

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

**PEMULIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)**

**Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Islam Balitar, Blitar, Jl Imam Bonjol No. 2-4 70123
Jawa Timur Indonesia**

E-mail: ¹ kustantoukas@unisbablitar.ac.id

² indyahhartamisanti@gmail.com

³ mimamburhani@gmail.com

ABSTRAK

Reduksi ramah lingkungan untuk mendapatkan lembaran graphene oxide yang direduksi (RGO) secara efisien menggunakan bahan organik. Bioinspirasi pengurangan stres oksidatif permukaan graphene oxide, direduksi menggunakan ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf (daun Katuk). Zat pereduksi biorenewable yang mengandung molekul anti oksidan alami sehingga RGO yang disiapkan menjadi lebih energik. Karakterisasi graphene oxide yang disintesis dianalisis dengan menggunakan studi spektroskopi FT-IR, UV-vis dan Analisa DFT. Aplikasi reduksi dari GO yang tak jenuh disiapkan, menggunakan media berair. Terbukti dari data FT-IR, menunjukkan efisiensi pengurangan maksimum sekitar 83,3%. Lembaran oksida graphene tereduksi sebagian diperoleh menggunakan ekstrak SA 200 ml dan GO sebanyak 5 mg. Analisa Density Functional Theory (DFT) menunjukkan suatu tanda dapat meningkatkan kepadatan arus dan penurunan resistansi transfer muatan untuk sampel RGO-SA200. Area permukaan yang ditingkatkan berhubungan dengan phi - phi interaksi dan tarikan elektrostatis yang kuat berkorelasi dengan kemampuan menarik molekul dengan parsial dipol positif yang kuat seperti air. Strategi tersebut berhasil mendapatkan graphene yang selanjutnya dapat diaplikasikan.

Kata Kunci : Bioinspirasi, Graphene Oxide , *Daun Katuk*, DFT, phi-phi dan RGO

ABSTRACT

Environmentally friendly reduction to efficiently obtain reduced graphene oxide (RGO) sheets using organic materials. Bioinspired surface oxidative stress reduction of graphene oxide, reduced using *Sauropus androgynus* (SA) Leaf leaf extract. Biorenewable reducing substances that contain natural anti-oxidant molecules so that the prepared RGO becomes more energetic. The characterization of the synthesized graphene oxide was analyzed using FT-IR, UV-vis spectroscopy studies and DFT analysis. A reduction application of unsaturated GO is prepared, using aqueous media. It is evident from the FT-IR data, it shows a maximum reduction efficiency of around 83.3%. Partially reduced graphene oxide sheets were obtained using 200 ml of SA extract and 5 mg of GO. Density Functional Theory (DFT) analysis showed a sign that could increase current density and decrease charge transfer resistance for the RGO-SA200 sample. The enhanced surface area is associated with phi-phi interactions and strong electrostatic attraction correlated with the ability to attract molecules with strong positive dipole partials such as water. The strategy succeeded in obtaining graphene which can then be applied.

Keywords: Bioinspiration, Graphene Oxide, Katuk Leaf, DFT, phi-phi and RGO

PENDAHULUAN

Graphene, bahan luar biasa, sangat ideal untuk berbagai aplikasi bahan semikonduktor, produk seperti baterai cepat dan tahan lama, layar sentuh fleksibel dan responsif, pesawat terbang dan bodi kendaraan moderen yang lebih kuat, pakaian pintar, panel surya efisien, material komposit yang lebih ringan dan kuat, serta perangkat medis dan biosensor untuk diagnostik penyakit. Material propertis yang banyak manfaatnya karena desainnya yang tipis dan ringan dengan cincin aromatik yang memiliki elektron berputar, mengakibatkan gaya tarik elektrostatis yang kuat. Sifat termal, listrik dan mekanik yang mencolok dari graphene telah menarik perhatian besar penelitian [1][2][3]. Teknik sintesis graphene berkualitas tinggi dengan cara yang hemat biaya

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
 PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
 MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

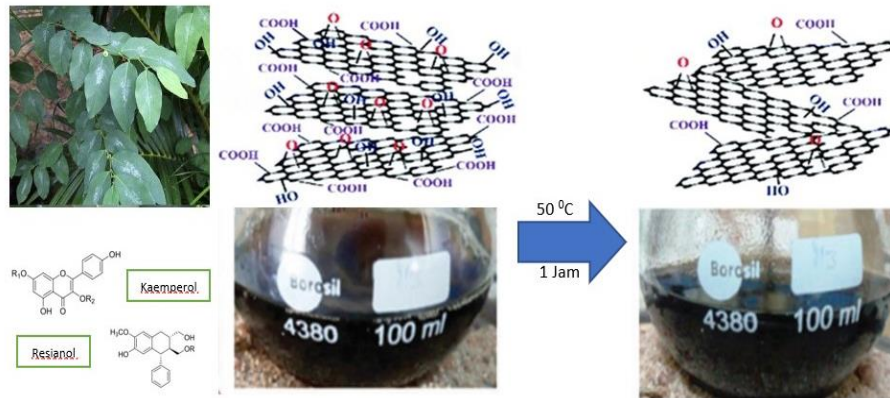
dan ramah lingkungan terus menjadi tantangan yang signifikan. Reduksi kimiawi untuk oksida graphene adalah metode yang paling populer untuk membuat oksida graphene tereduksi (RGO). Reduksi kimiawi pada umumnya dilakukan dengan menggunakan zat pereduksi seperti hidrazin atau natrium borohidrida [4][5][6]. Meskipun merupakan proses yang sederhana, metode ini memiliki beberapa kelemahan yang melekat yaitu biaya tinggi dan sifat agen pereduksi yang sangat beracun[7]. Efek merugikan pada lingkungan, kesehatan manusia dan agregasi *graphene oxide* (GO) yang ireversibel membatasi penggunaan metode ini. Untuk mengatasi tantangan ini, jalur sintesis ramah lingkungan dengan metode pengurangan menggunakan potensi hayati ekstrak tumbuhan bertindak sebagai agen pereduksi yang ramah lingkungan[8][9][10]. Penggunaan ekstrak tumbuhan untuk reduksi GO merupakan potensi penting dalam usaha menggantikan agen pereduksi beracun, sehingga mendorong proses sintesis lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, ekonomis, terbarukan, dan efektif.

Pendekatan alternatif utama guna mendapatkan RGO telah difokuskan pada metode yang ramah lingkungan dan agen pereduksi berbasis alam, seperti dari berbagai ekstrak daun karena dianggap aman[11]. Efisiensi pemulihan struktur elektrik dengan metode sederhana dengan ekstrak daun dapat mencegah aglomerasi lembaran RGO dan mempertahankan karakteristik RGO yang mempunyai propertis hidrofilik parsial. Ekstrak daun alami juga mempunyai potensial sebagai agen pereduksi alternatif yang terbarukan dan efisien untuk reduksi GO. Agen bio-reduksi GO dari ekstrak daun, mempunyai ketersediaan hayatinya yang besar dan biaya rendah. Namun, sebagian besar mempunyai kelemahan seperti suhu reduksi yang tinggi, waktu reduksi yang lebih lama, konsumsi ekstrak tumbuhan lebih banyak, dan terkadang hasil yang rendah dengan struktur oksida graphene tereduksi yang buruk (Tabel 1).

Tabel 1 Studi perbandingan temperature dan waktu reduksi yang diproduksi menggunakan zat pereduksi yang berbeda

No	Scientific Name	Reduction Method	Reduction Temperature (°C)	Reduction Time	Ref.
1	<i>Anacardium occidentale</i> Linn	• stir	68	3 h	[13]
2	<i>Ocimum sanctum</i> L.	• stir	70	4 h	[14]
3	<i>Mentha arvensis</i>	• reflux	80–95	3 h	[15]
4	<i>Elaeis guineensis</i>	• reflux	100	3 h	[16]
5	<i>Zataria multiflora</i>	• reflux	98	24 h	[17]
6	<i>Murraya koenigii</i>	• autoclave	100	12 h	[18]
7	<i>Cinnamomum camphora cineoliferum</i>	• stir	RT	24 h	[19]
8	<i>Acalypha indica</i>	• autoclave	100	12 h	[20]
9	<i>Erythrina senegalensis</i>	• reflux	95	24 h	[21]
10	<i>Callistemon viminalis</i>	• stir	60	2 h	[22]
11	<i>Sauropus Androgynus</i>	• stir	50	1 h	Penelitian Sekarang

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
Jurnal Qua Teknika, (2025), 15 (2): 109-118



Gambar 1 Representasi skematis dari sintesis RGO-SA

RGO diperoleh dengan cara ramah lingkungan dengan bantuan ekstrak daun pada suhu rendah 50°C. Ekstrak SA, dipakai untuk mereduksi graphene oxide (GO). Ekstrak daun katuk dengan propertis anti-oksidannya terbukti menunjukkan aktivitas anti-oksidan yang sangat baik. Senyawa fenolik seperti resinol dan kaempferol, yang telah dipelajari secara kusus mempunyai kemampuan pereduksi alami[12]. Oleh karena itu, ekstrak daun ini dapat memberikan alternatif untuk menggantikan agen pereduksi kimia dalam proses pengurangan GO. Hasil percobaan menunjukkan reduksi oksidan pada permukaan graphene, dengan efisiensi maksimum 83,3 %. Pendekatan ini memiliki beberapa keuntungan seperti suhu pemrosesan yang rendah, waktu proses yang relative singkat, aksesibilitas ekstrak daun dan sifat agen pereduksi yang tidak beracun / ramah lingkungan (Tabel 1). Prosedur ini bisa digunakan untuk produksi RGO berkualitas baik dalam skala besar.

RGO yang disintesis telah dikarakterisasi dengan spektroskopi Fourier transform infrared (FTIR), spektroskopi UV-Vis dan guna mendukung perhitungan elektrisitasnya kami menggunakan analisa density fuctionaL theory. Akhirnya, sifat elektrik dapat diukur setelah diketahui energi gap HOMO-LUMO dari RGO-SA. RGO-SA berkinerja baik. Resistansi sheet molekul dalam menerima perubahan kerapatan elektronnya $\eta = 0,99$ eV dan reaktifitas sheet molekul $\zeta = 1,01$ eV, sehingga RGO-SA200 menunjukkan afinitas yang lebih besar terhadap perubahan jumlah electron.

Pekerjaan ini, kemampuan mereduksi ekstrak SA yang ramah lingkungan terhadap graphene oxide telah diselidiki. Mekanisme sintesis diusulkan untuk mereduksii GO dengan ekstrak SA yang ramah lingkungan sangat menjanjikan digunakan produksi RGO skala besar. Jumlah SA adalah salah satu parameter kunci dalam proses reduksi yang efisien, dengan demikian penyelidikan parametrik sistematis dilakukan untuk memeriksa sejauh mana pengurangan dengan konsentrasi SA yang efektif.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu dengan melakukan serangkaian percobaan di laboratorium untuk mensintesis graphine oxide (GO) menggunakan metode Hummers yang dimodifikasi serta mereduksinya dengan ekstrak daun *Sauropus androgynus* (katuk). Tahapan penelitian ini meliputi persiapan bahan, sintesis GO, pembuatan ekstrak daun katuk, dan proses reduksi GO. Untuk mendukung tahapan tersebut, penelitian ini menggunakan beberapa bahan utama yang terdiri dari daun *Sauropus androgynus* yang diperoleh dari daerah Blitar, Jawa Timur, serta bahan kimia analitik berupa serbuk grafit Indonesia, dan asam sulfat (H_2SO_4 , 98%), natrium nitrat ($NaNO_3$), kalium permanganat ($KMnO_4$) diperoleh dari Phanadia Chemicals Malang, Pvt Ltd, pada tingkat analitik.

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

Sintesis GO

GO disintesis dengan metode Hummers yang dimodifikasi tanpa menggunakan hydrogen peroksida dalam urutan sintesisnya. Singkatnya, H_2SO_4 (140 ml), NaNO_3 (2,5 g) dan bubuk grafit (5 g) dicampur bersama-sama, dengan pendinginan dalam *ice batch*. Selanjutnya, KMnO_4 (12 g) ditambahkan ke dalam campuran, dengan mempertahankan suhu di bawah 20°C sampai campuran berubah warna menjadi hijau. Kemudian, campuran dipindahkan ke *water bath* dan diaduk kembali pada suhu 35°C selama 0,5 jam. Setelah menambahkan 230 ml air deionisasi (DI) tetes demi tetes, campuran diaduk selama 30 menit, kemudian suhu dinaikkan menjadi 80°C . Selanjutnya air DI (500 ml) ditambahkan sampai pembentukan gelembung berhenti, dan campuran diaduk selama 30 menit. Akhirnya, campuran yang dihasilkan dibiarkan dingin pada suhu kamar. Larutan disaring dan dicuci beberapa kali dengan air DI dan dikeringkan pada suhu 60°C semalaman.

Pembuatan Ekstrak Daun

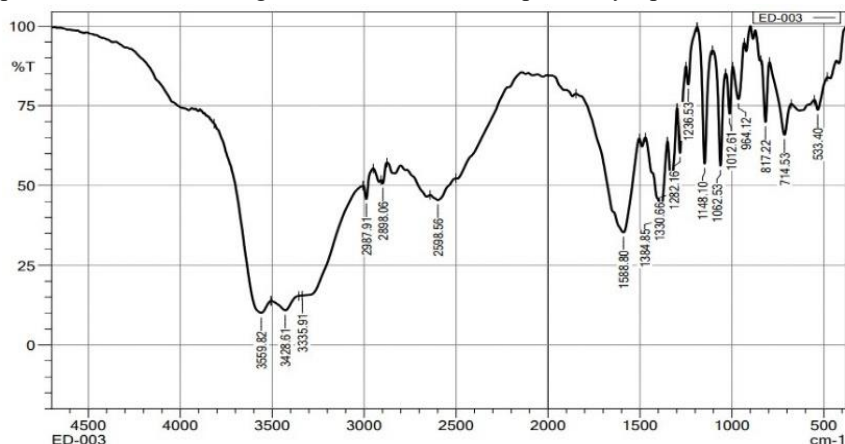
Daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk) dikumpulkan dan dikeringkan di tempat teduh selama 2 minggu sebelum digunakan. Kemudian, 5 g daun kering cincang masing-masing dicampur dalam 200 ml air DI, ditahan pada suhu 50°C selama 1 jam dan dibiarkan dingin sampai suhu kamar. Campuran yang dihasilkan disaring untuk mendapatkan ekstrak Daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk), yang selanjutnya digunakan untuk reduksi GO.

Pengurangan GO

GO ($0,1\text{ mg ml}^{-1}$) dicampur ke dalam 200 ml masing-masing ekstrak SA dan dilanjut proses ultrasonikasi pada 50 watt selama 2 jam untuk mendapatkan dispersi GO yang homogen. Setelah GO terdispersi sepenuhnya dalam ekstrak daun, larutan yang dihasilkan langsung ditempatkan ke dalam *bracker glass* dengan pengadukan terus menerus pada suhu 50°C selama 24 jam. Kemudian produk dicuci beberapa kali dengan air DI dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 3 jam dalam oven.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spektrum FTIR ekstrak SA ditunjukkan pada Gambar 2. Spektrum FTIR menunjukkan peregangan $3559,82\text{ cm}^{-1}$ OH dari α -selulosa, peregangan lignin $1588,80\text{ cm}^{-1}$ C=C, dan peregangan 687 cm^{-1} C-H (hubungan β -glikosidik antara monosakarida). Puncak pada $2987,91\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan anti simetris C-H, sedangkan puncak pada $1588,80$, $1384,85$ dan $1330,66\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan peregangan C-O, tekukan CH-CH dan ikatan C-O, masing-masing. puncak getaran ulur amida I pada 1638 cm^{-1} , puncak getaran ulur amida II pada $1062,53\text{ cm}^{-1}$ dan getaran ulur C-N amina puncaknya pada $964,12\text{ cm}^{-1}$.



Gambar 2 Spektrum FTIR dari ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk), dengan gugus fungsinya

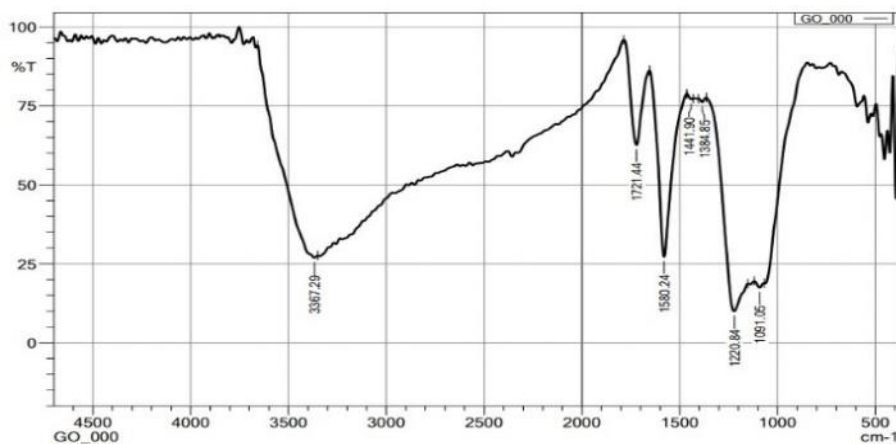
Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
 PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
 MENGGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPUS ANDROGYNUS*)
 Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

Spektrum FTIR ekstrak daun mengungkapkan adanya berbagai gugus fungsi yang terkait dengan fitokimia penyusunnya, mengandung berbagai senyawa fenolik seperti resinol dan kaempferol. Senyawa fenolik ini terkenal karena kemampuan propertis sebagai bahan alami anti oksidan. Agen pereduksi ini membantu menghilangkan gugus fungsi yang mengandung oksigen dari GO selama proses reduksi untuk memulihkan konjugasi elektronik dalam kisi sarang lebah. Gambar. 3 menunjukkan spektrum FTIR dari GO, dan RGO-SA yang dihasilkan oleh ekstrak daun. Spektrum FTIR GO menunjukkan puncak luas yang intens pada 3421.48 cm^{-1} , yang dikaitkan dengan gugus hidroksil dalam-bidang, dan puncak pada 1708.60 cm^{-1} , yang dikaitkan dengan getaran peregangan C=O dari gugus karboksil yang terletak di tepi lembaran GO. Puncak pada 1560.28 , 1219.41 dan 1072.51 cm^{-1} masing diasosiasikan dengan ikatan C=C, C-O (epoksi) dan C-O (alkoksi). Spektrum FTIR dari rGO-SA menunjukkan intensitas yang berkurang dari puncak pada 2926 dan 2859 cm^{-1} , sesuai dengan getaran regangan ikatan C-H. Apalagi puncaknya ada di 1708.60 dan 1072.51 cm telah ditekan setelah reduksi, menunjukkan penghapusan sebagian besar spesies oksigen C-H dan C=O / C-O dari GO. Ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf (daun Katuk) menghasilkan pengurangan oksidan yang besar pada kelompok C-H dan C-O / C=O, menunjukkan ekstrak sebagai agen pereduksi ramah lingkungan yang efisien untuk persiapan RGO dari GO.

Efisiensi nilai reduksi dipakai persamaan berikut, dimana , A_{GO} = area di bawah puncak untuk GO, A_{rGO} = area di bawah puncak untuk RGO.

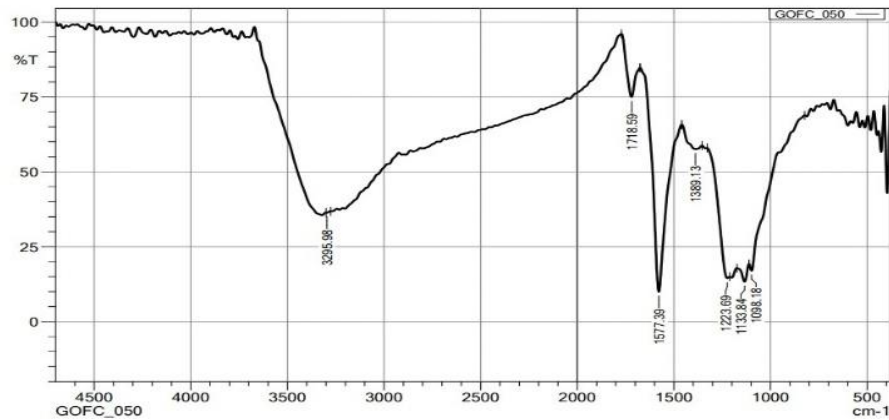
$$\text{Reduction efficiency \%} = \left(\frac{A_{GO} - A_{rGO}}{A_{GO}} \right) \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

Sekitar 83,3% pengurangan GO dicapai dengan 200 ml SA berdasarkan analisis FTIR.

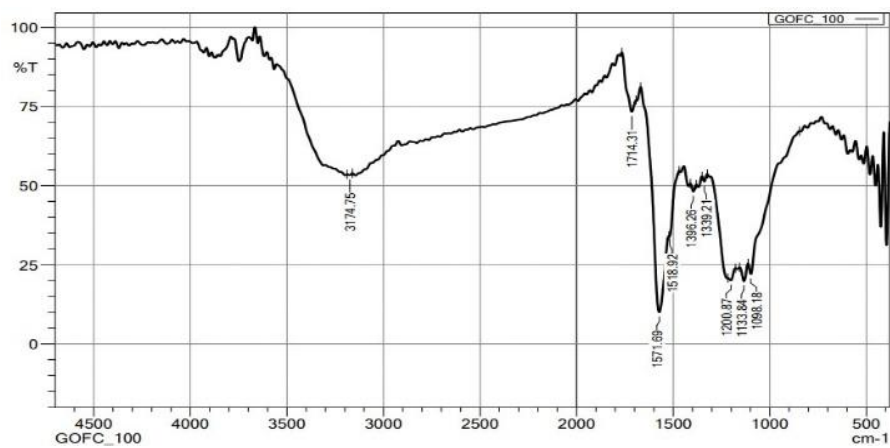


Gambar 3 Spektrum FTIR sampel GO

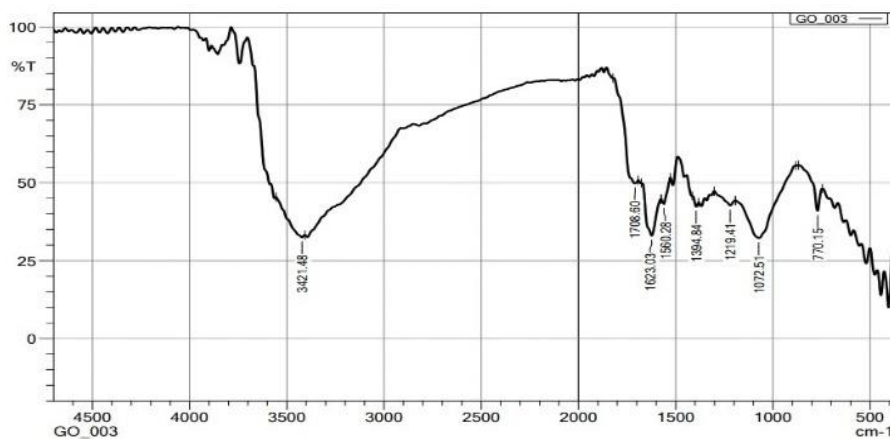
Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118



Gambar 4 Spektrum FTIR sampel RGO-SA 50



Gambar 5 Spektrum FTIR sampel RGO-SA100

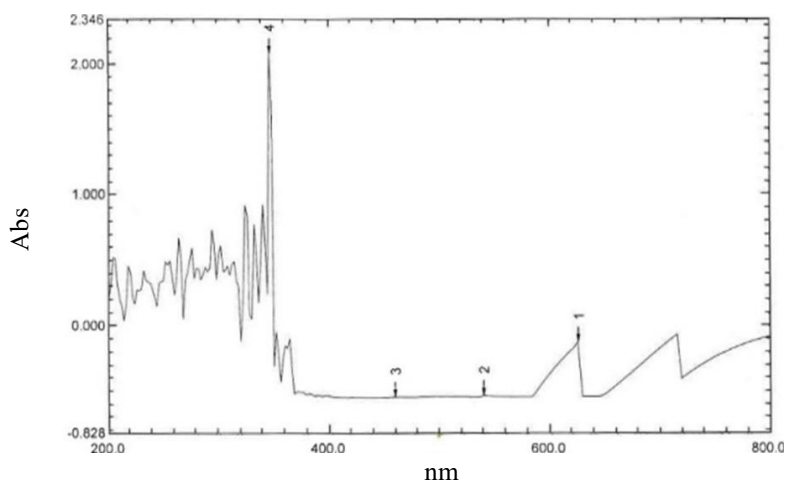


Gambar 6 Spektrum FTIR sampel RGO-SA200

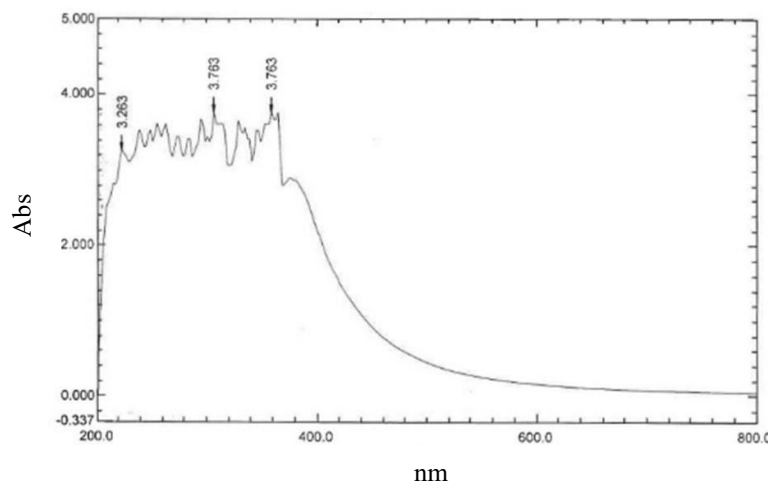
Sifat absorpsi nanopartikel dapat dipahami dengan baik menggunakan spektroskopi UV-visible. Selanjutnya, spektrum UV-Vis DPPH-Ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk), GO dan RGO-SA ditunjukkan pada Gambar. 3b. Spektrum UV-Vis DPPH-ekstrak daun katuk menunjukkan serapan

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

oksidan O-H sepanjang spektrum cahaya yang luas hingga 370 - 800 nm, hal ini menunjukkan senyawa dalam ekstrak merupakan absorber yang aktif terhadap oksidan reaktif. GO menunjukkan puncak serapan pada 227 nm untuk GO, yang bergeser merah menjadi 276 nm untuk RGO-SA. Pergeseran pada RGO-SA ini terutama disebabkan oleh perubahan konfigurasi elektronik rGO selama proses pengurangan GO. Selain itu, puncak absorpsi pada 227 nm berasal dari transisi $\pi - \pi^*$ cincin aromatik C-C, dimana puncak bergeser merah pada 276 nm berasal dari transisi $n - \pi^*$ ikatan C-O yang tertanam dalam RGO-SA.

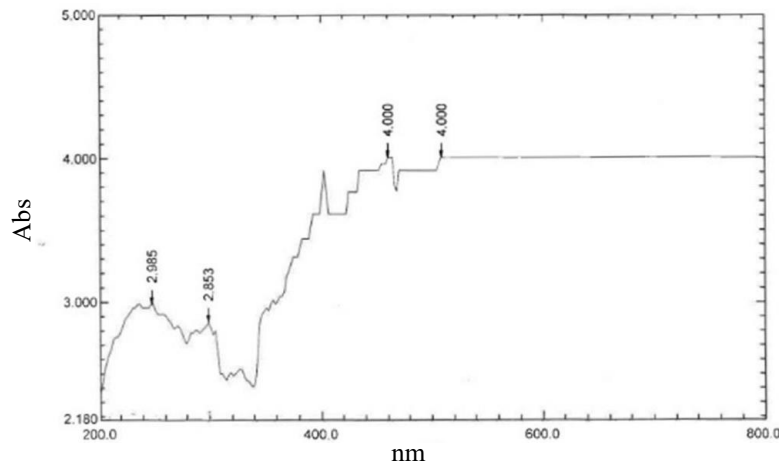


Gambar 7 Spektrum UV-Vis DPPH-Ekstrak daun Sauropus androgynus (SA) Leaf. (daun Katuk). Inset menunjukkan spektrum UV-Vis sampai 800 nm.



Gambar 8 Spektrum UV-Vis GO Inset menunjukkan spektrum UV-Vis antara 227 dan 300 nm

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
**PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)**
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118



Gambar 9 Spektrum UV-Vis GO Inset menunjukkan spektrum UV-Vis antara 227 dan 300 nm

Perhitungan DFT pada keadaan dasar

Beberapa indikator penting, seperti energi HOMO dan LUMO, potensi kimia elektronik (μ), Mulliken keelektronegatifan (χ), kekerasan/resistensi (η), kelembutan/reaktivitas (ζ), elektrofilisitas (ω) indeks, momen dipol, dan parameter yang terkait dengan jumlah maksimum elektron yang dapat diperoleh elektrofil ($\Delta N_{\text{maksimal}}$), dihitung pada keadaan dasar untuk GO dan RGO-SA nano dengan metode DFT [13][14][15][16].

Memeriksa orbital molekul frontier (MOs) dan energi celah HOMO-LUMO, maka dapat memperkirakan sifat molekul, terutama reaktivitas dan stabilitas kinetik[17]. Misalnya, molekul dengan celah energi yang lebih rendah antara MO perbatasan, yaitu molekul lunak, diharapkan lebih reaktif dan lebih mudah terpolarisasi[18].

Tabel 2. Energi HOMO dan LUMO, celah energi (ΔE_g) Misalnya nilai, potensial dipol (μ), Mulliken keelektronegatifan (χ), bahan kimia (η), kelembutan kimia (ζ), indeks elektrofilisitas (ω) dan jumlah maksimum elektron yang dapat diperoleh elektrofil (ΔN_{maks}) dari GO dan RGO-SA200.

Komponen	$E_{\text{HOMO}}/\text{eV}$	$E_{\text{LUMO}}/\text{eV}$	$\Delta E_g/\text{eV}$	μ/eV	χ/eV	η/eV	ζ/eV	ω/eV	ΔN_{max}
GO	-4,45	-2,40	2,05	3,43	-3,43	1,03	0,98	5,72	-3,34
RGO-SA	-5,43	-3,46	1,93	4,45	-4,45	0,99	1,01	10,00	-4,49

Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, E_{HOMO} telah menurun dari 4,45 di GO hingga 5,43 eV di kompleks nano, dan E_{LUMO} telah meningkat dari 2,40 menjadi 3,46 eV. Akibatnya, energi celah pita nano masing-masing adalah 2,05 dan 1,93 eV. Energi celah pita RGO-SA200 menunjukkan pemulihan fungsi elektrik dari graphene. Energi eksitasi berbanding terbalik dengan koefisien pencampuran fungsi gelombangnya. Akibatnya, celah energi HOMO-LUMO yang lebih kecil membutuhkan jumlah energi eksitasi (celah pita) yang lebih rendah[14]. Mulliken keelektronegatifan adalah negatif dari potensial dipol elektronik[15]. Semakin tinggi nilai potensial dipol elektronik dari RGO-SA200 4,45 eV terkait dengan lebih banyak kemungkinan untuk menukar kerapatan elektronnya dalam keadaan dasar. Resistensi dikaitkan dengan tingkat kristalin nano partikel, semakin tinggi maka menunjukkan derajat kristalin nanopartikel sehingga resisten dalam menerima perubahan kerapatan elektronnya. Reaktivitas telah didefinisikan sebagai kebalikan dari resistensi dimana semakin rendah derajatnya resistensinya maka semakin amorf nano partikelnya [19]. Dengan demikian semakin rendah nilai resistensinya (ζ RGO-SA= 1,01 eV) daripada (ζ GO= 0,98 eV) menunjukkan afinitas yang lebih besar terhadap perubahan jumlah

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

elektron. Nilai dari N maksimal, jumlah maksimum elektron yang dapat diperoleh elektrofil, menegaskan bahwa jumlah electron maksimum yang bisa diterima RGO-SA200 (4,49) lebih tinggi dari GO (3,34).

RGO-SA200 Celah HOMO–LUMO telah menunjukkan lebih kecil dari pada GO[15]. Karena energi celah pita yang rendah dan nano partikel yang lebih amorf menjadikan permukaan graphene lebih reaktif. Reaktifitas meningkat akibatkan elektrostatis dan elektromagnetik meningkat[20]. Akibatnya, RGO-SA yang lebih amorf akan lebih mudah mengurai molekul dengan parsial dipol lebih positif. Kemudahan menarik dan mengurai dalam jaringan target menguntungkan untuk sistem aplikasi seperti foto katalisis. Indeks elektrofilisitas menandakan bagaimana elektrofil graphene memiliki kecenderungan memusatkan kerapatan elektronnya. Parameter ini penting untuk mempelajari reaksi organik dan perilaku molekul polar[21]. Domingo dan rekan-rekannya menyatakan klasifikasi molekul organik berdasarkan kekuatannya. Atas dasar klasifikasi ini, elektrofil dengan $\omega > 1,5$ eV, $0,8 < \omega < 1,5$ eV, dan $\omega < 0,8$ eV diklasifikasikan sebagai elektrofil kuat, sedang, dan marginal, masing-masing[22]. Jadi, RGO-SA200 ($\omega = 10$) adalah elektrofil yang jauh lebih kuat daripada GO ($\omega = 5,72$) dan memiliki kecenderungan lebih untuk menyingkat kerapatan elektronnya.

SIMPULAN

Singkatnya, pekerjaan kami menawarkan metode yang nyaman, hemat biaya dan ramah lingkungan untuk pengurangan GO menggunakan biomolekul yang ada dalam ekstrak Ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk) digunakan sebagai agen bio pereduksi terbaru untuk reduksi *graphene oxide* (GO). Metode sederhana ini memiliki keuntungan yang cukup untuk membangun kembali konfigurasi elektronik dalam lembaran graphene tereduksi, bersama dengan sejumlah kecil fungsi oksigen yang tidak tereduksi di GO. Efisiensi reduksi optimal sekitar 83,3% dicapai dengan 200 ml zat pereduksi. Resistensi transfer muatan antar muka secara substansial menurun pada RGO-SA200, karena penurunan GO akibat bahan reduktor Ekstrak daun *Sauropus androgynus* (SA) Leaf. (daun Katuk). Seperti yang diperoleh RGO juga menunjukkan densitas arus yang lebih baik dan konduktivitas yang lebih tinggi daripada sampel GO. Mekanisme reduksi yang diusulkan menunjukkan peran resinol dan kaempferol sebagai komponen utama dalam reduksi graphene oksida. RGO-SA200 bisa direduksi dengan cepat ditunjukkan proses dengan waktu yang relative pendek 1 jam dan temperature yang relative rendah (50 °C). Karya ini menggambarkan hal baru dalam 'ramah lingkungan' yang mungkin untuk pendekatan sintesis oksida graphene tereduksi skala besar dan kesesuaian dalam aplikasi biofotokatalis.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. A. Balandin, "Thermal properties of graphene and nanostructured carbon materials," *Nat. Mater.*, vol. 10, no. 8, pp. 569–581, 2011, doi: 10.1038/nmat3064.
- [2] K. S. Novoselov, V. I. Fal'Ko, L. Colombo, P. R. Gellert, M. G. Schwab, and K. Kim, "A roadmap for graphene," *Nature*, vol. 490, no. 7419, pp. 192–200, 2012, doi: 10.1038/nature11458.
- [3] X. H. Lin and J. G. Gai, "Synthesis and applications of large-area single-layer graphene," *RSC Adv.*, vol. 6, no. 22, pp. 17818–17844, 2016, doi: 10.1039/c5ra27349h.
- [4] S. Stankovich *et al.*, "Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide," *Carbon N. Y.*, vol. 45, no. 7, pp. 1558–1565, 2007, doi: 10.1016/j.carbon.2007.02.034.
- [5] P. G. Ren, D. X. Yan, X. Ji, T. Chen, and Z. M. Li, "Temperature dependence of grapheme oxide reduced by hydrazine hydrate," *Nanotechnology*, vol. 22, no. 5, 2011, doi: 10.1088/0957-4484/22/5/055705.
- [6] H. J. Shin *et al.*, "Efficient reduction of graphite oxide by sodium borohydride and its effect on electrical conductance," *Adv. Funct. Mater.*, vol. 19, no. 12, pp. 1987–1992, 2009, doi: 10.1002/adfm.200900167.
- [7] D. Perumal, E. L. Albert, and C. A. C. Abdullah, "Green Reduction of Graphene Oxide Involving Extracts of Plants from Different Taxonomy Groups," *J. Compos. Sci.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–21, 2022, doi: 10.3390/jcs6020058.

Kustanto¹⁾, Indyah Hartami Santi²⁾, Mohamad Imam Burhani³⁾
PEMILIHAN PERMUKAAN STRUKTUR ELEKTRIK GO TERHADAP MOLEKUL OKSIDA
MENGUNAKAN EKSTRAK DAUN KATUK (*SAUROPLUS ANDROGYNUS*)
Jurnal *Qua Teknika*, (2025), 15 (2): 109-118

- [8] D. Mhamane *et al.*, "From graphite oxide to highly water dispersible functionalized graphene by single step plant extract-induced deoxygenation," *Green Chem.*, vol. 13, no. 8, pp. 1990–1996, 2011, doi: 10.1039/c1gc15393e.
- [9] M. Nasrollahzadeh, M. Maham, A. Rostami-Vartooni, M. Bagherzadeh, and S. M. Sajadi, "Barberry fruit extract assisted in situ green synthesis of Cu nanoparticles supported on a reduced graphene oxide-Fe₃O₄ nanocomposite as a magnetically separable and reusable catalyst for the O-arylation of phenols with aryl halides under ligand-free cond," *RSC Adv.*, vol. 5, no. 79, pp. 64769–64780, 2015, doi: 10.1039/c5ra10037b.
- [10] E. C. Salas, Z. Sun, A. Luttge, and J. M. Tour, "Reduction of Graphene Oxide via," *ACS Nano*, vol. 4, no. 8, pp. 4852–4856, 2010.
- [11] S. Ahmed, M. Ahmad, B. L. Swami, and S. Ikram, "A review on plants extract mediated synthesis of silver nanoparticles for antimicrobial applications: A green expertise," *J. Adv. Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 17–28, 2016, doi: 10.1016/j.jare.2015.02.007.
- [12] B. dou Zhang *et al.*, "Sauropus androgynus L. Merr.-A phytochemical, pharmacological and toxicological review," *J. Ethnopharmacol.*, vol. 257, no. March, p. 112778, 2020, doi: 10.1016/j.jep.2020.112778.
- [13] R. G. Parr, L. V. Szentpály, and S. Liu, "Electrophilicity index," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 121, no. 9, pp. 1922–1924, 1999, doi: 10.1021/ja983494x.
- [14] S. Acharya and B. Rebary, "Study on the interaction of 3,4-dihydroxyphenylalanine (DL-DOPA) with nonionic and ionic surfactants by fluorescence and UV-visible spectroscopy," *J. Surf. Sci. Technol.*, vol. 26, no. 1–2, pp. 95–103, 2010.
- [15] R. G. Parr and R. G. Pearson, "Absolute Hardness: Companion Parameter to Absolute Electronegativity," *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 105, no. 26, pp. 7512–7516, 1983, doi: 10.1021/ja00364a005.
- [16] L. R. Domingo, M. Ríos-Gutiérrez, and P. Pérez, "Applications of the conceptual density functional theory indices to organic chemistry reactivity," *Molecules*, vol. 21, no. 6, 2016, doi: 10.3390/molecules21060748.
- [17] D. Chen and H. Wang, "HOMO-LUMO Gaps of Homogeneous Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Clusters," *J. Phys. Chem. C*, 2019, doi: 10.1021/acs.jpcc.9b08300.
- [18] S. F. Sousa, "Special issue on 'the application of quantum mechanics in reactivity of molecules,'" *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 3, pp. 1–2, 2021, doi: 10.3390/app11031132.
- [19] F. Jensen, *Introduction to Computational Chemistry*. 2007. doi: 10.1007/s00214-013-1372-6.
- [20] R. G. Pearson, "Absolute electronegativity and hardness correlated with molecular orbital theory," *Proc. Natl. Acad. Sci.*, vol. 83, no. 22, pp. 8440–8441, 1986, doi: 10.1073/pnas.83.22.8440.
- [21] P. Pérez, L. R. Domingo, A. Aizman, and R. Contreras, "The electrophilicity index in organic chemistry in: Theoretical Aspects of Chemical Reactivity," *Theor. Asp. Chem. React.*, vol. 19, pp. 139–201, 2007.
- [22] L. R. Domingo, M. J. Aurell, P. Pérez, and R. Contreras, "Quantitative characterization of the global electrophilicity power of common diene/dienophile pairs in Diels-Alder reactions," *Tetrahedron*, vol. 58, no. 22, pp. 4417–4423, 2002, doi: 10.1016/S0040-4020(02)00410-6.