

Green Synthesis dan Karakterisasi Nanopartikel Tembaga dengan Ekstrak Daun Gambir (*Uncaria Gambir Roxb*) untuk *Dye Sensitized Solar Cell*

Sarah Wargiyana, Dedi Mardiansyah*, Dwi Puryanti

Laboratorium Material, Departemen Fisika

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas

Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163 Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 3 April 2025

Direvisi: 15 Juni 2025

Diterima: 2 Juli 2025

Kata kunci:

Daun Gambir

DSSC

Green Synthesis

Nanopartikel Tembaga

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai *Green Synthesis* nanopartikel tembaga menggunakan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir Roxb*) untuk *Dye Sensitized Solar Cell*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan variasi rasio molar ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) dengan ekstrak daun gambir melalui sintesis alami nanopartikel tembaga dan I-V test dari DSSC yang dihasilkan dari nanopartikel tembaga melalui *green synthesis*. Pembuatan sampel dilakukan menggunakan metode *green synthesis* dengan perbandingan dari ekstrak daun gambir dengan ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) pada variasi sampel 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 dan 1:5. Nanopartikel tembaga dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-Vis untuk mengetahui nilai absorbansi dan celah pita energinya serta DSSC yang diukur menggunakan I-V test sederhana. Hasil spektrofotometer UV-Vis pada nanopartikel tembaga menunjukkan puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 377 nm – 396 nm, dan diperoleh nilai celah pita energi berkisar antara 2,84-2,91 eV.. Nanopartikel tembaga yang dihasilkan berbentuk bulat hingga memanjang, karena adanya fenomena agregasi antar partikel. Efisiensi yang diperoleh dari DDSC didapatkan sebesar 4.26 % dan nilai *Fill Factor* (FF) sebesar 0,56.

Keywords:

Gambir leaf

DSSC

green synthesis

copper nanoparticles

Research has been conducted on green synthesis of copper nanoparticles using gambir leaf extract (*Uncaria gambir Roxb*) for *Dye Sensitized Solar Cell*. This study aims to determine the effect of the comparison of molar ratio variations ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) with gambir leaf extract through green synthesis of copper nanoparticles and I-V test of DSSC produced from copper nanoparticles through green synthesis. Sample preparation was carried out using the green synthesis method with the ratio of gambir leaf extract to ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) in sample variations of 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 and 1:5. Copper nanoparticles were characterized using UV-Vis spectroscopy to determine the absorbance value and energy band gap and DSSC measured using a simple I-V test. UV-Vis spectrophotometer results on copper nanoparticles showed absorbance peaks in the 377 nm - 396 nm wavelength range, and obtained energy band gap values ranging from 2.84-2.91 eV. The resulting copper nanoparticles are round to elongated, due to the phenomenon of aggregation between particles. The efficiency obtained from DDSC is 4.26% and the FF value is 0.56.

Penulis Korespondensi:

Dedi Mardiansyah

Email:

dedimardiansyah@sci.unand.ac.id

Copyright © 2025 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi fosil semakin besar seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat. Peningkatan tersebut membuat cadangan bahan bakar fosil semakin menurun, sehingga diperlukan cara agar dapat mengatasi masalah ini (Afin & Kiono, 2021). Salah satu solusi dari permasalahan tersebut adalah mengembangkan energi alternatif sebagai pengganti energi fosil. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti fosil adalah energi yang bersumber dari Matahari.

Indonesia memiliki potensi sumber daya energi Matahari sekitar 4,8 kWh / m² per - hari atau sebanding dengan 112ribu GWp Energi Matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik menggunakan sel surya. Sel surya merupakan alat yang dapat mengkonversi energi cahaya Matahari menjadi energi listrik dan telah mengalami banyak perkembangan, dimulai dari sel surya silikon, sel surya film tipis (*thin film solar cell*) dan *dye sensitized solar cells* (DSSC). DSSC merupakan sel surya yang ramah lingkungan dan biaya produksi yang murah melalui pembuatan sel surya polimer atau disebut dengan sel surya organik (Kim et al., 2020). Namun efesiensi DSSC masih terbatas karena kondisi konduktivitas listrik yang rendah dan stabilitas yang kurang, untuk meningkatkan efesiensi DSSC, penelitian telah banyak fokus pada pengembangan bahan baru, termasuk nanopartikel.

Perkembangan nanoteknologi partikel tembaga merupakan salah satu yang banyak mendapat perhatian untuk dikaji karena aplikasinya yang sangat beragam digunakan, terutama penggunaannya yang luas dalam bidang elektronik, sensor, optik, katalis, medis, dan antibakteri serta sebagai nutrisi dan pembasmi hama tanaman (Raguram & Rajni, 2022). Keunggulan penggunaan tembaga lainnya adalah proses sintesisnya dapat dilakukan dengan metode yang sederhana seperti metode kimia dan *green synthesis* (Al-Hakkani, 2020). Penggunaan beberapa metode yang telah digunakan untuk mensintesis nanopartikel tembaga, diantaranya metode listrik, radiasi, kimia, elektrokimia, dan metode fotokimia (Rane et al., 2018).

Namun demikian, sebagian besar metode kimia yang digunakan untuk mensintesis nanopartikel tembaga ini melibatkan penggunaan bahan kimia yang bersifat racun sehingga dapat menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu dibutuhkan alternatif lain dalam melakukan sintesis nanopartikel yang lebih ramah lingkungan yang disebut *green synthesis* (Sugiyarti et al., 2021). Pada metode ini, reduktor yang digunakan tidak merusak alam, mudah dan murah didapat. Selain itu metode ini memerlukan waktu kontak yang relatif pendek dibandingkan dengan metode yang lain dan dapat mengurangi dampak bahan kimia pada pengguna dan pencemaran lingkungan akibat pembuangan zat berbahaya.

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel tembaga dengan menggunakan reduktor alami dari ekstrak daun gambir. Penelitian tentang penggunaan gambir sebagai reduktor alami telah dilakukan di antaranya pada studi sintesis koloid nanopartikel perak menggunakan ekstrak daun gambir sebagai pereduksi dengan pelarut isopropanol diperoleh nanopartikel perak dengan ukuran 10 - 30 nm (Arniati, 2019). Indonesia merupakan salah satu negara penghasil gambir terbesar dengan kapasitas produksi sebesar 108,5 ribu ton/tahun. Gambir merupakan salah satu tanaman yang memiliki khasiat sebagai obat tradisional dikarenakan kandungan polifenol berperan sebagai antioksidan alami. Kandungan kimia ekstrak daun gambir adalah katekin (7-33%), asam kateku tanat (20-50%), pirokatekol (20-30%) serta kateku merah, kuersetin, *fixed oil*, lilin dan *alkaloid* masing-masing berkisar antara 2-3% (Netri, 2021). Senyawa - senyawa tersebut memiliki kemampuan sebagai agen pereduksi ion logam yang baik pada proses biosintesis (Koopmann et al., 2020)

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio molar CuNO₃ terhadap ekstrak daun gambir. Pada penelitian ini menggunakan metode sol gel yang digunakan sebagai elektroda counter dalam aplikasi DSSC. Analisis nanopartikel tembaga dari ekstrak daun gambir menggunakan karakterisasi UV-Vis untuk melihat nilai absorbansi serta melihat nilai dari celah pita energi dan sifat listrik DSSC dikarakterisasi menggunakan *IV test*.

II. METODE

2.1 Pembuatan Ekstrak Daun Gambir

Daun gambir diambil dari Kebun Percobaan Pertanian Universitas Andalas, Limau Manis. Daun gambir segar dicuci dengan air untuk menghilangkan partikel debu, kemudian ditiriskan dan

dikeringkan dengan kain bersih. Daun gambir kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan di udara pada suhu kamar. Dikeringkan sampai daun mudah hancur saat diremas. Daun gambir yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dengan *grinder* hingga berbentuk bubuk. Serbuk daun gambir yang didapatkan disimpan dalam wadah yang bersih dan terlindung dari cahaya untuk mencegah terjadinya kerusakan dan penurunan mutu. Daun gambir yang telah digerinda, dicampurkan dengan perbandingan 1:10 dengan 10 g serbuk daun gambir dan 100 ml aquades. Masing - masing campuran tersebut diaduk sekaligus dipanaskan di *hot plate* pada suhu 70-80° C selama 1 jam. Ekstrak yang didapat disaring dan ampasnya dibuang.

2.2 Sintetis Nanopartikel Tembaga

Pembuatan Larutan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dalam penelitian ini digunakan sebagai prekursor Cu dengan variasi rasio molar tertentu. Larutan ini dibuat dengan cara melarutkan 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 variasi rasio molar padatan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, dengan akuades hingga volume 100 mL. Kemudian larutan diaduk hingga homogen. Bahan pembuatan nanopartikel tembaga adalah tembaga nitrat ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$) dan ekstrak daun gambir. Sintesis nanopartikel dibuat dengan perbandingan ekstrak dan larutan prekursor 5 : 3 yaitu dengan mencampurkan 25 mL larutan prekursor berdasarkan banyak variasi rasio molar yang digunakan pada $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ dan ekstrak daun gambir sebanyak 15 mL. Campuran diaduk pada suhu ruang dengan kecepatan pengadukan 200 rpm. Setelah larutan terbentuk dilakukan sentrifugasi pada larutan

2.3 Analisis dengan Spektrofotometer UV-Vis

Analisis UV-Vis untuk mengetahui terjadinya pembentukan nanopartikel tembaga yang dilakukan pada panjang gelombang 325 sd 1100 nm. Larutan induk Cu yang telah direduksi, diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam kuvet kemudian diencerkan dengan akuades sebanyak 10 mL, lalu diukur dengan spektrofotometer UV - Vis setelah pembuatan larutan 14 hari. Prinsip dari pengukuran menggunakan Spektrofotometer adalah menghitung besarnya energi yang terabsorpsi/serapan pada panjang gelombang yang telah ditentukan.

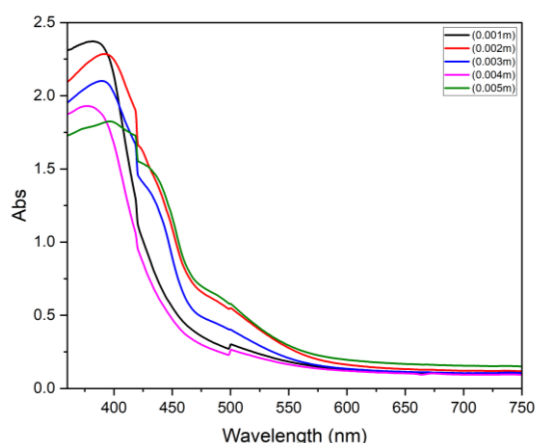
2.4 Pengujian Sifat Listrik dari Nanopartikel Cu pada DSSC

Preparasi substrat kaca TCO dengan membersihkan kedua sisi kaca setelah itu mengidentifikasi sisi konduktif kaca TCO dengan multimeter. Pembuatan elektroda kerja dengan memberi batas pada bagian konduktif TCO dengan selotip. Pembuatan pasta TiO_2 dengan menambahkan Nitrad Acid 1-2 pipet tetes hingga membentuk pasta. Mengaplikasikan kaca TCO dengan pasta TiO_2 , kaca TCO yang telah dilapisi dikeringkan dan sintering pada oven selama 45 menit pada suhu 450°C. Pembuatan *dye* dari ekstrak daun gambir yang dilarutkan dengan *aquades*. Pewarnaan lapisan tipis TiO_2 yang direndam dengan *dye* dari ekstrak daun gambir selama 8 jam, dalam tempat tertutup. Preparasi elektroda *counter* dari nanopartikel CuNO_3 yang telah dibentuk, dipanaskan pada pemanas hingga mencapai suhu 200°C. Penyatuan semua komponen DSSC yang telah dibentuk dengan metode *sandwich*, setelah semua digabungkan DSSC siap untuk diuji. Pengujian DSSC dengan skema rangkaian listrik untuk pengujian DSSC sederhana.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Analisis Karakterisasi Spectrometry UV-Vis

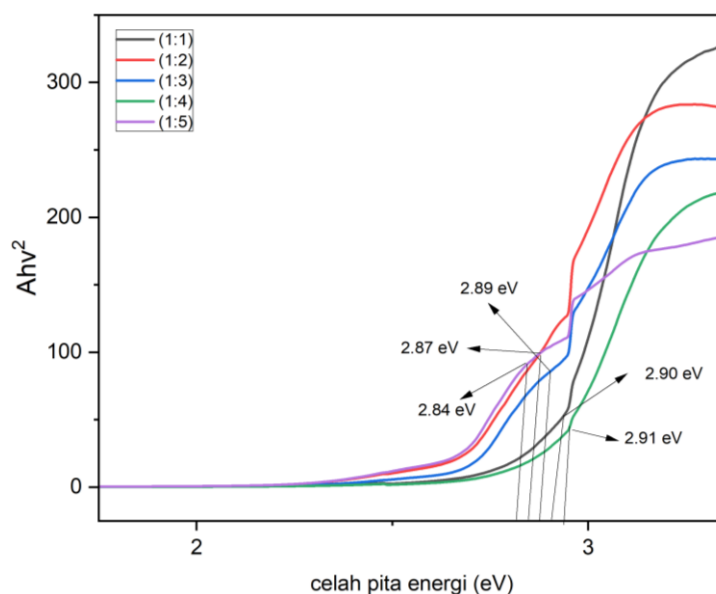
Karakterisasi pertama yang dilakukan pada sampel Nanopartikel Tembaga (CuNP) menggunakan Spectrometry UV-Vis untuk menentukan panjang gelombang semua variasi konsentrasi tembaga dan celah pita energi untuk satu sampel dari lima variasi perbandingan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ diambil sampel dengan variasi 1:5. Spektrum Spectrometry UV-Vis untuk semua variasi sampel CuNO_3 dengan ekstrak daun gambir dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Hasil uji UV-Vis nanopartikel tembaga dengan variasi perbandingan ekstrak daun gambir dengan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Gambar 1 menunjukkan bahwa rentang absorbansi dari nanopartikel tembaga berada pada rentang panjang gelombang 377 – 397 nm. Nanopartikel tembaga dengan variasi perbandingan rasio molar diperoleh panjang gelombang berturut turut adalah 392 nm, 396 nm, 390 nm, 382 nm, dan 377 nm. Nilai absorbansi maksimumnya berturut-turut 2,286 a.u, 2,372 a.u, 2,102 a.u, 1,825 a.u, dan 1,93 a.u. Data ini menunjukkan bahwa stabilitas nanopartikel tembaga terjadi setelah reaksi antara senyawa antosianin dari ekstrak daun gambir dengan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, dimana ion Cu^{2+} direduksi menjadi Cu^0 . Hal ini sesuai dengan yang dilakukan Netri, E. (2021).

Panjang gelombang pada nanopartikel tembaga memiliki puncak yang semakin turun pada saat nilai prekursoranya semakin besar, begitu pula dengan nilai panjang gelombangnya.



Gambar 2 Celah pita energi

Gambar 2 menunjukkan nilai celah pita energi dinyatakan dengan hubungan celah pita energi (eV) terhadap $(Ahv)^2$. Hasil perhitungan nilai celah pita energi menggunakan metode *Tauc plot* untuk semua sampel variasi perbandingan $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ dari ekstrak daun gambir untuk mensintesis nanopartikel tembaga sebesar 2.84 eV, 2.87 eV, 2.89 eV, 2.90 eV, 2.91 eV. Diperolehnya nilai celah pita energi berkisar antara 2.84 – 2.91 eV.

3.2 Analisis Nilai Efisiensi Sel Surya

Setelah nanopartikel tembaga dikarakterisasi diaplikasikan untuk *elektroda counter* pada DSSC. Hasil karakterisasi dari DSSC ini menggunakan I-V Test. Pengukuran menggunakan perangkat I-V Test menghasilkan besaran-besaran berupa arus *short circuit* (I_{sc}), tegangan *open circuit* (V_{oc}), arus maksimum (I_{MPP}), dan tegangan maksimum (V_{MPP}). Data tersebut kemudian diolah sehingga

menghasilkan nilai *Fill Factor* (FF), nilai efisiensi (η). Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Karakteristik Arus dan Tegangan pada DSSC

Voc(V)	Isc(A)	V _{MPP} (V)	I _{MPP} (A)	Efisiensi (%)
0,530663	0,000564697	0,397992	0,00042357	3,09
0,610651	0,000676998	0,457998	0,00050774	4,26
0,591539	0,000618978	0,443654	0,00046423	3,77
0,600458	0,000542466	0,450345	0,00040689	3,35
0,560453	0,000470848	0,420339	0,00035313	2,72

Tabel 1 menunjukkan arus dan tegangan yang dihasilkan dari pengujian DSSC. Pembuatan *elektroda counter* dari nanopartikel tembaga dengan *green synthesis* alami menggunakan ekstrak daun gambir (*Uncaria gambir Roxb*) sebagai pengganti platina, menunjukkan permukaan yang cukup baik untuk aktivitas elektrokatalitik terhadap reduksi ion I_3^- menjadi I^- dalam elektrolit redoks, seperti yang diperoleh arus reduksi cukup baik. Efisiensi konversi energi paling besar diperoleh sebesar 4,26 %, dan nilai FF sebesar 0,56. Angka ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Sharma et al., (2015) menggunakan ekstrak daun biduri sebagai sintesis alami nanopartikel tembaga yang hanya mencapai efisiensi sebesar 3,4% dan FF 0,45. Peningkatan kinerja ini mengindikasikan keberhasilan upaya optimasi yang dilakukan pada desain dan proses pembuatan perangkat DSSC. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi konversi energi dan FF pada DSSC yang dikembangkan. Penggunaan ekstrak daun gambir sebagai pewarna alami (*dye*) dan nanopartikel tembaga yang disintesis secara alami dari ekstrak daun gambir yang sama sebagai *elektroda counter* telah memberikan kontribusi yang cukup baik terhadap peningkatan kinerja DSSC. Hasil dari DSSC dapat menjadi metode yang relatif menjanjikan, karena efisiensi yang dihasilkan cukup tinggi untuk DSSC berbasis dye alami, penggunaan nanopartikel tembaga sebagai *elektroda counter* meningkatkan konduktivitasnya. Penggunaan bahan untuk komponen DSSC yang ramah lingkungan dengan biaya produksi yang relatif rendah.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Hasil pengujian UV-Vis menunjukkan nanopartikel tembaga dengan variasi perbandingan rasio molar memiliki puncak absorbansi pada rentang panjang gelombang 377 - 396 nm. Stabilitas nanopartikel tembaga terjadi setelah reaksi antara senyawa antosianin dari ekstrak daun gambir dengan $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, dimana ion Cu^{2+} direduksi menjadi Cu^0 . Panjang gelombang pada nanopartikel tembaga memiliki puncak yang semakin turun pada saat nilai prekursor yang semakin besar, begitu pula dengan nilai panjang gelombangnya. Nanopartikel yang dihasilkan berbentuk bulat hingga memanjang karena adanya fenomena agregasi antar partikel, serta efisiensi yang diperoleh dari DSSC didapatkan sebesar 4,26% dan nilai FF sebesar 0,56%.

TERIMA KASIH

Penelitian ini di danai dari Penelitian Skripsi Sarjana (PSS) Batch I Universitas Andalas dengan nomor kontrak: 122/UN16.19/PT.01.03/PSS/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Afin, A. P., & Kiono, B. F. T. (2021). Potensi energi batubara serta pemanfaatan dan teknologinya di indonesia tahun 2020–2050: gasifikasi batubara. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(2), 122–144.
- Al-Hakkani, M. F. (2020). Biogenic copper nanoparticles and their applications: A review. *SN Applied Sciences*, 2(3), 505.
- Arniati, L. (2019). Pendekatan Green Synthesis Nanopartikel Perak Dan Komposit Hidroksiapatit-Nanoperak Dengan Bioreduktor Ekstrak Daun *Uncaria Gambir Roxb*. Serta Aktivitas Antibakterinya. Universitas Andalas.

- Kim, J. Y., Lee, J.-W., Jung, H. S., Shin, H., & Park, N.-G. (2020). High-efficiency perovskite solar cells. *Chemical Reviews*, 120(15), 7867–7918.
- Koopmann, A.-K., Schuster, C., Torres-Rodríguez, J., Kain, S., Pertl-Obermeyer, H., Petutschnigg, A., & Hüsing, N. (2020). Tannin-based hybrid materials and their applications: A review. *Molecules*, 25(21), 4910.
- Netri, E. (2021). Green Synthesis nanopartikel Tembaga Menggunakan Reduktor Alami Ekstrak Daun Gambir (*Uncaria Roxb* Extract) dan aktivitas antibakterinya. UNIVERSITAS ANDALAS.
- Raguram, T., & Rajni, K. S. (2022). Synthesis and characterisation of Cu-Doped TiO₂ nanoparticles for DSSC and photocatalytic applications. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47(7), 4674–4689.
- Rane, A. V., Kanny, K., Abitha, V. K., & Thomas, S. (2018). Methods for synthesis of nanoparticles and fabrication of nanocomposites. In *Synthesis of inorganic nanomaterials* (pp. 121–139). Elsevier.
- Sharma, J. K., Akhtar, M. S., Ameen, S., Srivastava, P., & Singh, G. (2015). Green synthesis of CuO nanoparticles with leaf extract of *Calotropis gigantea* and its dye-sensitized solar cells applications. *Journal of Alloys and Compounds*, 632, 321–325.
- Sugiyarti, R., Wisnuwardhani, H. A., & Rusdi, B. (2021). Kajian pustaka sintesis nanopartikel tembaga menggunakan ekstrak tanaman sebagai bioreduktor dan aplikasinya sebagai antibakteri. *Prosiding Farmasi*, 809–815.