

Biosintesis dan karakterisasi nanopartikel tembaga oksida (CuO) menggunakan ekstrak rimpang kencur (*Kaempferia galanga* L.)

Biosynthesis and characterization of copper oxide nanoparticles (CuO) using kencur (*Kaempferia galanga* L.) rhizome extract

Efrilia R Rahmawati, Nazriati*

Departemen Kimia Universitas Negeri Malang, Malang - Indonesia

*Corresponding Author: nazriati.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Penggunaan nanopartikel telah berkembang pesat dalam berbagai bidang menyebabkan kebutuhan nanopartikel meningkat. Nanopartikel menjadi material yang banyak diminati karena memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan material jenis lain seperti raw material dan material yang berukuran lebih besar dari nanopartikel. Salah satu nanopartikel yang dikembangkan adalah nanopartikel CuO. Nanopartikel CuO umumnya disintesis dengan metode kimia dan fisika. Metode kimia dan fisika memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Alternatif metode yang dapat digunakan adalah biosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan biosintesis nanopartikel CuO menggunakan ekstrak rimpang kencur (*Kaempferia galanga* L.). Ekstrak rimpang kencur (*Kaempferia galanga* L.) berperan sebagai agen *capping* dan penstabil dalam pembentukan nanopartikel CuO. Biosintesis nanopartikel CuO berhasil dilakukan dengan ditunjukkannya puncak-puncak pada difraktogram XRD pada sudut 2θ : $32,5^\circ$; $35,5^\circ$; $38,77^\circ$; $46,3^\circ$; $48,77^\circ$; $53,48^\circ$; $58,28^\circ$; $61,55^\circ$; $66,28^\circ$; $66,28^\circ$; $68,04^\circ$; $72,44^\circ$; $75,08^\circ$; dan $82,77^\circ$ dan diperoleh pita serapan FTIR pada bilangan gelombang 594 dan 469 cm^{-1} . Hasil Penelitian menunjukkan nanopartikel CuO memiliki ukuran partikel pada pH 10, 11, dan 12 secara berturut-turut sebesar 24,04; 23,84; dan 22,68 nm dengan morfologi berbentuk lempengan serta nilai energi celah pita nanopartikel CuO yang diperoleh sebesar 5,25 eV.

Kata Kunci: Biosintesis, Nanopartikel CuO, Rimpang Kencur

Abstract

The use of nanoparticles has grown rapidly in various fields, increasing the demand for nanoparticles. Nanoparticles are a popular material because they have numerous advantages over similar materials like raw material and material that have bigger size than nanoparticle.. CuO nanoparticles are one of the nanoparticles being developed. CuO nanoparticles are commonly synthesized using chemical and physical methods. However chemical and physical methods have a negative impact on the environment. Biosynthesis is an alternative method that can be used. In the formation of CuO nanoparticles, kencur rhizome (*Kaempferia galanga* L.) extract as a capping and stabilizer agent. The volume ratio of extract to precursor and the pH of the mixture was varied in this study. Biosynthesis of CuO nanoparticles was successfully carried out by showing the peaks on the XRD diffractogram at an angle of 2θ : 32.5° ; 35.5° ; 38.77° ; 46.3° ; 48.77° ; 53.48° ; 58.28° ; 61.55° ; 66.28° ; 66.28° ; 68.04° ; 72.44° ; 75.08° ; and 82.77° and obtained FTIR absorption band at wave numbers 594 and 469 cm^{-1} . The results showed that CuO nanoparticles had particle sizes at pH 10, 11, and 12, respectively, of 24.04; 23.84; and 22.68 nm with slab morphology, and the band gap energy value obtained is 5.25 eV.

Keywords: Biosynthesis, CuO Nanoparticles, Kencur Rhizome

1. PENDAHULUAN

Nanopartikel dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti tekstil, medis, lingkungan, sumber energi, pewarna, pangan, degradasi limbah, katalis dan sensor (J. Singh, dkk., 2018; Waris, dkk., 2021). Nanopartikel merupakan material dengan ukuran 1-100 nm (Narasaiah, dkk., 2017). Nanopartikel dapat memberikan fungsi yang lebih baik dibandingkan dengan material berukuran besar (*bulk*). Hal ini dikarenakan ukurannya yang kecil sehingga memiliki luas permukaan yang besar sehingga mampu mempermudah kereaktifan nanopartikel ketika diaplikasikan (Agustina, 2022). Salah satu nanopartikel yang menjadi perhatian untuk diteliti adalah nanopartikel tembaga oksida (CuO). Tembaga oksida (CuO) memiliki struktur monoklinik dan bersifat semikonduktor dengan nilai *bandgap* sebesar 1,2-1,55 eV. Nanopartikel CuO diaplikasikan sebagai bahan biomedis, antibakteri, tekstil, semikonduktor dan sensor (Waris, dkk., 2021). CuO dipilih sebagai bahan semikonduktor dikarenakan memiliki energi celah pita standar yang lebih kecil dibandingkan dengan TiO₂ dan ZnO yang memiliki nilai energi celah pita berturut-turut 3,2 eV dan 3,37 eV (Dar, dkk., 2014; Kamarulzaman, dkk., 2015). Energi celah pita yang semakin kecil akan memudahkan elektron melakukan transisi dari pita valensi menuju pita konduksi. Semakin kecil nilai energi celah pita, maka sifat konduktivitas bahan semakin baik (Kumar, S., dkk., 2018).

Beberapa metode telah diterapkan dalam memperoleh nanopartikel CuO, beberapa diantaranya dengan metode kimia dan fisika, seperti sonokimia (Silva, dkk., 2019), sol-gel (Etefagh, dkk., 2013), hidrotermal (Habib, dkk., 2020) dan beberapa metode lainnya. Sintesis menggunakan metode kimia dan fisika memberikan beberapa kelemahan, diantaranya memerlukan banyak senyawa, waktu reaksi lama, suhu tinggi, memerlukan biaya yang cenderung lebih tinggi, pengontrolan yang lebih rumit serta menghasilkan residu yang tidak ramah lingkungan (Modan & Plaiasu, 2020; Silva, dkk., 2019). Seiring berkembangnya ilmu dan teknologi, sintesis nanopartikel CuO dilakukan dengan lebih sederhana, cepat dan ramah lingkungan melalui biosintesis (Cuong, dkk., 2021; Letchumanan, dkk., 2021). Biosintesis merupakan cara untuk menghasilkan suatu senyawa kimia menggunakan organisme seperti tumbuhan, mikroba, dan golongan fungi (Cuong, dkk., 2021). Tumbuhan populer sebagai bahan biosintesis karena mudah dibudidayakan dan memiliki kandungan senyawa yang dapat berperan dalam proses biosintesis. Tumbuhan yang dapat digunakan dalam biosintesis memiliki kandungan metabolit primer dan sekunder

seperti flavonoid, polifenol, protein, asam amino, karbohidrat, glikosida sebagai bahan *capping*, stabilisasi dan pereduksi (Letchumanan, dkk., 2021; Rabiee, dkk., 2020). Agen *capping* dapat berperan sebagai penstabil, pereduksi ion logam yang dapat berpengaruh pada bentuk dan ukuran nanopartikel yang disintesis (Ajitha, dkk., 2016).

Tanaman jamu-jamuan kelompok *Zingiberaceae* memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri yang dapat digunakan sebagai bahan biosintesis (Ali, dkk., 2021). Kencur merupakan salah satu tanaman yang mempunyai ragam dan manfaat diantaranya dalam bidang medis, kosmetik, pangan dan beberapa aplikasi lainnya. Bagian tumbuhan kencur yang sering digunakan adalah rimpang. Beberapa pengujian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu pada ekstrak dan minyak esensial rimpang kencur mengandung beberapa senyawa diantaranya yaitu asam 2-propenoat, asam *phthalic*, asam heksadekanat, sandarakopimaradiena, asam oleat, asam oktadekanat, 2-[2-(4-Nonilfenoksi)], etoksi etanol, glisidil stearate, 3-carene, eukaliptol, etil sinamat, borneol, pentadekan, etil-p-metoksi sinamat, *pinene*, *champene*, *carvone*, dan *benzene* (Ali, dkk., 2018; Sahoo, dkk., 2014). Ekstrak rimpang kencur yang diperoleh menggunakan pelarut air mengandung senyawa karbohidrat, asam amino, alkaloid, tanin, kumarin, fenol dan *phlobatinins* (V & Kaladhar, 2012). Kencur mudah dijumpai sehingga potensial sebagai bahan biosintesis nanopartikel CuO. Dilansir dari Badan Pusat Statistik Tanaman Biofarmaka, produksi kencur pada tahun 2020 mencapai 44.823,793 ton. Biosintesis nanopartikel Ag menggunakan rimpang kencur telah dilakukan dan diperoleh nanopartikel Ag dengan ukuran partikel 2-4 nanometer (nm) dengan morfologi *spherical*. Pada penelitian ini, disebutkan senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam kencur seperti senyawa antioksidan menjadi agen pereduksi ion Ag⁺ menjadi Ag⁰ (Asem & Laitonjam, 2014). Biosintesis nanopartikel CuO telah berhasil disintesis menggunakan *Allium sativum* dengan *Zingiber officinale* (M. Ali, dkk., 2021), *Bergenia ciliate* (Dulta, dkk., 2022) dan *Zingiber officinale* (More & Janrao, 2021) dengan prekursor CuSO₄.5H₂O. Biosintesis menggunakan *Zingiber officinale* telah dilakukan dengan variasi volume ekstrak 3, 6, dan 12 mililiter (mL) pada pH 12 (Ali, dkk., 2021).

Keberhasilan biosintesis nanopartikel CuO dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya prekursor, konsentrasi ekstrak, pH, suhu dan waktu. Pemberian rasio volume ekstrak terhadap prekursor dan pH dimungkinkan memberikan hasil yang berbeda. Letchumanan., dkk (2021) melaporkan bahwa pH optimum biosintesis

nanopartikel CuO berada pada pH basa (alkalin). Berdasarkan penelitian Letchumanan., dkk 2021 biosintesis nanopartikel CuO menggunakan rimpang kencur dengan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Biosintesis dilakukan dengan merujuk pada penelitian Janrao, dkk., (2020) dan Ali, dkk., (2021) dengan variasi pada rasio volume ekstrak terhadap prekursor dan pH campuran. Pemilihan rujukan tersebut didasarkan pada kesamaan famili pada bahan alam yang digunakan. Perbedaannya terletak pada variabel yang digunakan pada penelitian ini, yaitu pH dan rasio volume ekstrak terhadap prekursor. Pemilihan 2 variabel ini didasarkan pada penelitian Letchumanan, Devanthiran., dkk (2020) yang menyebutkan terdapat beberapa faktor yang dapat berpengaruh dalam pembentukan nanopartikel CuO, diantaranya pH dan konsentrasi ekstrak tumbuhan. Pada artikel tersebut disebutkan pH optimum untuk sintesis nanopartikel CuO adalah pH alkalin sehingga diperlukan penggunaan variable pH untuk mengetahui pH optimum pada penelitian ini. Kemudian rasio volume ekstrak akan berpengaruh pada konsentrasi ekstrak tumbuhan yang digunakan saat sintesis. Penggunaan variable rasio bertujuan untuk mengetahui berapa rasio terbaik untuk menghasilkan nanopartikel CuO.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan penelitian, meliputi: preparasi rimpang kencur, ekstraksi rimpang kencur dan sintesis nanopartikel CuO. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi rimpang kencur yang diperoleh dari Pasar Rakyat Desa Panjerejo, Kecamatan Rejotangan Kabupaten Tulungagung, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (p.a., Merck), NaOH (p.a., Merck), akuades, air demineralisasi, dan etanol 96 %. Akuades digunakan untuk mencuci dan ekstraksi rimpang kencur, sedangkan air demineralisasi digunakan untuk sintesis.

Peralatan yang digunakan meliputi gelas ukur 100 mL (Pyrex), gelas beker 50 mL dan 100 mL (Pyrex), labu ukur 50 mL (Pyrex), corong kaca (pyrex), pipet tetes, kaca arloji, statif, klem, batang pengaduk, spatula, mortar, alu, magnet stirrer, termometer, oven (memmert), neraca analitik (Shimadzu) dengan ketelitian 0,0001 gram (g), magnetic stirrer dan hot plate, Erlenmeyer 100 mL (pyrex), penyaring Buchner, kertas saring, cawan penguapan, X-Ray Diffraction (XRD) PANalytical tipe X'Pert PRO, Scanning Electron Microscopes (SEM) FEI tipe Inspect-S50, UV-Vis Diffuse Reflectance Spectroscopy (UV-Vis DRS) dan Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Shimadzu tipe IR Prestige 21. Metode pengolahan data dilakukan menggunakan aplikasi OriginPro 2021b (64-bit) 9.8.5.204 (Learning Edition) dan aplikasi MAUD default.par.

2.1. Preparasi Kencur Kering

Preparasi kencur dilakukan dengan mencuci kencur hingga bersih menggunakan akuades. Langkah berikutnya kencur diiris tipis dan dianginkan hingga kencur kering selama 2 minggu. Pengerian tidak dilakukan dibawah sinar matahari langsung karena dikhawatirkan dapat merusak kandungan senyawa yang terdapat dalam rimpang kencur. Pengerian dilakukan dengan cara meratakan irisan rimpang kencur pada nampan dan dianginkan hingga kering yang ditandai dengan penyusutan ukuran irisan rimpang kencur. Setelah kering, dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi bubuk kencur.

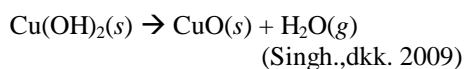
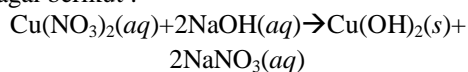
2.2. Ekstraksi Rimpang Kencur

Metode ekstraksi kencur merujuk pada penelitian Ali, dkk (2021) dengan menggunakan waktu dan suhu yang sama serta perbedaan pada penggunaan air demineralisasi, rasio ekstrak dengan air demineralisasi dan maserasi setelah proses pemanasan. Ekstraksi rimpang kencur dilakukan dengan memasukkan bubuk rimpang kencur ke dalam akuades dengan perbandingan massa rimpang kencur terhadap volume air demineralisasi 1:8. Selanjutnya campuran dipanaskan dan diaduk menggunakan dengan magnetic stirrer pada hotplate dengan temperatur 70 derajat celcius (70 °C) selama 30 menit. Selanjutnya campuran dimaserasi selama 30 menit kemudian disaring untuk memperoleh filtrat. Proses maserasi dilakukan dengan merendam bubuk rimpang kencur setelah pemanasan pada pelarutnya. Filtrat yang diperoleh kemudian disimpan pada suhu 4 °C.

2.3. Biosintesis Nanopartikel Tembaga Oksida (CuO)

Metode biosintesis nanopartikel tembaga oksida (CuO) merujuk pada penelitian Ali, dkk (2021) dan More, dkk (2021) dengan beberapa modifikasi. Biosintesis nanopartikel CuO dilakukan dengan mencampurkan ekstrak rimpang kencur dengan larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M dengan perbandingan 1:2; 1:4; 1:6; 1:8; dan 1:10 selama 5 menit. Pencampuran dilakukan menggunakan stirrer dengan ukuran magnet 3 cm dan kecepatan 600 rpm. Kemudian ditambahkan NaOH 2 M ketika ekstrak dan prekursor telah homogen hingga pH 11 disertai pengadukan dan pemanasan menggunakan magnetic stirrer pada temperatur 70 °C selama 2 jam. Campuran disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya endapan dicuci menggunakan air demineralisasi dan etanol hingga pH netral. Terakhir, padatan yang diperoleh dioven pada temperatur 100 °C selama 24 jam. Padatan yang diperoleh kemudian dikalsinasi dengan temperatur 450 °C selama 2 jam. Kalsinasi dilakukan dengan cara memasukkan padatan hasil biosintesis ke dalam furnace selama 2 jam dengan suhu konstan 450 °C.

Reaksi yang terjadi pada proses kalsinasi sebagai berikut :



Setelah dilakukan sintesis pada variasi rasio perbandingan volume ekstrak terhadap prekursor pada pH 11 akan diperoleh hasil optimum. Kemudian biosintesis dengan variasi rasio terbaik disintesis kembali pada pH 10 dan 12. Penentuan hasil optimum dilakukan dengan analisis dan pengolahan data menggunakan *software* OriginPro dengan cara membandingkan difraktogram hasil XRD dengan standar CuO.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Preparasi Rimpang Kencur

Rimpang kencur yang digunakan dipilih dengan ukuran sekitar ibu jari dengan kulit berwarna coklat dan tidak keriput. Rimpang kencur dicuci hingga kotoran yang menempel pada kulit rimpang kencur menghilang. Selanjutnya rimpang kencur dipotong tipis. Langkah selanjutnya adalah mengeringkan rimpang kencur yang sudah diiris tipis. Pengeringan dilakukan dengan cara mengangin-anginkan hingga kering dan ukuran rimpang kencur menyusut. Pengeringan dengan cara diangin-anginkan dilakukan untuk menghindari kerusakan senyawa dalam rimpang kencur akibat pemanasan di bawah matahari langsung atau pengovenan. Setelah rimpang kencur kering, dihaluskan menjadi bubuk yang berwarna coklat. Penghalusan rimpang kencur menjadi bubuk bertujuan untuk memperluas permukaan sehingga senyawa dalam kencur dapat terekstrak dengan baik. Proses pengeringan dan bubuk rimpang kencur ditunjukkan pada Gambar 1a dan 1b.



a. Pengeringan Rimpang Kencur



b. Bubuk Kencur

Gambar 1. Rimpang dan bubuk kencur

3.2. Ekstraksi Rimpang Kencur

Bubuk rimpang kencur yang akan diekstraksi ditimbang dengan perbandingan 1:8 dengan pelarut atau 12,5 gram bubuk rimpang kencur per 100 mL akuades. Bubuk rimpang kencur dimasukkan dalam pelarut akuades, kemudian campuran dipanaskan pada suhu 70 °C selama 30 menit. Selanjutnya campuran dimaserasi selama 30 menit. Maserasi bertujuan untuk memaksimalkan proses ekstraksi sehingga senyawa dalam rimpang kencur dapat terekstrak dengan baik. Langkah berikutnya, campuran disaring untuk memisahkan residu dengan ekstrak yang akan digunakan dalam biosintesis nanopartikel CuO. Pelarut yang digunakan dalam proses ini adalah air. Air dipilih sebagai pelarut dikarenakan ramah lingkungan. Ekstrak hasil penyaringan disimpan dalam lemari pendingin. Ekstrak rimpang kencur yang diperoleh berwarna kecoklatan yang ditunjukkan pada Gambar 2.



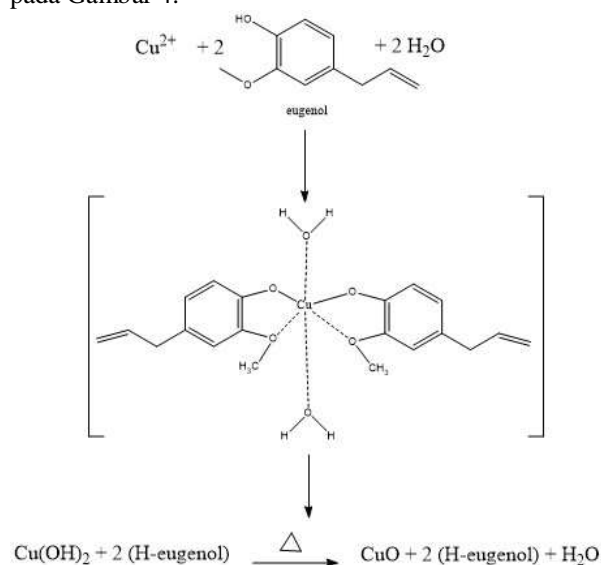
Gambar 2. Ekstrak Rimpang Kencur

3.3. Biosintesis Nanopartikel CuO Menggunakan Ekstrak Rimpang Kencur

Biosintesis nanopartikel CuO dilakukan dengan menggunakan ekstrak rimpang kencur dan prekursor $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Langkah pertama menambahkan ekstrak kencur pada rasio perbandingan 1:2; 1:4; 1:6; 1:8; dan 1:10 pada 50 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,5 M. Setelah tercampur rata, ditambahkan NaOH 2 M. Penambahan NaOH bertujuan untuk menaikkan pH campuran dari pH 4 menjadi pH 11. Campuran dipanaskan pada suhu 70 °C selama 2 jam. Pemanasan dilakukan pada suhu 70 °C bertujuan untuk menjaga kandungan

senyawa fenolik yang terkandung dalam ekstrak rimpang kencur supaya tidak rusak (Antony dan Farid, 2022).

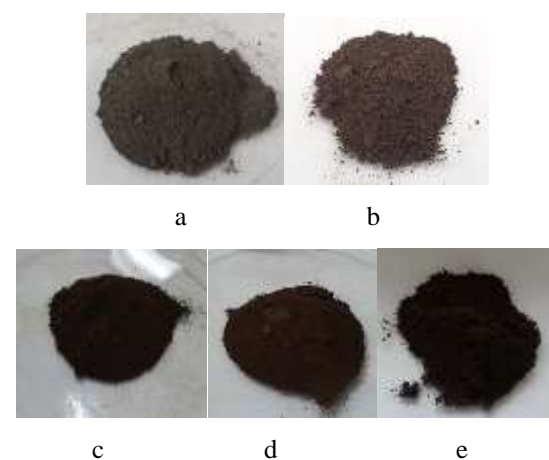
Mekanisme reaksi biosintesis ditunjukkan pada Gambar 3. Senyawa metabolit sekunder golongan polifenol dan alkaloid yang terkandung dalam ekstrak rimpang kencur berperan dalam proses *capping* dan stabilisasi nanopartikel CuO. Senyawa polifenol sebagai ligan polidentat berikatan dengan ion Cu^{2+} membentuk senyawa kompleks dan membentuk kluster. Pereaksian dalam kondisi basa menyebabkan ion OH^- berkoordinasi dengan ion Cu^{2+} yang mengontrol proses nukleasi nanopartikel (Siddiqui, dkk., 2020). Ion Cu^{2+} yang dikelilingi oleh senyawa golongan polifenol akan membentuk perisai pelindung guna membatasi pertumbuhan nanopartikel serta menjaga supaya tidak terjadi aglomerasi (Buazar, dkk., 2019). Saat dilakukan pemanasan, warna campuran yang mulanya berwarna biru berubah menjadi coklat tua kehitaman. Langkah berikutnya, dilakukan penyaringan dan pencucian menggunakan etanol dan air demineralisasi. Penggunaan air demineralisasi bertujuan untuk menetralkan pH campuran sedangkan etanol digunakan untuk melarutkan senyawa organik yang masih menempel pada endapan. Selanjutnya endapan dipanaskan dengan oven pada suhu 100°C selama 24 jam. Pengovenan bertujuan untuk menghilangkan kandungan air/dehidrasi. Sebagaimana reaksi pada Gambar 3, nanopartikel CuO terbentuk setelah terjadinya dekomposisi termal. Temperatur yang digunakan dalam dekomposisi $\text{Cu}(\text{OH})_2$ menjadi CuO adalah 423 K atau $158,85^\circ\text{C}$ (Cudennec dan Lecerf, 2003). Oleh karena itu, dilakukan kalsinasi pada temperatur 450°C selama 2 jam. Nanopartikel yang dihasilkan setelah kalsinasi berwarna hitam yang ditunjukkan pada Gambar 4.



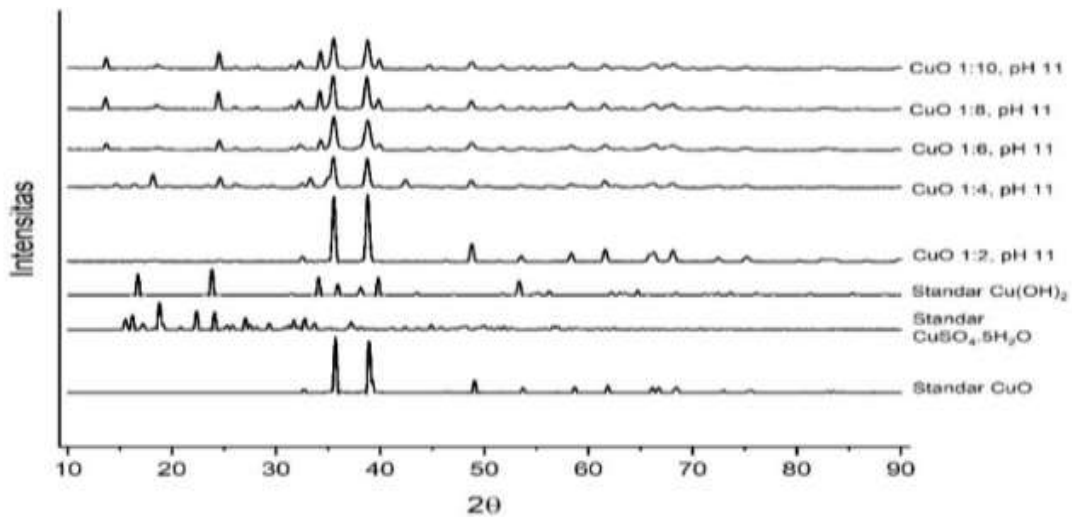
Gambar 3. Reaksi Biosintesis Nanopartikel CuO (Siddiqui, dkk., 2020)

Keberhasilan biosintesis nanopartikel CuO dapat diketahui dengan melakukan uji XRD (*X-Ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) (Ali, dkk., 2021). Pertama, senyawa yang diduga sebagai nanopartikel CuO diuji menggunakan XRD. Difraktogram XRD yang dihasilkan dibandingkan dengan standar CuO. Difraktogram ini dapat dijadikan sebagai acuan keberhasilan dalam sintesis karena setiap senyawa memunculkan puncak yang spesifik yang dapat dibandingkan dengan data standarnya. Difraktogram hasil XRD nanopartikel CuO hasil biosintesis menggunakan ekstrak rimpang kencur (*Kaempferia galanga*) dengan variasi rasio volume ekstrak terhadap volume prekursor : 1:2;1:4; 1:6; 1:8; dan 1:10 pada pH 11 ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan difraktogram XRD pada rasio volume ekstrak terhadap volume prekursor 1:2 yang menunjukkan hasil sesuai dengan standar CuO pada *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) No. 45-0937 (Sharma, dkk., 2021). Muncul puncak pada sudut 2θ dalam satuan derajat ($^\circ$): $32,5^\circ$; $35,5^\circ$; $38,77^\circ$; $46,3^\circ$; $48,77^\circ$; $53,48^\circ$; $58,28^\circ$; $61,55^\circ$; $66,28^\circ$; $66,28^\circ$; $68,04^\circ$; $72,44^\circ$; $75,08^\circ$; dan $82,77^\circ$.



Gambar 4. Nanopartikel CuO pada rasio: a. 1:2; b. 1:4; c. 1:6; d. 1:8; dan e. 1:10



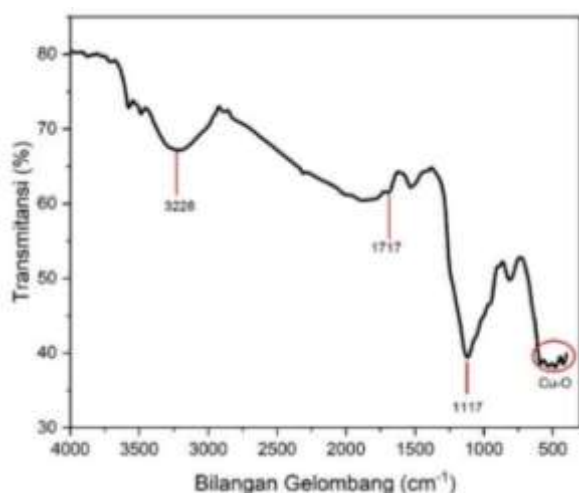
Gambar 5. Difraktogram Nanopartikel CuO pada Variasi Rasio Volume Ekstrak Rimpang Kencur Terhadap Volume Prekursor

Pembentukan nanopartikel CuO didukung oleh hasil analisis pada perbandingan 1:2 menggunakan *software* MAUD (*Material Analysis Using Diffraction*) yang menunjukkan kecocokan puncak-puncaknya dengan standar nanopartikel CuO mencapai $100\% \pm 0,939$. Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa puncak yang dihasilkan dengan standar memiliki kemiripan sehingga memiliki perbedaan yang relatif kecil dengan nilai persentase hasil *refinement* berkisar antara 99,061 hingga 100%. Pemberian variasi volume ekstrak terhadap volume prekursor dilakukan teknik

analisis yang sama dan menunjukkan adanya perbedaan persentase nanopartikel CuO yang terbentuk. Persentase nanopartikel CuO yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan data yang diperoleh melalui analisis menggunakan *software* MAUD, penggunaan variasi rasio 1:2 pada pH 11 memberikan hasil yang terbaik dibandingkan dengan data pada rasio 1:4; 1:6; 1:8; dan 1:10, dimana hasil nanopartikel CuO yang terbentuk terdapat pengotor berupa senyawa $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Tabel 1. Hasil Analisis Data Menggunakan *software* MAUD

Rasio Volume ekstrak terhadap prekursor	CuO (%)	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (%)	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ (%)
1:2	$100 \pm 0,93$	-	-
1:4	$77,83 \pm 2,41$	$22,16 \pm 3,76$	-
1:6	$97,85 \pm 2,19$	-	$2,15 \pm 0,93$
1:8	$99,13 \pm 0,29$	-	$0,87 \pm 0,48$
1:10	$94,94 \pm 3,15$	$2,68 \pm 1,4$	$2,39 \pm 1,21$

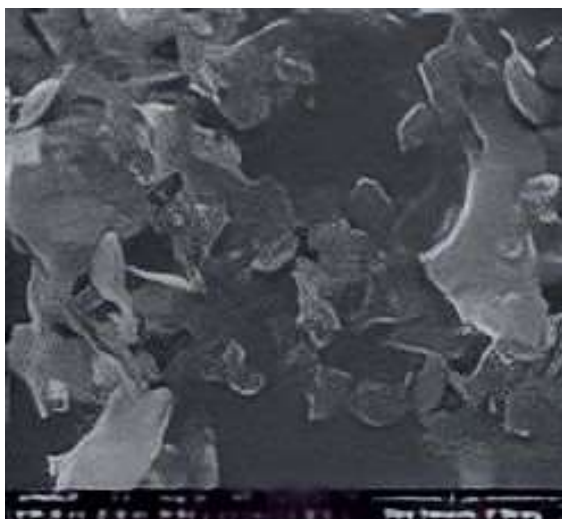


Gambar 6. Hasil Spektrum FTIR Nanopartikel CuO

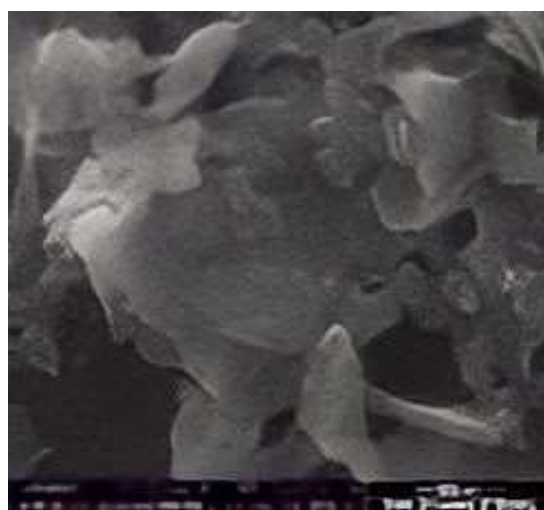
Keberhasilan biosintesis nanopartikel CuO juga ditunjukkan pada hasil analisis menggunakan instrumen spektroskopi FT-IR (*Fourier Transmission Infra Red*). Spektrum FTIR yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada nanopartikel CuO yang terbentuk. Setiap pita serapan memberikan informasi spesifik terhadap gugus fungsi suatu senyawa. Gambar 6 menunjukkan munculnya pita pada bilangan gelombang tertentu. Munculnya pita serapan dengan puncak melebar pada bilangan gelombang 3228 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur gugus fungsi hidroksil ($-\text{OH}$) yang dapat diperoleh dari senyawa fenolik dan tanin pada ekstrak rimpang kencur. Munculnya pita tajam pada

bilangan gelombang 1117 cm^{-1} menunjukkan vibrasi ulur ikatan C-N yang diperoleh dari senyawa asam amino dan alkaloid yang terkandung dalam ekstrak rimpang kencur. Munculnya pita pada bilangan gelombang 1717 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur C=O yang merupakan gugus fungsi karbonil dari senyawa kumarin pada ekstrak rimpang kencur. Munculnya pita pada daerah sidik jari 594 dan 469 cm^{-1} menunjukkan terbentuknya nanopartikel CuO (Ali, dkk., 2021).

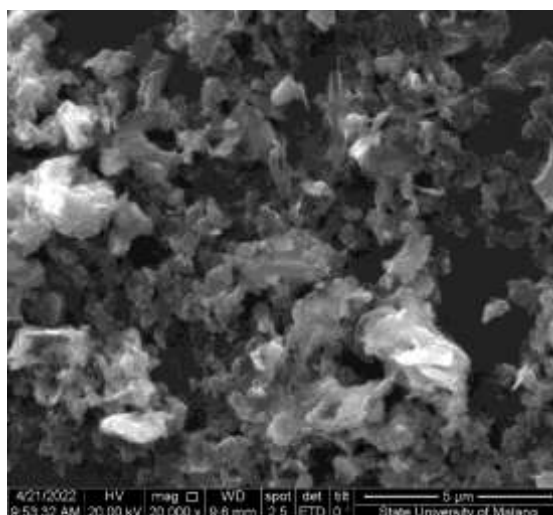
Pengamatan terhadap morfologi nanopartikel CuO hasil biosintesis digunakan instrumen SEM (*Scanning Electron Microscope*). Hasil karakterisasi menggunakan instrumen SEM nanopartikel CuO dapat dilihat pada Gambar 7 dengan perbesaran 20.000 (a), 50.000 (b), dan 100.000 (c). Ditunjukkan mikrograf SEM pada Gambar (7a) morfologi nanopartikel CuO hasil biosintesis menggunakan ekstrak rimpang kencur berbentuk kepingan yang saling menumpuk atau teraglomerasi. Aglomerasi dapat terjadi karena ekstrak bahan alam yang ditambahkan bersifat asam. Pada penelitian ini, ekstrak rimpang kencur memiliki pH 6. Kondisi bahan yang asam akan mengurangi tolakan sterik dan meningkatkan terbentuknya ikatan hidrogen (Khairunnisa, dkk., 2021). Pada penelitian Dayana., dkk (2021) sintesis nanopartikel CuO menggunakan ekstrak daun *Morinda citrifolia*, hasil SEM menunjukkan nanopartikel CuO berbentuk tidak teratur dan saling menumpuk dengan ukuran yang berbeda-beda/tidak seragam. Aglomerasi pada nanopartikel dapat terjadi yang mengakibatkan penurunan ukuran luas permukaan pada nanopartikel sehingga menurunkan energi bebasnya (Dayana., dkk. 2021).



a



b



c

Gambar 7. Mikrograf SEM Nanopartikel CuO

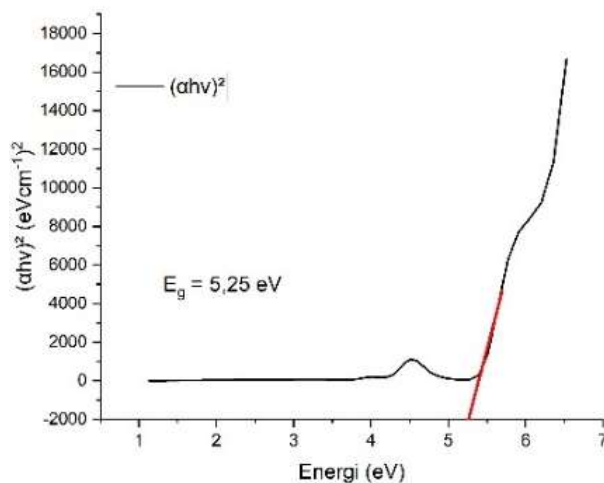
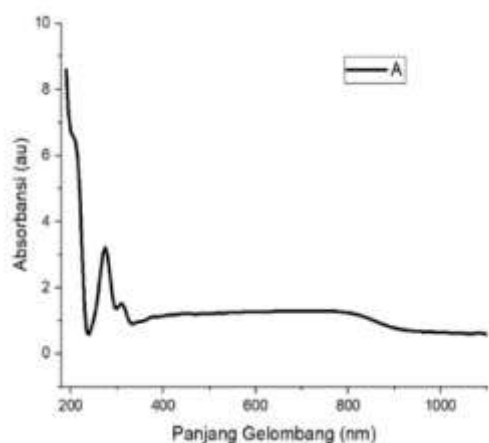
3.4. Energi Celah Pita Nanopartikel CuO

Pengujian nanopartikel CuO dengan UV-Vis bertujuan untuk mengetahui nilai energi celah pita yang berkaitan dengan sifat kelistrikan. Energi celah pita yang kecil memudahkan elektron melakukan transisi dari pita valensi menuju pita konduksi. Semakin kecil energy celah pita, maka semakin bagus sifat kelistrikannya. Sifat ini dapat dibedakan menjadi konduktor, semikonduktor dan isolator. Nanopartikel dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 190 – 1.100 nm. Spektrum serapan UV-

Perbedaan nilai energi celah pita dapat terjadi dikarenakan penurunan ukuran partikel yang menyebabkan peningkatan energi celah pita. Hal ini diperkuat dengan teori *Quantum Confinement Effect* dimana material nanopartikel CuO memerlukan energi yang lebih besar untuk

Vis ditunjukkan pada Gambar 8. Spektrum tersebut menunjukkan adanya puncak melebar pada panjang gelombang 225 - 305 nm dengan puncak maksimum pada 273 nm. Setelah diketahui nilai absorbansi dan puncak serapan nanopartikel CuO yang terbentuk, maka dapat dilakukan perhitungan energi celah pita menggunakan plot Tauc. Hasil perhitungan energi celah pita ditunjukkan pada Gambar 9 dan diketahui nilai energi celah pita sebesar 5,25 eV. Nilai tersebut lebih besar dari pada nilai energi celah pita *bulk* CuO yaitu ~ 1,21 - 1,55 eV (Tran & Nguyen, 2014).

melakukan transisi elektronik dari pita valensi ke pita konduksi sehingga nilai energi celah pita (*band gap*) lebih besar dari pada *bulk* CuO (Koshy dan George, 2014).



Gambar 8. Spektrum UV-Vis Nanopartikel CuO

3.4. Pengaruh Variasi pH Terhadap Ukuran Nanopartikel CuO

Data hasil XRD dianalisis menggunakan *software* OriginPro hingga diperoleh ukuran nanopartikel yang terbentuk. Ukuran nanopartikel dapat dipengaruhi oleh perbedaan pH campuran. Perbedaan ukuran nanopartikel CuO hasil biosintesis ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran Nanopartikel CuO Berdasarkan Perbedaan pH Campuran

pH Campuran	Ukuran Nanopartikel (nm)
10	24,4
11	23,8
12	22,7

Peningkatan pH campuran (pH alkalin) pada reaksi biosintesis menghasilkan ukuran nanopartikel yang lebih kecil. Merujuk pada penelitian Oza, dkk., (2020) pada pH rendah (asam) menyebabkan penurunan aktivitas senyawa dengan golongan karboksil yang terdapat dalam ekstrak galphimia berfungsi sebagai agen *capping*. Muatan total positif dari gugus karboksilat yang diperoleh dari kandungan senyawa fitokimia menghasilkan pertumbuhan partikel yang berukuran besar karena kurangnya kemampuan *capping*. Oleh karena itu, pereaksian pada pH rendah cenderung menyebabkan koagulasi pada inti yang berukuran lebih kecil yang akan membentuk koloid yang berukuran besar. Menurut Khairunnisa, dkk., 2021, penggunaan ekstrak tumbuhan yang berada dalam kondisi asam dapat mengurangi tolakan sterik dan meningkatkan pembentukan ikatan hidrogen antar partikel. Hal itu dikarenakan terjadinya proses deprotonasi gugus fungsi menurun sehingga menghasilkan nanopartikel yang berbentuk tidak seragam dan mengalami aglomerasi. Peningkatan pH (alkalin) memberikan stabilisasi efektif pada inti nanopartikel CuO sehingga menghambat pertumbuhan nanopartikel.

4. KESIMPULAN

Nanopartikel tembaga oksida (CuO) berhasil disintesis dengan metode biosintesis menggunakan ekstrak rimpang kencur yang dibuktikan dengan munculnya puncak pada difraktogram hasil karakterisasi menggunakan instrumen XRD dan pita pada daerah sidik jari 594 dan 496 cm^{-1} yang menunjukkan terbentuknya Cu-O. Penggunaan metode biosintesis dengan memanfaatkan ekstrak rimpang kencur menghasilkan nanopartikel CuO dengan morfologi lempengan/kepingan yang dapat dilihat pada SEM mikrograf serta diperoleh energi celah pita sebesar 5,25 eV. Peningkatan

Gambar 9. Energi Celah Pita Nanopartikel CuO

penambahan volume ekstrak meningkatkan nanopartikel CuO dengan standar dan penambahan pH menurunkan ukuran nanopartikel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Universitas Negeri Malang yang telah memberikan pendanaan PNBPN 2022 pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Y. (2019). *Sintesis Dan Karakterisasi Nanokomposit ZnO/Silika Aerogel*.
- Ajitha, B., Kumar Reddy, Y. A., Reddy, P. S., Jeon, H. J., & Ahn, C. W. (2016). Role of capping agents in controlling silver nanoparticles size, antibacterial activity and potential application as optical hydrogen peroxide sensor. *RSC Advances*, 6(42), 36171–36179. <https://doi.org/10.1039/c6ra03766f>
- Ali, H., Yesmin, R., Satter, M. A., Habib, R., & Yeasmin, T. (2018). Antioxidant and Antineoplastic Activities of Methanolic Extract of *Kaempferia galanga* Linn. Rhizome Against Ehrlich Ascites Carcinoma Cells. *Journal of King Saud University - Science*, 30(3), 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2017.05.009>
- Ali, M., Ijaz, M., Ikram, M., Ul-Hamid, A., Avais, M., & Anjum, A. A. (2021a). Biogenic Synthesis, Characterization and Antibacterial Potential Evaluation of Copper Oxide Nanoparticles Against *Escherichia coli*. *Nanoscale Research Letters*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-021-03605-z>
- Ali, M., Ijaz, M., Ikram, M., Ul-Hamid, A., Avais, M., & Anjum, A. A. (2021b). Biogenic Synthesis, Characterization and Antibacterial Potential Evaluation of Copper Oxide Nanoparticles Against *Escherichia coli*. *Nanoscale Research Letters*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s11671-021-03605-z>
- Antony, A., & Farid, M. (2022). Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. *Applied Sciences*, 12(4), 2107. <https://doi.org/10.3390/app12042107>
- Asem, satyavama D., & Laitonjam, W. S. (2014). Green synthesis of Ag nanoparticles using aqueous extract of *Kaempferia galanga* Linn. (Zingiberaceae) rhizomes. *Journal of Advances in Chemistry*, 5(1), 1324–1330. <http://>
- Buazar, F., Sweidi, S., Badri, M., & Kroushawi, F. (2019). Biofabrication of highly pure copper oxide nanoparticles using wheat seed extract and their catalytic activity: A mechanistic approach. *Green Processing and Synthesis*,

- 8(1), 691–702. <https://doi.org/10.1515/gps-2019-0040>
- Cudennec, Y., & Lecerf, A. (2003). The transformation of Cu(OH)₂ Into CuO. *Solid State Sciences*, 5, 1471–1474.
- Cuong, H. N., Pansambal, S., Ghotekar, S., Oza, R., Thanh Hai, N. T., Viet, N. M., & Nguyen, V. H. (2021). New frontiers in the plant extract mediated biosynthesis of copper oxide (CuO) nanoparticles and their potential applications: A review. *Environmental Research*, 203(August 2021), 111858. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111858>
- Dar, M. I., Chandiran, A. K., Grätzel, M., Nazeeruddin, M. K., & Shivashankar, S. A. (2014). Controlled synthesis of TiO₂ nanoparticles and nanospheres using a microwave assisted approach for their application in dye-sensitized solar cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 2(6), 1662–1667. <https://doi.org/10.1039/c3ta14130f>
- Dayana, K. S., Mani, R. J., & Durai, S. C. V. (2021). Morinda citrifolia leaf extract mediated green synthesis of copper oxide nanoparticles and its potential and antibacterial studies. *Rasayan Journal of Chemistry*, 14(2), 897–904. <https://doi.org/10.31788/RJC.2021.1426252>
- Dulta, K., Koşarsoy Ağçeli, G., Chauhan, P., Jasrotia, R., Chauhan, P. K., & Ighalo, J. O. (2022). Multifunctional CuO nanoparticles with enhanced photocatalytic dye degradation and antibacterial activity. *Sustainable Environment Research*, 32(1), 2. <https://doi.org/10.1186/s42834-021-00111-w>
- Etefagh, R., Azhir, E., & Shahtahmasebi, N. (2013). Synthesis of CuO nanoparticles and fabrication of nanostructural layer biosensors for detecting Aspergillus niger fungi. *Scientia Iranica*, 20(3), 1055–1058. <https://doi.org/10.1016/j.scient.2013.05.015>
- Habib, A., Jewena, N., Shahabuddin, A. K. M., Das, S. K., Islam Khandaker, J., & Ahmed, F. (2020). Hydrothermal Synthesis Of CuO Nanoparticle And A Study On Property Variation With Synthesis Temperature. *Journal of Applied and Fundamental Sciences JAFS/ISSN*, 6(2), 52.
- Kamarulzaman, N., Kasim, M. F., & Rusdi, R. (2015). Band Gap Narrowing and Widening of ZnO Nanostructures and Doped Materials. *Nanoscale Research Letters*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-015-1034-9>
- Khairunnisa, S., Wonoputri, V., & Samadhi, T. W. (2021). Effective Deagglomeration in Biosynthesized Nanoparticles: A Mini Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1143(1), 012006. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1143/1/012006>
- Koshy, J., & George, K. C. (2014). Annealing effects on crystallite size and band gap of CuO nanoparticles. *International Journal of Materials Physics*, 5(1), 35–42. <http://www.irphouse.com>
- Letchumanan, D., Sok, S. P. M., Ibrahim, S., Nagoor, N. H., & Arshad, N. M. (2021). Plant-based biosynthesis of copper/copper oxide nanoparticles: An update on their applications in biomedicine, mechanisms, and toxicity. *Biomolecules*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/biom11040564>
- Modan, E. M., & Plaiasu, A. G. (2020). Advantages and Disadvantages of Chemical Methods in the Elaboration of Nanomaterials. *The Annals of “Dunarea de Jos” University of Galati. Fascicle IX, Metallurgy and Materials Science*, 43(1), 53–60. <https://doi.org/10.35219/mms.2020.1.08>
- More, R. D., & Janrao, D. M. (2021). *Synthesis Of CuO Nanoparticles By Green Approach Using Zingiber Officinale (Ginger) And Study Of Its Antimicrobial Application*. 06, 3229–3232.
- Narasaiah, P., Mandal, B. K., & Sarada, N. C. (2017). Biosynthesis of Copper Oxide nanoparticles from Drypetes sepriaria Leaf extract and their catalytic activity to dye degradation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 263(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/263/2/022012>
- Oza, G., Calzadilla-Avila, A. I., Reyes-Calderón, A., Anna, K. K., Ramírez-Bon, R., Tapia-Ramirez, J., & Sharma, A. (2020). pH-dependent biosynthesis of copper oxide nanoparticles using Galphimia glauca for their cytocompatibility evaluation. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, 10(2), 541–550. <https://doi.org/10.1007/s13204-019-01159-2>
- Rabiee, N., Bagherzadeh, M., Kiani, M., Ghadiri, A. M., Etesamifar, F., Jaberizadeh, A. H., & Shakeri, A. (2020). Biosynthesis of copper oxide nanoparticles with potential biomedical applications. *International Journal of Nanomedicine*, 15, 3983–3999. <https://doi.org/10.2147/IJN.S255398>
- Sahoo, S., Parida, R., Singh, S., Padhy, R. N., & Nayak, S. (2014). Evaluation of yield, quality and antioxidant activity of essential oil of in vitro propagated Kaempferia galanga Linn. *Journal of Acute Disease*, 3(2), 124–130. [https://doi.org/10.1016/s2221-6189\(14\)60028-7](https://doi.org/10.1016/s2221-6189(14)60028-7)
- Sharma, S., Kumar, K., Thakur, N., Chauhan, S., & Chauhan, M. S. (2021). Eco-friendly Ocimum tenuiflorum green route synthesis of CuO nanoparticles: Characterizations on photocatalytic and antibacterial activities.

- Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(4), 105395.
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105395>
- Siddiqui, H., Qureshi, M. S., & Haque, F. Z. (2020). Biosynthesis of Flower-Shaped CuO Nanostructures and Their Photocatalytic and Antibacterial Activities. *Nano-Micro Letters*, 12(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s40820-019-0357-y>
- Silva, N., Ramírez, S., Díaz, I., Garcia, A., & Hassan, N. (2019). Easy, quick, and reproducible sonochemical synthesis of CuO nanoparticles. *Materials*, 12(5), 1–13. <https://doi.org/10.3390/MA12050804>
- Singh, D. P., Ojha, A. K., & Srivastava, O. N. (2009). Synthesis of different Cu(OH)₂ and CuO (nanowires, rectangles, seed-, belt-, and sheetlike) nanostructures by simple wet chemical route. *Journal of Physical Chemistry C*, 113(9), 3409–3418. <https://doi.org/10.1021/jp804832g>
- Singh, J., Dutta, T., Kim, K. H., Rawat, M., Samddar, P., & Kumar, P. (2018). “Green” synthesis of metals and their oxide nanoparticles: Applications for environmental remediation. *Journal of Nanobiotechnology*, 16(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/s12951-018-0408-4>
- Sumanth Kumar, D., Jai Kumar, B., & Mahesh, H. M. (2018). Quantum Nanostructures (QDs): An Overview. In *Synthesis of Inorganic Nanomaterials*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-101975-7.00003-8>
- Tran, T. H., & Nguyen, V. T. (2014). Copper Oxide Nanomaterials Prepared by Solution Methods, Some Properties, and Potential Applications: A Brief Review. *International Scholarly Research Notices*, 2014, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2014/856592>
- V, N. R., & Kaladhar, D. (2012). Biochemical and Phytochemical Analysis of The Medicinal Plant, Kaempferia Galanga Rhizome Extracts. *International Journal of Scientific Research*, 3(1), 18–20. <https://doi.org/10.15373/22778179/jan2014/6>
- Waris, A., Din, M., Ali, A., Ali, M., Afridi, S., Baset, A., & Ullah Khan, A. (2021). A comprehensive review of green synthesis of copper oxide nanoparticles and their diverse biomedical applications. *Inorganic Chemistry Communications*, 123(October 2020), 108369. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.108369>