

Biosintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs) Menggunakan Ekstrak Daun Kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.)

Biosynthesis and Characterization of Zinc Oxide Nanoparticles (ZnO-NPs) Using Kenitu Leaf Extract (*Chrysophyllum cainito* L.)

Fawaid Syamsul Arifin, Nazriati*

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Jalan Semarang No. 5, Malang, 65145, Indonesia

*Email: nazriati.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Nanopartikel merupakan materi yang memiliki sifat-sifat lebih unggul dibandingkan materi sejenis yang berukuran lebih besar ketika digunakan sebagai material mentah. Salah satu nanopartikel yang sedang menjadi tren dan memiliki banyak pengaplikasian adalah nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs). Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis ZnO-NPs dengan menggunakan ekstrak daun kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) serta mengetahui pengaruh komposisi ekstrak dan pH terhadap ukuran ZnO-NPs. Ekstrak daun kenitu dapat mencegah terjadinya aglomerasi selama sintesis nanopartikel karena mengandung senyawa-senyawa metabolit sekunder seperti antioksidan, dan polifenol. ZnO-NPs disintesis menggunakan tambahan metode ramah lingkungan dengan mereaksikan ekstrak daun kenitu dengan seng sulfat. Keberhasilan sintesis ditunjukkan oleh kemiripan puncak senyawa hasil sintesis terhadap puncak standar ZnO dalam analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dan didukung dengan adanya vibrasi Zn-O pada daerah 405-768 cm^{-1} dalam analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa ZnO-NPs relatif stabil pada panjang gelombang 308-330 nm dengan puncak serapan pada 317 nm dan energi bandgap 3,25 eV. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya vibrasi gugus karbonil dan hidroksi dari ekstrak daun kenitu. Hasil karakterisasi *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan ZnO-NPs yang disintesis menggunakan 10 mL ekstrak daun kenitu pada pH 7 dengan seng sulfat 0,15 M memiliki bentuk dominan bola dengan ukuran 14,10 nm. Berdasarkan hasil percobaan, penambahan ekstrak daun kenitu dapat menurunkan ukuran ZnO-NPs sedangkan penambahan pH campuran pada reaksi pembentukan ZnO-NPs dapat meningkatkan ukuran ZnO-NPs.

Kata kunci: biosintesis, daun kenitu, nanopartikel seng oksida

Abstract

Nanoparticles are materials that have superior properties compared to similar materials that are larger in size when used as raw materials. One of the nanoparticles that is trending and has many applications is zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs). This study aimed to synthesize ZnO-NPs using kenitu leaf extract (*Chrysophyllum cainito* L.) and determine the effect of extract composition and pH on the size of ZnO-NPs. Kenitu leaf extract can prevent agglomeration in the synthesis of nanoparticles because it contains secondary metabolites such as antioxidants and polyphenols. ZnO-NPs were synthesized using green method by reacting kenitu leaf extract with zinc sulfate. The success of the synthesis was indicated by the similarity of the peaks of the synthesized compounds to the standard peaks of ZnO in X-Ray Diffraction (XRD) analysis and supported by the presence of Zn-O vibrations in the 405-768 cm^{-1} region in Fourier Transform Infra-Red (FTIR) analysis. Analysis of UV-Vis spectra showed that ZnO-NPs were relatively stable at wavelength of 308-330 nm with an absorption peak at 317 nm and a bandgap energy of 3.25 eV. The results of FTIR characterization showed the presence of vibrations of the carbonyl and hydroxy groups in kenitu leaf extract. The results of the Scanning Electron Microscope (SEM) characterization showed that the ZnO-NPs synthesized using 10 mL kenitu leaf extract at pH 7 with 0.15 M zinc sulfate had predominantly spherical shape with a size of 14.10 nm. Based on experiment result addition of kenitu leaf extract may reduce the size of ZnO-NPs, while increase of mixture pH during formation reaction of ZnO-NPs may increase the size of ZnO-NPs.

Keywords: biosynthesis, kenitu leaf, zinc oxide nanoparticles

Pendahuluan

Seng oksida merupakan salah satu material yang banyak dikembangkan dalam beberapa dekade terakhir. Hal ini tak lepas dari berbagai sifat yang dimilikinya serta pengaplikasiannya yang luas seperti semikonduktor, antimikroba, aktivator vulkanisasi dan penyerapan UV [1]. Adanya nanoteknologi mampu meningkatkan sifat-sifat dari material tersebut (seperti sifat mekanik, sifat biologis, sterik, aktivitas katalitik, konduktivitas termal dan listrik, serta penyerapan optik) dibandingkan dengan molekul/atom tunggalnya [2–5]. Selain itu dimungkinkan untuk memodifikasi sifat-sifat nanopartikel dengan memanipulasi morfologi, meningkatkan luas permukaan, dan mengurangi ukuran nanopartikel. Adanya efek ukuran yang dinamakan *quantum size effect* dapat memperluas aplikasi nanomaterial tersebut [6].

Sintesis nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs) dapat dilakukan dengan metode kimia meliputi pengendapan, mikroemulsi, reduksi kimia, sol-gel, dan teknik hidrotermal serta metode fisik diantaranya berupa dekomposisi uap, plasma, dan iradiasi ultrasonik. Namun diantara kedua metode tersebut memiliki beberapa keterbatasan seperti penggunaan senyawa beracun, persyaratan suhu dan tekanan yang sangat tinggi, kebutuhan energi yang tinggi serta peralatan yang kuat sehingga meningkatkan biaya yang diperlukan [7]. Oleh karena itu dibutuhkan tambahan pendekatan lain untuk memperoleh ZnO-NPs yaitu menggunakan pendekatan biologis.

Pendekatan biologis merupakan pendekatan alternatif yang menarik dan mudah untuk diadopsi, salah satunya berupa biosintesis atau sintesis hijau karena dapat meminimalkan pembentukan limbah kimia, dimana nanopartikel disintesis menggunakan bantuan tumbuhan tingkat tinggi, alga, bakteri, ragi, maupun jamur melalui kapasitas reduktif metabolit yang ada dalam organisme tersebut [8]. Biosintesis dari ekstrak biologis telah menyebabkan terbentuknya ZnO-NPs yang menarik karena mudah, ramah lingkungan, hemat biaya, bebas dari produk samping yang tidak diinginkan dan menyediakan agen pengkelat alami, dimana ekstrak tumbuhan bertindak sebagai zat penahan dan penstabil nanopartikel yang terbentuk serta mencegah aglomerasi partikel [8–10].

Tumbuhan yang dapat digunakan dalam biosintesis ZnO-NPs salah satunya adalah kenitu. Kenitu sendiri telah banyak digunakan sebagai obat (mengurangi radang tenggorokan, obat diare, disentri, menghentikan pendarahan, radang, hingga obat gonorrhoe) [11]. Secara kimiawi kenitu kaya akan alkaloid, sterol, triterpen, flavonoid, tanin dan kuinon baik pada buah maupun daunnya. Namun karena kenitu merupakan buah musiman yang ketersediaannya terbatas maka dalam biosintesis ZnO-NPs yang dimanfaatkan daunnya. Bandeira et al. 2020 melaporkan penggunaan daun tanaman mampu menghasilkan ZnO-NPs dengan ukuran yang kecil dan bervariasi [6]. Kemudian penelitian yang telah

dilakukan Gao et al. (2020) mengungkapkan bahwa ukuran partikel serbuk ZnO menurun dengan meningkatnya konsentrasi ekstrak tumbuhan [12]. Perbedaan maupun penurunan ukuran tersebut disebabkan oleh banyak faktor terutama senyawa biologis sebagai agen pengkelatnya seperti flavonoid dan senyawa fenolik [13].

Pada penelitian sebelumnya telah dilaporkan keberhasilan sintesis nanopartikel paladium (Pd) dan perak (Ag) menggunakan ekstrak daun kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) [14, 15]. Selain itu Kandungan senyawa fenolik pada ekstrak daun kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) (52,13 mg/100 mg) bahkan lebih tinggi dibandingkan daun *S. Campanulata* (49,74 mg/100 mg) dan daun Biduri (*Calotropis gigantea*) (11,92 mg/100 mg) yang menghasilkan ZnO-NPs berukuran 30-50 nm [16]. Oleh karena itu biosintesis ZnO-NPs menggunakan daun kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.) berpotensi menghasilkan ZnO-NPs dengan ukuran yang relatif kecil dan dapat diaplikasikan pada berbagai bidang.

Teori

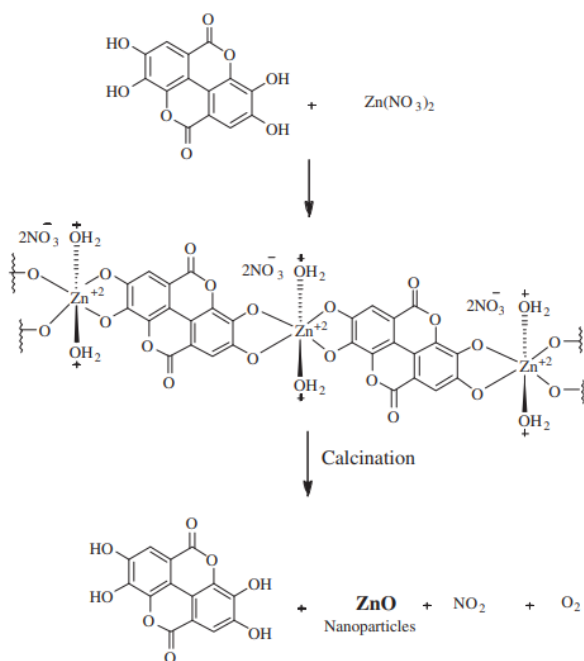
Pada umumnya masyarakat hanya memanfaatkan pohon kenitu dengan mengambil buahnya untuk dikonsumsi. Buah kenitu telah terbukti memiliki aktivitas antioksidan namun karena merupakan buah musiman maka ketersediaannya terbatas [17]. Selain buahnya, bagian pohon kenitu yang kaya antioksidan adalah pada daunnya. Berdasarkan penapisan fitokimia yang dilakukan oleh Koffi et al. (2009) menunjukkan bahwa ekstrak daun kenitu mengandung alkaloid, sterol dan triterpen yang berfungsi sebagai antioksidan sehingga digunakan sebagai ramuan tradisional anti diabetes oleh suku Aboude-Mandeki [18].

Hasil skrining fitokimia pada daun kenitu yang dilakukan oleh Roni et al. (2019) menunjukkan daun kenitu mengandung flavonoid, tanin dan kuinon dengan aktivitas antioksidan IC_{50} 10,81 ($\mu\text{g/mL/ppm}$), kandungan flavonoid tertinggi pada ekstrak daun kenitu dengan pelarut n-heksan (6,11 mg QE/100 mg), kandungan fenol tertinggi terdapat pada ekstrak daun kenitu dengan pelarut etanol 96% (52,13 mg GAE/100 mg) dan kandungan karotenoid tertinggi terdapat pada ekstrak daun kenitu dengan pelarut etil asetat (6,24 mg BE/100mg) [19]. Sementara hasil skrining fraksi fitokimia pada ekstrak air daun kenitu sendiri terdiri atas serat, alkaloid kuarter, alkaloid, terpenoid, fenolat, lemak dan lilin [20].

Senyawa-senyawa fitokimia yang terdapat dalam ekstrak daun kenitu tersebut berperan sebagai agen pengkelat alami sekaligus agen pereduksi yang memediasi biosintesis struktur nano seng oksida (ZnO). Adanya berbagai metabolit dalam ekstrak daun turut berkontribusi dalam perubahan ion seng menjadi ZnO berstruktur nano [21].

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaporkan oleh Yuvakkumar et al. (2014) senyawa polifenol dapat membentuk kompleks dengan kation

logam melalui gugus hidroksilnya yang berikatan dengan ion Zn^{2+} [13]. Kompleks ini kemudian dapat mengalami dekomposisi ketika dipanaskan dan membentuk nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs). Mekanisme sintesis ZnO-NPs melalui senyawa polifenol [13] dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme sintesis ZnO-NPs

Metodologi Penelitian

Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan penelitian meliputi daun kenitu, air demineralisasi, kertas saring, dan indikator pH universal (Machereil-Nagel). Bahan kimia berderajat p.a. yaitu padatan seng sulfat heptahidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) (merck), kristal natrium hidroksida (NaOH) (merck) dan etanol (C_2H_5OH) (merck). Peralatan penelitian meliputi spatula, kaca arloji, gelas kimia (Pyrex), gelas ukur 10 mL (Pyrex), pipet tetes, termometer, pinset, corong kaca (Pyrex), neraca analitik merk Shimadzu ATX224 dengan ketelitian 0.0001 gram, hot plate, magnetic stirrer, seperangkat alat Fourier Transform Infra-Red (FTIR) (Shimadzu IR Prestige 21), UV-Vis (Analytic Jena Specord 200 plus), X-Ray Diffraction (XRD) (Panalytical X'Per Pro), dan Scanning Electron Microscope (SEM) (FEI Inspect-S50).

Ekstraksi Daun Kenitu

Ekstraksi daun kenitu merujuk pada prosedur penelitian Bhuyan et al. (2015) dengan beberapa perubahan. Daun kenitu yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun kenitu tua (berwarna hijau) dari area perpustakaan Universitas Negeri Malang yang dikumpulkan selama bulan Januari hingga Maret 2022 (Gambar 2a). Daun kenitu melewati proses sortasi, pencucian, pengeringan, dan pematangan. Ekstrak tumbuhan (6,25% b/v) dibuat menggunakan aquades yang direbus pada suhu $80^\circ C$ selama 30

menit dan dimaserasi selama 30 menit lalu disaring. Filtrat hasil penyaringan digunakan untuk langkah berikutnya.

Biosintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs)

Biosintesis nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs) dengan menggunakan ekstrak daun kenitu merujuk pada prosedur penelitian Bhuyan et al. (2015). Biosintesis seng oksida (ZnO) dilakukan dengan cara mencampurkan 2,16 gram padatan seng sulfat heptahidrat dalam 50 mL aquademin disertai pengadukan selama 10 menit. Setelah campuran benar-benar larut sebanyak 2 mL, 4 mL, 6 mL, 8 mL, dan 10 mL ekstrak daun kenitu 6,25% dan natrium hidroksida (NaOH) 2M ditambahkan hingga pH campuran (7; 8; dan 9). Campuran diaduk terus menerus selama 2 jam hingga menghasilkan endapan putih. Endapan disaring dan dicuci berulang kali dengan air suling diikuti dengan etanol untuk menghilangkan pengotor. Endapan yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ selama 12 jam kemudian dikalsinasi dalam furnace pada suhu $450^\circ C$ selama 2,5 jam. Nanopartikel yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, Spektrofotometer UV-Vis, dan SEM.

Hasil

Ekstraksi Daun Kenitu

Proses ekstraksi tidak dilakukan pada suhu tinggi karena dapat merusak kandungan senyawa fitokimia didalamnya, sementara maserasi bertujuan untuk memaksimalkan proses ekstraksi [22]. Air digunakan sebagai pelarut dalam ekstraksi karena tidak menimbulkan efek yang berbahaya bagi manusia dan lingkungan sehingga selaras dengan konsep pendekatan hijau yang diusulkan. Berdasarkan penelitian Koffi et al. (2009) air hasil rebusan daun kenitu mengandung alkaloid, flavonoid, fenol, sterol dan triterpen [18]. Hasil ekstraksi daun kenitu dapat dilihat pada Gambar 2b.



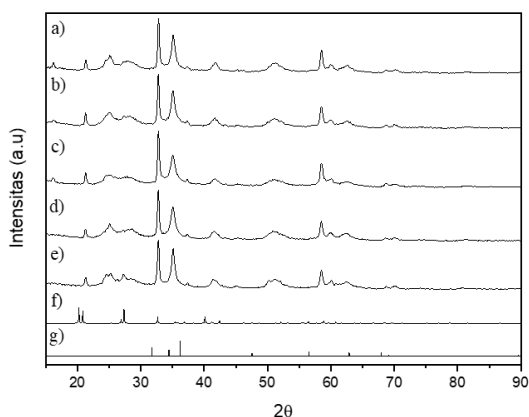
Gambar 2. (a) Daun kenitu, (b) Ekstrak daun kenitu

Biosintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs) Menggunakan Ekstrak Daun Kenitu

Biosintesis Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs) dilakukan menggunakan prekursor seng sulfat heptahidrat ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) dan ekstrak daun kenitu. Pada prosesnya penambahan prekursor $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,15 M dan ekstrak daun kenitu dilakukan di dalam beaker glass disertai pengadukan. Selanjutnya ditambahkan natrium hidroksida (NaOH) hingga pH

7. Menurut Singh et al. (2018) kondisi terbaik untuk biosintesis ZnO-NPs adalah ketika suasana larutan campuran netral yakni pada pH 7 dengan konsentrasi prekursor 0,15 M [23]. Ketika pH mencapai 7 larutan mulai keruh dan perlahan berubah menjadi koloid berwarna putih susu. Selanjutnya dilakukan pencucian menggunakan aquademin dan etanol untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik maupun pengotor yang tersisa.

Senyawa polifenol flavonoid maupun antioksidan dari ekstrak daun kenitu memiliki peran utama sebagai agen penstabil dalam biosintesis ZnO-NPs. Gugus fungsi dari senyawa-senyawa tersebut akan mengkelat ion-ion Zn^{2+} dan membentuk klaster. Klaster yang terbentuk selanjutnya akan mengalami pertumbuhan yang nantinya mempengaruhi ukuran partikel. Adanya gugus fungsi dari ekstrak daun kenitu mencegah terjadinya agregasi antar nanopartikel. Hal ini disebabkan oleh gaya tolak menolak antar muatan sejenis dari klaster yang disebabkan oleh ion Zn^{2+} yang terkelat bersama ekstrak daun kenitu dan adanya gugus OH^- yang berperan mengikat klaster seng oksida (Zn) sehingga *interface* partikel diselubungi ion-ion bermuatan negative [24]. Gugus fungsi yang terdapat pada ekstrak daun kenitu akan mengalami reaksi kompleksasi dengan Zn^{2+} . Ekstrak daun kenitu akan menjadi ligan dengan menyumbangkan pasangan elektron bebas pada orbital ion Zn^{2+} membentuk senyawa kompleks yang berukuran nano dan ZnO-NPs akan terbentuk setelah proses dekomposisi termal [25].

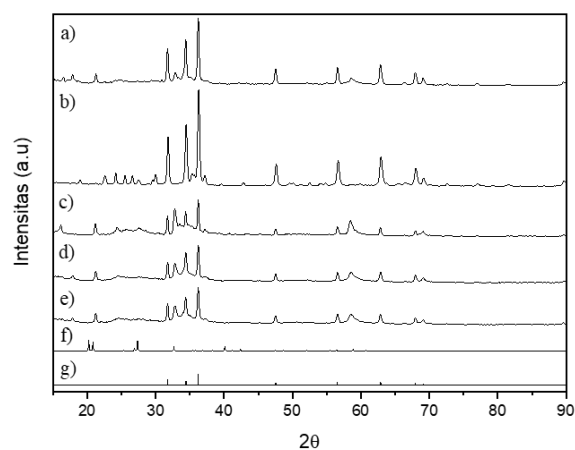


Gambar 3. Difraktogram ZnO-NPs sebelum dikalsinasi pada variasi penambahan komposisi ekstrak a) 2 mL, b) 4 mL, c) 6 mL, d) 8 mL, e) 10 mL, f) standar Zn(OH)₂, dan g) standar ZnO

Pemanasan pada oven pada suhu 100 °C menyebabkan terlepasnya H₂O yang masih tersisa membentuk uap air. Namun seng (II) hidroksida (Zn(OH)₂) belum mengalami dekomposisi. Zn(OH)₂ akan mulai mengalami dekomposisi pada suhu di atas 125°C. Kalsinasi pada suhu 450 °C akan memberikan energi pendorong yang dapat memutuskan ikatan Zn dan OH pada permukaan ataupun sisi ZnO. Selanjutnya membentuk radikal $Zn^{2+\bullet}$ dan OH^{\ominus} serta penyusunan ulang dan pembentukan nanopartikel

[26]. Hal ini juga dipertegas dengan hasil karakterisasi ZnO-NPs sebelum dan setelah kalsinasi menggunakan XRD. Puncak dari Zn(OH)₂ masih terlihat pada ZnO-NPs sebelum kalsinasi (Gambar 3) dan relatif tidak dominan setelah kalsinasi (Gambar 4).

Karakterisasi ZnO-NPs menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dari sintesis ZnO-NPs menggunakan daun kenitu. Berdasarkan difraktogram yang diperoleh pada ZnO-NPs sebelum kalsinasi (Gambar 3), terlihat puncak-puncak yang muncul pada sudut 2θ sesuai dengan difraktogram (g) standar ZnO menurut JCPDS No. 36-1451. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ZnO-NPs telah berhasil disintesis meskipun dari kelima difraktogram tersebut masih terdapat puncak-puncak yang sama dengan difraktogram (f) standar Zn(OH)₂ ICSD-50447. Sedangkan pada difraktogram ZnO-NPs setelah dikalsinasi pada suhu 450 °C (Gambar 4) puncak-puncak difraktogram standar Zn(OH)₂ ICSD-50447 tidak terlihat dominan dengan tingkat kemiripan terhadap standar ZnO dengan bentuk struktur *wurtzite* sebesar 95%-99% menggunakan *software* MAUD. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa hampir seluruh Zn(OH)₂ mengalami dekomposisi setelah proses kalsinasi.

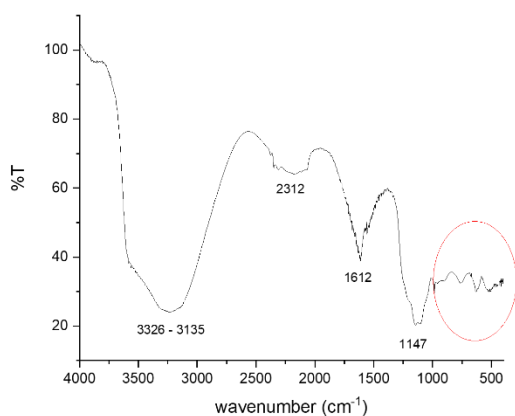


Gambar 4. Difraktogram ZnO-NPs setelah dikalsinasi pada variasi penambahan komposisi ekstrak a) 2 mL, b) 4 mL, c) 6 mL, d) 8 mL, e) 10 mL, f) standar Zn(OH)₂, dan g) standar ZnO

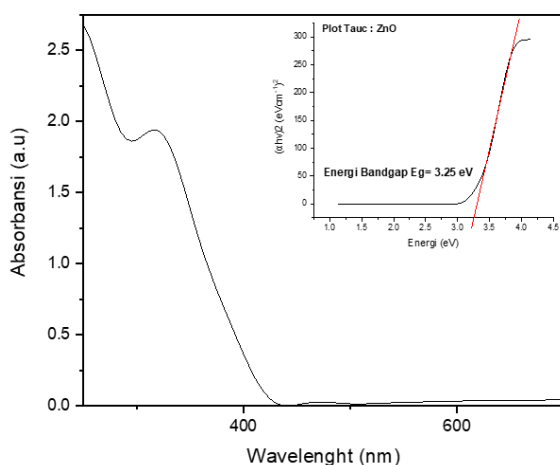
Adanya puncak Zn(OH)₂ pada difraktogram ZnO-NPs setelah dikalsinasi meskipun tidak dominan dimungkinkan karena kurangnya waktu pada proses kalsinasi sehingga Zn(OH)₂ yang terdapat dalam klaster ZnO masih tersisa. Hal ini didukung oleh hasil karakterisasi menggunakan FTIR (Gambar 5) yang menunjukkan bahwa spektrum gugus-gugus fungsi dari senyawa ekstrak yang mengkelat pembentukan nanopartikel ZnO masih muncul.

Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh (Gambar 5), terlihat puncak-puncak yang muncul pada daerah 405-768 cm⁻¹ yang sesuai dengan puncak standar ZnO karena terdapat vibrasi ZnO dari ikatan

Zn-O. Selain itu terdapat puncak-puncak utama pada 1147 cm^{-1} , 1612 cm^{-1} , 2312 cm^{-1} , dan 3326 cm^{-1} . Keberadaan gugus fungsi pada puncak 1147 cm^{-1} menunjukkan adanya C-H. Sementara puncak pada 1612 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus karbonil. Menurut Puspawati et al. (2012) pada puncak 2312 cm^{-1} mengindikasikan adanya CH_2 [27], menurut Chadijah et al. (2019) rentang $3135\text{--}3326\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus O-H pada polifenol atau protein/enzim atau polisakarida/karbohidrat [28]. Seluruh gugus fungsi dari hasil analisa data FTIR tersebut mengindikasikan masih adanya senyawa polifenol maupun antioksidan. Menurut Dhurhaniana et al. (2018) senyawa polifenol terdiri lebih dari satu fenol yaitu gugus hidroksi yang terikat pada cincin aromatis [29]. Adanya gugus hidroksi akan berperan sebagai agen penstabil dalam biosintesis ZnO-NPs.



Gambar 5. Spektrum FTIR ZnO-NPs.



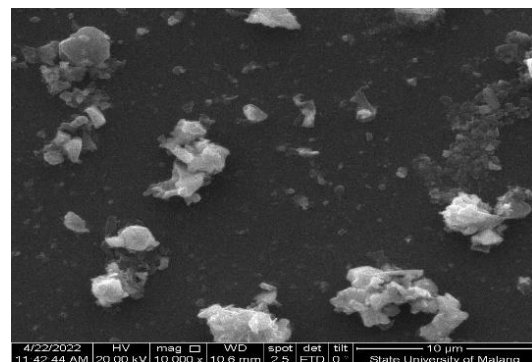
Gambar 6. Spektrum absorpsi UV-Vis dan cuplikan Plot Tauc ZnO-NPs

Abdallah et al. (2020) melaporkan bahwa gugus hidroksi berperan menjadi ligan yang akan mendonorkan pasangan elektron bebas pada orbital Zn^{2+} membentuk senyawa kompleks dalam *template* berukuran nano [30]. Senyawa kompleks tersebut terbentuk melalui ikatan kovalen koordinasi dimana ion logam akan bertindak sebagai asam Lewis dan

ligan sebagai basa Lewis. Selanjutnya ZnO-NPs akan terbentuk setelah proses dekomposisi termal.

Spektroskopi serapan UV-Vis digunakan untuk mengkarakterisasi serta memvalidasi pembentukan dan stabilitas nanopartikel logam dalam larutan berair, dimana ZnO-NPs memiliki spektrum serapan pada kisaran 300 hingga 400 nm [31]. ZnO-NPs yang disintesis saat ini menunjukkan pita serapan mulai dari 308 hingga 330 nm dengan puncak maksimum muncul pada 317 nm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Puncak serapan ZnO-NPs yang muncul pada 317 nm berkaitan dengan penyerapan celah pita intrinsik, dimana transisi elektron terjadi dari pita valensi ke pita konduksi. Celah pita ZnO dihitung dengan plot Tauc dan diperoleh 3,25 eV (inset dari Gambar 6), yang sesuai dengan literatur sebelumnya yakni dalam rentang 3,10-3,37 eV [31].

Karakterisasi berikutnya SEM pada perbesaran 10.000. Citra SEM sampel yang disintesis menggunakan $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,15 M dan dengan penambahan komposisi ekstrak 10 mL pada pH 7 ditunjukkan pada Gambar 7. Berdasarkan hasil perbesaran SEM (Gambar 7) menunjukkan bentuk-bentuk kluster ZnO-NPs yang dihasilkan diantaranya lembaran heksagonal, kubik dan bulat, dengan bulat sebagai bentuk kluster dominan. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan senyawa polifenol maupun antioksidan yang terdapat pada ekstrak daun kenitu yang berperan sebagai agen penstabil.



Gambar 7. Mikrograf SEM ZnO-NPs

Pengaruh Perbedaan Komposisi Ekstrak Daun Kenitu Terhadap Ukuran Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs)

Perbedaan komposisi ekstrak daun kenitu yang ditambahkan dalam sintesis nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs) mempengaruhi ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan perbedaan kadar fitokimia yang ditambahkan. Perbedaan ukuran ZnO-NPs dapat dilihat pada Tabel 1. Ukuran ZnO-NPs hasil sintesis cenderung lebih kecil seiring dengan bertambahnya komposisi ekstrak. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya penambahan komposisi ekstrak maka akan meningkatkan kandungan fitokimia yang ditambahkan dan berdampak pada meningkatnya ikatan hidroksil dari senyawa-senyawa fitokimia tersebut terhadap Zn^{2+} . Adanya ikatan hidroksil terhadap Zn^{2+} menyebabkan ion Zn^{2+} tidak

dapat bereaksi dengan ion lain sehingga ukuran dari ZnO-NPs akan lebih kecil. Hasil ini serupa dengan hasil yang diperoleh oleh Gao et al. (2020) yakni terjadi penurunan ukuran ZnO-NPs dari 20 nm menjadi 10 nm dengan meningkatnya komposisi ekstrak kulit jeruk sinensis [12].

Tabel 1. Ukuran ZnO-NPs pada variasi penambahan ekstrak daun kenitu

Penambahan Komposisi Ekstrak Daun Kenitu (mL)	Massa ZnO-NPs (g)	Ukuran ZnO-NPs (nm)
2	1,90	26,11
4	2,08	23,09
6	1,22	18,34
8	1,72	15,89
10	1,54	14,10

Pengaruh Perbedaan pH Campuran Terhadap Ukuran Nanopartikel Seng Oksida (ZnO-NPs)

Perbedaan pH campuran dalam sintesis nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs) mempengaruhi ukuran nanopartikel yang dihasilkan. Perbedaan ukuran ZnO-NPs dapat dilihat pada Tabel 2. Ukuran ZnO-NPs hasil sintesis cenderung lebih besar seiring dengan bertambahnya pH campuran. Hal ini dikarenakan terdapat pengaruh dari tolakan elektrostatis anion yang ada dalam media reaksi bila suasana campuran asam. Namun bila suasana campuran basa maka dimungkinkan terbentuk $Zn(OH)_2$ yang cenderung dominan dalam endapannya sehingga mempengaruhi ZnO-NPs yang dihasilkan. Oleh karena itu Singh et al. (2018) dalam penelitiannya mengusulkan pH optimum untuk biosintesis ZnO-NPs menggunakan daun *Ectolipta Alba* pada medium netral [23]. Saat suplai NaOH lebih banyak (pH tinggi), sebagai agen pereaksi pembentuk ZnO dari ion prekursor Zn^{2+} akan memberikan efek terhadap *coverage* pertumbuhan nanopartikel di atas substrat. Putra & Priyono (2015) menambahkan bahwa suplai NaOH yang berlebih justru akan menyebabkan aglomerasi pada pertumbuhan nanopartikel [32].

Tabel 2. Ukuran ZnO-NPs pada variasi pH campuran

pH campuran	Massa ZnO-NPs (g)	Ukuran ZnO-NPs (nm)
7	1,48	17,74
8	1,73	19,11
9	1,83	20,18

Kesimpulan

Biosintesis nanopartikel seng oksida (ZnO-NPs) menggunakan ekstrak daun kenitu bersifat ramah lingkungan. Mekanisme pembentukan ZnO-NPs melibatkan senyawa fitokimia dari ekstrak daun kenitu seperti antioksidan, dan polifenol yang bertindak sebagai agen pengkelat dan penstabil.

Keberhasilan sintesis berdasarkan analisis *X-Ray Diffraction* ditunjukkan dengan kemiripan puncak senyawa hasil sintesis terhadap puncak standar seng oksida (ZnO). Analisis terhadap spektra UV-Vis menunjukkan bahwa ZnO-NPs relatif stabil pada panjang gelombang 308-330 nm dengan puncak serapan pada 317 nm dan energi bandgap 3,25 eV. Hasil karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* menunjukkan adanya vibrasi gugus karbonil dan hidroksi dari ekstrak daun kenitu. Sedangkan hasil dari karakterisasi *Scanning Electron Microscope* menunjukkan ZnO-NPs yang disintesis menggunakan komposisi ekstrak daun kenitu 10 mL pada pH 7 dengan seng sulfat memiliki bentuk dominan bola dengan ukuran 14,10 nm. Penambahan komposisi ekstrak daun kenitu dapat menurunkan ukuran ZnO-NPs. Sedangkan penambahan pH campuran pada reaksi pembentukan ZnO-NPs dapat meningkatkan ukuran ZnO-NPs.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kepada Universitas Negeri Malang yang telah memberikan pendanaan PNBPN 2022 terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Y. Y. Chan, Y. L. Pang, S. Lim, and W. C. Chong, "Facile green synthesis of ZnO nanoparticles using natural-based materials: properties, mechanism, surface modification and application," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 4, pp. 105417, 2021.
- [2] S. K. Chaudhuri and L. Malodia, "Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of *Calotropis gigantea*: Characterization and its evaluation on tree seedling growth in nursery stage," *Applied Nanoscience*. vol.7, pp. 501-512, 2017.
- [3] R. Hajinasiri, B. Norozi, and H. Ebrahimzadeh, "Biosynthesis of ZnO nanoparticles using corn silk of *Zea Mays* L. extract," *Chem. Lett.*, vol. 45, no. 11, pp. 1238–1240, 2016.
- [4] R. L. Kalyani, P. P. N. Vijaykumar, S. V. N. Pammi, "Biosynthesis of silver nanoparticles using *Annona squamosa* leaf extract with synergistic antibacterial activity," *Indian J.* vol. 81, no. 6, pp. 1036-1044, 2019.
- [5] S. Yedurkar, C. Maurya, and P. Mahanwar, "Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using *Ixora coccinea* leaf extract—A green approach," *Open J. Synth. Theory Appl.*, vol. 5, pp. 1–14, 2016.
- [6] M. Bandeira, M. Giovanela, M. Roesch-Ely, D. M. Devine, and J. da S. Crespo, "Green synthesis of zinc oxide nanoparticles: A Review of the synthesis methodology and mechanism of formation," *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 15, pp. 1–10, 2020.
- [7] S. K. Chaudhuri and L. Malodia, "Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of

- Calotropis gigantea*: Characterization and its evaluation on tree seedling growth in nursery stage,” *Appl. Nanosci.*, vol. 7, no. 8, pp. 501–512, 2017.
- [8] M. N. Alharthi, I. Ismail, S. Bellucci, N. H. Khadary, and M. A. Salam, “Biosynthesis microwave-assisted of zinc oxide nanoparticles with *Ziziphus jujuba* leaves extract: Characterization and photocatalytic Application,” *Nanomaterials*, vol. 11, pp. 1628–1644, 2021.
- [9] T. Karnan and S. A. S. Selvakumar, “Biosynthesis of ZnO nanoparticles using rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) Peel extract and their photocatalytic activity on methyl orange dye,” *J. Mol. Struct.*, vol. 1125, pp. 358–365, 2016.
- [10] P. C. Nagajyothi, T. N. M. An, T. V. M. Sreekanth, J. Lee, D. J. Lee, and K. D. Lee, “Green route biosynthesis: Characterization and catalytic activity of ZnO nanoparticles,” *Mater. Lett.*, vol. 108, pp. 160–163, 2013.
- [11] I. Y. Ningsih, S. Zulaikhah, M. A. Hidayat, and B. Kuswandi, “Antioxidant Activity of various kenitu (*Chrysophyllum Cainito* L.) leaves extracts from Jember, Indonesia,” *Agric. Agric. Sci. Procedia*, vol. 9, pp. 378–385, 2016.
- [12] Y. Gao, D. XU, D. Ren, K. Zeng, and X. Wu, “Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Citrus sinensis* peel extract and application to strawberry preservation: A comparison study,” *LWT*, vol. 126, p. 109297, 2020.
- [13] R. Yuvakkumar, J. Suresh, A. J. Nathanael, M. Sundrarajan, and S. I. Hong, “Novel green synthetic strategy to prepare ZnO nanocrystals using rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel extract and its antibacterial applications,” *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 41, pp. 17–27, 2014.
- [14] A. J. Lagbas, J. B. Pelisco, and V. M. P. Riego, “Antibacterial activity of silver nano/microparticles in chitosan matrix prepared using *Mangifera indica* and *Chrysophyllum cainito* leaf extracts and its application in pineapple (*Ananas comosus*) polyester fabric,” *Indian J. Adv. Chem. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 7–13, 2016.
- [15] R. Majumdar, S. Tantayanon, and B. G. Bag, “Synthesis of palladium nanoparticles with leaf extract of *Chrysophyllum cainito* (star apple) and their applications as efficient catalyst for C–C coupling and reduction reactions,” *Int. Nano Lett.*, vol. 7, no. 4, pp. 267–274, 2017.
- [16] P. E. Ochieng, E. Iwuoha, I. Michira, M. Masikini, J. Ondiek, P. Githira and G. N. Kamau, “Green route synthesis and characterization of zno nanoparticles using *Spathodea campanulata*,” *Int. J. Biochem.*, vol. 23, pp. 53–61, 2015.
- [17] B. Ma’arif, A. Aditama, R. Muti, W. Sidha Bhagawan, and R. Amiruddin, “Metabolite profile of *Chrysophyllum cainito* L. leaves extract with solvent variation using UPLC-QTOF-MS/MS,” *J. Tumbuh. Obat Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 10–24, 2019.
- [18] N. Koffi, K. . Amoikon, M. . Tiebre, B. Kadja, and G. . Zirihi, “Effect of aqueous extract of *Chrysophyllum cainito* leaves on the glycaemia of diabetic rabbits,” *Pharm. Pharmacol.*, vol. 3, no. 10, pp. 501–506, 2009.
- [19] A. Roni, L. Fitriani, and L. Marliani, “Penetapan kadar total flavonoid, fenolat, dan karotenoid, serta uji aktivitas antioksidan dari daun dan kulit batang tanaman kenitu (*Chrysophyllum cainito* L.),” *J. Sains dan Kesehatan.*, vol. 2, no. 2, pp. 83–88, 2019.
- [20] S. Shailajan and D. Gurjar, “Pharmacognostic and phytochemical evaluation of *Chrysophyllum cainito* Linn. Leaves,” *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 106–111, 2014.
- [21] T. Bhuyan, K. Mishra, M. Khanuja, and R. Prasad, “Biosynthesis of Zinc Oxide nanoparticles from *Azadirachta Indica* for antibacterial and photocatalytic applications,” *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 32, pp. 55–61, 2015.
- [22] S. Zulaikhah, “Uji aktivitas antioksidan, polifenol, dan flavonoid ekstrak air, aseton, etanol beberapa varian daun kenitu (*Chrysophyllum Cainito* L.) dari daerah jember,” Skripsi, Universitas Jember: Jember, 2015.
- [23] A. K. Singh, P. Pal, V. Gupta, T. P. Yadav, V. Gupta, and S. P. Singh, “Green synthesis, characterization and antimicrobial activity of zinc oxide quantum dots using *Eclipta alba*,” *Mater. Chem. Phys.*, vol. 203, pp. 40–48, 2018.
- [24] J. Tournebize, A. Boudier, O. Joubert, H. Eidi, G. Bartosz, P. Maincent, P. Leroy and A. Sapin-Minet, “Impact of gold nanoparticle coating on redox homeostasis,” *Int. J. Pharm.*, vol. 438, pp. 107–116, 2012.
- [25] W. L. White and P. Wilson, *Chapter 2 - World Seaweed Utilization*,” in Brijesh K. Tiwari and D. J. Troy, *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*, San Diego: Academic Press, 2015, pp. 7–25.
- [26] Y. Wu, A. Tok, F. Boey, X. Zeng, and X. Zhang, “Surface modification of ZnO nanocrystals,” *J. Appl. Surf. Sci.*, vol. 253, pp. 5473–5479, 2007.
- [27] N. M. Puspawati, I. N. Simpen, and S. N. Miwada, “Isolasi gelatin dari kulit kaki ayam broiler dan karakterisasi gugus fungsinya dengan spektrofotometri FTIR,” *J. Kim.*, vol. 6, no. 1, pp. 79–87, 2012.
- [28] S. Chadijah, M. Baharuddin, and F. Firnanely, “Potensi instrumen FTIR dan GC-MS dalam mengkarakterisasi dan membedakan gelatin lemak ayam, itik dan babi,” *Al-Kimia*, vol. 7,

- no. 2, pp. 126–135, Dec. 2019.
- [29] C. E. Dhurhanian and A. Novianto, “Uji kandungan fenolik total dan pengaruhnya terhadap aktivitas antioksidan dari berbagai bentuk sediaan sarang semut (*Myrmecodia pendens*),” *J. Farm. dan Ilmu Kefarmasian Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 62–68, 2018.
- [30] Y. Abdallah, M. Liu, S. O. Ogunyemi, T. Ahmed, H. Fouad, A. Abdelazez, C. Yan, Y. Yang, J. Chen, and B. Li “Bioinspired green synthesis of chitosan and zinc oxide nanoparticles with strong antibacterial activity against rice pathogen *Xanthomonas oryzae pv. oryzae*,” *Molecules*, vol. 25, no. 20, pp. 4795–4812, 2020.
- [31] K. Davis, R. Yarbrough, M. Froeschle, J. White, and H. Rathnayake, “Bandgap engineered zinc oxide nanostructures via a sol-gel synthesis of solvent driven shape-controlled crystal growth,” *RSC Adv.*, vol. 9, no. 26, pp. 14638–14648, 2019.
- [32] K. P. Putra and P. Priyono, “Kajian sifat struktur kristal pada bahan barium heksaferit yang ditambah variasi Fe_2O_3 menggunakan analisis rietveld,” *Youngster Phys. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 164–172, Apr. 2015.