

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Grafena merupakan material dua dimensi dari satu lapisan atom karbon yang tersusun dalam kisi heksagonal. Grafena memiliki mobilitas elektron yang sangat tinggi ($2,5 \times 10^5 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$), konduktivitas termal yang sangat baik (3000 WmK^{-1}), kekuatan mekanik yang tinggi (modulus Young sebesar 1 tpa), stabilitas kimia yang menonjol, luas permukaan spesifik yang sangat besar ($<2600 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$), serta transparansi optik yang tinggi. Salah satu turunan dari grafena yang paling banyak diteliti adalah *Graphene Oxide* (GO), GO merupakan turunan grafena yang memiliki sejumlah sifat unggulan, di antaranya luas permukaan spesifik yang besar, kemampuan dispersi yang baik dalam media berair, serta kemudahan fungsionalisasi melalui gugus-gugus fungsi yang beragam seperti gugus hidroksil, epoksi, dan karboksil (Ghulam et al., 2022). GO dapat disintesis dalam skala besar sehingga membuka pintu yang luas bagi aplikasinya di berbagai bidang strategis seperti penyimpanan energi, sensor, pengolahan air, material komposit hingga bidang biomedis.

Meskipun memiliki potensi yang cukup tinggi, sintesis GO sendiri memiliki masalah serius yang menjadi penghambat pengembangannya secara lebih masif terutama dalam ketergantungan yang sangat besar pada grafit komersil sebagai bahan baku utama. Grafit berkualitas tinggi saat ini memiliki harga antara USD 2.000 hingga USD 2.400 per ton, harga ini dapat meningkat oleh masalah geopolitik yang menciptakan situasi rentan bagi negara-negara yang bergantung pada pasokan tersebut. Kondisi ini mendorong para peneliti mencari alternatif bahan baku karbon yang lebih terjangkau, melimpah, dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan lewat pemanfaatan *Graphene-like Carbon* (GLC) yaitu material karbon yang memiliki domain karbon sp^2 menyerupai grafena namun dengan Tingkat keteraturan struktur yang lebih rendah.

Salah satu solusi dalam mengatasi ini adalah pemanfaatan biomassa limbah pertanian sebagai prekursor alternatif dalam sintesis GO. GO berbasis biomassa menjadi alternatif terhadap grafit alam yang tidak terbarukan, material berbasis biomassa tidak hanya melimpah dan murah tetapi transformasinya menjadi material karbon nano juga secara langsung menjawab dua tantangan global yaitu pengelolaan limbah pertanian secara berkelanjutan dan tingginya biaya produksi material karbon konvensional (Seitzhanova et al., 2025). Salah satu potensi terbesar yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah tongkol jagung, produksi tongkol jagung pipilan kering di Indonesia pada tahun 2024 mencapai 15,14 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2025). Tingginya produksi jagung ini menghasilkan jutaan ton limbah tongkol jagung yang belum dikelola dengan baik sehingga sebagian besar hanya dibakar atau dibiarkan membusuk yang pada akhirnya menimbulkan masalah lingkungan (Setiawan et al., 2023).

Tongkol jagung tergolong biomassa lignoselulosa yang memiliki kandungan selulosa sekitar 40–44% dan hemiselulosa sekitar 31–33%, dua polimer organik yang kaya akan gugus karbon organik sehingga sangat potensial untuk dikonversi menjadi material karbon aktif (Fitriani et al., 2021). Karbon aktif yang dihasilkan dari tongkol jagung telah terbukti memenuhi standar nasional, dengan kemampuan menyerap iodin yang dapat mencapai di atas 750 mg/g sesuai SNI 06-3730-1995 (Meilianti, 2020).

Biochar tongkol jagung memerlukan tahap aktivasi terlebih dahulu untuk meningkatkan kualitas material karbon sebagai prekursor sintesis *Graphene Oxide*. Proses aktivasi yang diterapkan pada penelitian ini adalah aktivasi asam melalui perendaman dalam larutan HCl 5% selama 24 jam, yang bertujuan menghilangkan pengotor mineral anorganik (*ash content*) seperti oksida kalsium, kalium, dan magnesium yang secara alami terkandung dalam biochar komersil, sekaligus memodifikasi gugus fungsi permukaan material. Perlakuan asam pada biochar diketahui dapat menurunkan kandungan abu serta menyisipkan gugus fungsi baru pada permukaan karbon, meskipun pengaruhnya terhadap luas permukaan bergantung pada

jenis dan konsentrasi asam yang digunakan (Longo dkk., 2025). Penghilangan pengotor mineral ini penting dilakukan karena keberadaan oksida logam yang tidak dihilangkan berpotensi mengganggu efektivitas reaksi oksidasi pada tahap sintesis Hummers termodifikasi berikutnya, baik melalui reaksi samping yang tidak diinginkan dengan KMnO_4 maupun dengan menghambat interkalasi asam sulfat ke dalam struktur antarlapisan karbon. Selain itu, prosedur pencucian dengan HCl 5% pada biochar juga telah diterapkan secara spesifik sebagai tahap pemurnian pada penelitian sintesis graphene berbasis biochar hasil pirolisis biomassa, sebagai bagian dari alur preparasi sebelum material digunakan sebagai prekursor karbon berstruktur grafitik (Plenča dkk., 2023). Karakteristik utama biochar yang ideal sebagai prekursor material berbasis graphene meliputi kandungan karbon tinggi, kandungan abu yang rendah, serta porositas yang berkembang, yang seluruhnya dipengaruhi oleh komposisi bahan baku dan kondisi pirolisis (Rizianiza, et al., 2026). Dengan demikian, tahap aktivasi HCl pada penelitian ini berperan sebagai langkah purifikasi awal yang mempersiapkan biochar tongkol jagung agar memiliki permukaan yang lebih reaktif dan bebas dari pengotor mineral sebelum mengalami oksidasi kuat pada tahap sintesis *Graphene Oxide*.

Metode yang paling umum digunakan dalam sintesis GO adalah metode Hummers. Namun, metode Hummers asli memiliki beberapa kelemahan, seperti pelepasan gas beracun (NO_2) dan (N_2O_4) serta sisa ion nitrat yang sulit dibersihkan. Sebagai solusinya, metode modified hummers dikembangkan. Metode *Modified Hummers* merupakan teknik oksidasi kimia yang melibatkan penggunaan oksidator kuat seperti asam sulfat (H_2SO_4) dan kalium permanganat (KMnO_4) untuk mengoksidasi struktur karbon menjadi *Graphene Oxide*. Dalam proses ini, atom karbon pada material prekursor akan mengalami oksidasi sehingga terbentuk berbagai gugus fungsi oksigen seperti hidroksil ($-\text{OH}$), epoksi ($\text{C}-\text{O}-\text{C}$), dan karboksil ($-\text{COOH}$). Keberadaan gugus-gugus ini menyebabkan meningkatnya jarak antar lapisan karbon serta menjadikan material lebih mudah terdispersi dalam air. Metode Hummers termodifikasi memiliki

beberapa keunggulan, antara lain proses sintesis yang relatif lebih cepat, tidak menghasilkan gas beracun dalam jumlah besar, serta mampu menghasilkan GO dalam jumlah yang lebih banyak dengan tingkat oksidasi yang tinggi. Oleh karena itu, metode ini banyak dipilih dalam penelitian sintesis GO, termasuk yang berbasis biomassa.

Meskipun pemanfaatan biomassa sebagai sumber karbon untuk sintesis *Graphene Oxide* (GO) telah banyak diteliti, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada penggunaan limbah kayu atau tempurung kelapa. Kajian yang secara khusus menganalisis optimalisasi *Graphene Oxide* dari tongkol jagung dengan penekanan pada efektivitas metode *Modified Hummers* tanpa agen natrium nitrat masih perlu diperdalam. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada sintesis dan karakterisasi *Graphene Oxide* berbahan dasar limbah tongkol jagung (*Zea mays*). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh proses oksidasi terhadap pembentukan gugus fungsi serta perubahan struktural karbon menjadi GO melalui analisis UV-Vis, FTIR, dan Raman Spectroscopy. Kajian ini diharapkan dapat memberikan solusi alternatif penyediaan material GO yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan, serta menentukan potensi tongkol jagung sebagai prekursor karbon berkualitas tinggi untuk aplikasi material maju di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Bagaimana tahapan proses sintesis *Graphene Oxide* dari biomassa tongkol jagung komersil menggunakan metode Hummers Termodifikasi?
2. Bagaimana karakteristik sifat optik dan struktural *Graphene Oxide* yang dihasilkan berdasarkan analisis UV-Vis Spektroskopi, Raman Spektroskopi, dan FTIR Spektroskopi?
3. Bagaimana potensi biomassa tongkol jagung sebagai bahan baku dalam sintesis *Graphene Oxide* berkualitas baik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis *Graphene Oxide* dari biomassa tongkol jagung menggunakan metode Hummers Termodifikasi.
2. Menganalisis karakteristik *Graphene Oxide* hasil sintesis melalui karakterisasi UV-Vis, FTIR, dan *Raman Spectroscopy*.
3. Mengevaluasi potensi tongkol jagung sebagai sumber biomassa untuk produksi *Graphene Oxide*.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian, batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Bahan baku yang digunakan adalah tongkol jagung lokal komersil dari salah satu platform *online shop*.
2. Metode sintesis yang digunakan adalah metode hummers termodifikasi.
3. Karakterisasi yang dilakukan meliputi UV-Vis, FTIR, dan *Raman Spectroscopy*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi pemanfaatan limbah tongkol jagung dan menghadirkan alternatif sumber bahan baku *Graphene Oxide* yang lebih ekonomis dan berkelanjutan. secara teoritis diharapkan menjadi salah satu sumber literatur mengenai sintesis *Graphene Oxide* berbasis biomassa serta memberikan pemahaman mendalam tentang mekanisme oksidasi karbon dari sumber biomassa menggunakan metode modified hummers.