memperkuat daya tariknya sebagai bahan baku penelitian. Selain itu, metode sintesis pemanasan sederhana dipilih karena kesederhanaan dan efisiensinya dalam menghasilkan CDs. Metode ini tidak memerlukan peralatan yang rumit dan dapat dilakukan pada suhu rendah, sehingga mengurangi biaya produksi dan dampak lingkungan.

Mengingat bahaya akan pemalsuan produk, potensi besar daun kemangi sebagai sumber karbon alami, dan efektivitas metode pemanasan sederhana yang

sederhana dan ramah lingkungan, maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis *multicolor fluorescent carbon dots* dari daun kemangi menggunakan metode pemanasan sederhana. Proses sintesis menggunakan variasi pelarut sehingga dapat diketahui pengaruh pelarut terhadap sifat optik dan struktur CDs. Hasil sintesis CDs kemudian dilakukan analisis karakteristiknya, melalui uji *Photoluminescence* (PL), UV-Vis, dan FTIR. Selanjutnya, hasil CDs akan diaplikasikan sebagai tinta anti pemalsuan fluoresensi, menawarkan solusi autentikasi produk yang lebih sulit dipalsukan dibandingkan sistem konvensional. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi anti pemalsuan yang inovatif dan berkelanjutan, serta memanfaatkan potensi biomassa lokal sebagai sumber bahan fungsional.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Mensintesis *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) dari daun kemangi menggunakan metode pemanasan sederhana.
2. Melakukan karakterisasi *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) dengan *Photoluminescence* (PL), *Ultraviolet-Visible Spectroscopy* (UV-Vis), dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR).
3. Melakukan aplikasi *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) sebagai tinta anti pemalsuan fluoresensi.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Menghasilkan *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) dari daun kemangi menggunakan metode sintesis yang sederhana dan ramah lingkungan.
2. Memberikan gambaran komprehensif mengenai sifat optik dan kimia dari *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) yang diperoleh dari daun kemangi, sebagai dasar pemanfaatannya dalam sistem keamanan berbasis tinta fluoresen.

3. Mengetahui potensi aplikasi *Multicolor Carbon Dots* (MCDs) sebagai tinta anti pemalsuan fluoresensi : Tinta keamanan (*security ink*), label produk autentik, dan deteksi visual cepat.