

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Kanker merupakan salah satu penyebab utama kematian di dunia, dengan tingkat kejadian dan kematian yang terus meningkat setiap tahunnya. Organisasi Kesehatan Dunia memperkirakan bahwa puluhan juta orang didiagnosis dengan kanker setiap tahun, dan lebih dari separuh di antaranya meninggal dunia (Ferlay dkk., 2015). Meskipun berbagai terapi antikanker telah mengalami perkembangan pesat, kemoterapi tetap menjadi modalitas utama dalam pengobatan kanker. Namun, penggunaan obat kemoterapi seringkali terkendala oleh efek samping yang signifikan dan toksisitas sistemik akibat kurangnya selektivitas terhadap sel kanker, sehingga menyebabkan kegagalan terapi. Selain itu, kemoterapi juga dapat memicu munculnya sel kanker resisten yang mampu bertahan terhadap berbagai jenis obat dengan mekanisme kerja berbeda (DeSantis dkk., 2014). Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan inovatif yang tidak hanya meningkatkan efektivitas terapi, tetapi juga meminimalkan efek samping, misalnya melalui sistem penghantaran obat berbasis nanomaterial atau pemanfaatan senyawa bioaktif dari tanaman obat (Yadav et al., 2024).

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan *Graphene Quantum Dots* (GQDs) sebagai sistem penghantaran obat (*drug delivery system*). GQDs merupakan nanomaterial berbasis karbon yang memiliki ukuran sangat kecil, bersifat biokompatibel, dan menunjukkan sifat fluoresensi yang kuat. Dalam penelitian ini, GQDs disintesis dari limbah biomassa batang padi menggunakan

metode gelombang mikro (*microwave-assisted synthesis*). Metode *microwave* dipilih karena memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan metode hidrotermal, seperti waktu reaksi yang lebih singkat, efisiensi energi yang lebih tinggi, suhu reaksi yang lebih rendah, serta kontrol suhu dan tekanan yang lebih baik (Kadyan dkk., 2023). Proses iradiasi gelombang mikro memungkinkan distribusi energi yang merata dan selektif, sehingga mempercepat reaksi dalam fase cair (Yang dkk., 2019). Pemanfaatan limbah batang padi sebagai bahan dasar tidak hanya mendukung prinsip *green chemistry*, tetapi juga menambah nilai guna limbah pertanian yang melimpah.

Di sisi lain, tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum L.*) dikenal luas dalam pengobatan tradisional karena kandungan senyawa aktifnya yang beragam. Komponen utama yang paling banyak diteliti dari cengkeh adalah eugenol, yaitu senyawa fenolik sederhana yang memiliki aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker (Begum dkk., 2022). Eugenol bersifat tidak karsinogenik dan tidak mutagenik, sehingga aman digunakan dalam aplikasi biomedis. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa eugenol mampu menghambat pertumbuhan berbagai jenis sel kanker, seperti kanker darah, kolorektal, lambung, prostat, payudara, dan kulit (Abdullah dkk., 2021). Aktivitas antikanker eugenol berkaitan erat dengan sifat antioksidannya, yang bekerja melalui mekanisme penetralan radikal bebas dan perlindungan terhadap kerusakan oksidatif sel. Struktur kimia eugenol yang mengandung gugus hidroksil, metoksi, dan alil juga memungkinkan senyawa ini untuk mengalami reaksi kimia guna meningkatkan stabilitas dan efektivitasnya (Khalil dkk., 2017).

Berdasarkan struktur kimianya, eugenol dapat dimodifikasi menjadi senyawa turunan yang lebih stabil dan fungsional. Gugus alil dalam eugenol memungkinkan terjadinya reaksi polimerisasi kationik untuk menghasilkan polieugenol, yang memiliki berat molekul lebih besar dan stabilitas yang lebih baik dalam sistem biologis. Proses polimerisasi dapat dilakukan menggunakan katalis asam kuat seperti asam sulfat atau BF_3 (Djunaidi dkk., 2015). Selain polimerisasi, eugenol juga dapat mengalami reaksi dimerisasi membentuk senyawa dieugenol, yang merupakan hasil kopling dua molekul eugenol (Alni dkk., 2019). Dalam penelitian ini, eugenol, polieugenol, dan dieugenol dimanfaatkan sebagai senyawa aktif yang dikombinasikan dengan GQDs untuk membentuk sistem penghantaran obat. Kombinasi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas terapi antikanker dengan cara meningkatkan stabilitas senyawa aktif dan mempercepat penetrasi ke sel target.

I.2 Tujuan Penelitian

1. Sintesis GQDs dan N-GQDs dari limbah biomassa batang padi sisa hasil pertanian melalui metode *microwave* dan karakterisasi hasil sintesis dengan FTIR dan TEM.
2. Sintesis dan karakterisasi eugenol dan turunannya yaitu polieugenol dan dieugenol.
3. Mengkaji dan mengoptimalkan material kombinatorial GQDs dan turunan eugenol sebagai pembawa obat dalam terapi kanker melalui uji aktivitas antioksidan dan uji viabilitas pada sel kanker.