



Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Using Extract Tomato (*Solanum lycopersicum*) As Capping Agent and Its Antioxidant Activity

Sintesis Nanopartikel ZnO menggunakan Capping Agent Ekstrak Buah Tomat (*Solanum lycopersicum*) dan Studi Aktivitas Antioksidannya

Glory Angelina, Demi Dama Yanti*, Arif Ashari, Ahmad Angraria Jaya Agung, Aditya Ayuwulanda

Program Studi Kimia, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera

* Corresponding author: demi.damayanti@ki.itera.ac.id

Received: September 1, 2023 Accepted: April 26, 2024 Published: April 30, 2024

ABSTRACT

Zinc oxide (ZnO) nanoparticles are one of the most widely studied nanoparticles for various applications and other alternatives because of their unique properties. The uniqueness of these properties depends on the technique used to synthesize ZnO nanoparticles. This study aims to synthesize ZnO nanoparticles using tomato crude extract as a capping agent and to analyze the antioxidant activity of ZnO nanoparticles using DPPH and ascorbic acid as standard solutions. The synthesized powder of ZnO nanoparticles was characterized using XRD and SEM. The results obtained for the crystal size of the capping agent and without the capping agent were 20,59 nm and 24,71 nm according to JCPDS No. 00-036-1451. The particle size of ZnO using tomato extract as a capping agent is 43.32 nm which indicates that the particles are in the nanosize range and are spherical in shape. The IC₅₀ yield of ZnO nanoparticles using a capping agent was 133,96 mg/L which indicated that ZnO nanoparticles had moderate antioxidant activity.

Keywords: ZnO nanoparticles, capping agent, tomato extract, and Antioxidant.

PENDAHULUAN

Perkembangan nanoteknologi menarik banyak perhatian pada ilmu teknologi dan pengetahuan di masa kini dan mendatang (Zulaicha et al., 2021). Hal ini menandakan bahwa dunia sekarang sedang mengarah pada revolusi nanoteknologi. Salah satu nanoteknologi yang berkembang pesat yaitu sintesis nanopartikel. Nanopartikel berbasis logam seperti perak, titanium oksida, emas, seng oksida, tembaga, dll telah dipelajari secara ekstensif karena sifat karakteristiknya yang

unik (Faizan et al., 2021). Nanopartikel ZnO merupakan salah satu nanopartikel yang banyak dipelajari untuk berbagai aplikasi dan alternatif lainnya.

ZnO telah dikenal baik dalam berbagai aplikasi karena sifatnya yang unik. Menurut USFDA (US Food and Drug Administration) bahwa bahan seng oksida tidak beracun dan memiliki biaya yang relatif rendah (Vijayakumar et al., 2019). Keunikan sifat tersebut bergantung pada teknik sintesisnya yaitu metode kimia dan fisika yang telah banyak

dipelajari dalam pembuatan nanopartikel ZnO. Namun metode tersebut memiliki beberapa kelemahan seperti perlu dilakukan pada suhu dan tekanan yang tinggi, peralatan yang mahal, dan menggunakan bahan-bahan kimia beracun yang membahayakan (Sari et al., 2021). Maka dari itu, penelitian ini melakukan pendekatan biologi pada tanaman yang dikenal dengan biosintesis. Metode ini tentunya dianggap lebih ramah lingkungan dan prosesnya yang sederhana.

Buah tomat adalah salah satu jenis tanaman yang dapat digunakan untuk biosintesis. Selain sebagai salah satu produk hortikultura yang memiliki prospek pasar yang luas dan berpotensi menyehatkan (Mu'nisa, 2012). Hal itu didukung karena buah tomat memiliki kandungan polifenol, karotenoid, dan vitamin C (Eveline et al., 2014). Ekstrak dari tomat ini dapat berfungsi sebagai *capping agent* untuk mencegah adanya aglomerasi partikel.

Nanopartikel ZnO adalah salah satu oksida logam yang unggul dalam hal biokompatibilitas dan selektivitas dibandingkan oksida logam lainnya. Nanopartikel ZnO memiliki aplikasi yang luas dalam bidang antimikroba, lingkungan, antivirus serta antioksidan (Ramesh et al., 2022). Pada penelitian kali ini akan memanfaatkan salah satu aktivitasnya nanopartikel ZnO sebagai antioksidan. Antioksidan berperan penting untuk mencegah adanya stress oksidatif. Stress oksidatif dapat terjadi karena adanya ketidakseimbangan antara radikal bebas dan antioksidan. Radikal bebas dapat menyebabkan penyakit seperti kanker, kardiovaskular, peradangan, dan lainnya (Menon et al., 2018).

Kebutuhan agen antioksidan dapat dimanfaatkan untuk menangkal masalah-masalah karena radikal bebas. Tindakan perlindungan dapat dilakukan untuk mencegah salah satu penyakit kulit yang disebabkan oleh paparan sinar UV yang berlebihan dan memicu adanya stress oksidatif (Osmond & McCall, 2010). Antioksidan dapat digunakan untuk meningkatkan efek fotoproteksi pada kulit dan seperti yang diketahui bahwa senyawa antioksidan sudah paling umum digunakan untuk tabir surya komersial (Jesus et al., 2023). Nanopartikel ZnO pun telah banyak diteliti keefektifannya sebagai tabir surya. Pada literatur sebelumnya membuktikan bahwa ZnO memiliki potensi antioksidan (Das et al., 2013; Shabbir et al., 2023). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa biosintesis nanopartikel perak menggunakan tomat sebagai aktivitas

biologis (Zia et al., 2017) dan biosintesis nanopartikel emas menggunakan tomat sebagai sensor kalorimetri berhasil dilakukan (Barman et al., 2013). Berdasarkan paparan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk sintesis nanopartikel ZnO dengan ekstrak kasar tomat, mendapatkan pembentukan ZnO Nps yang optimum, terhadap karakteristik nanopartikel ZnO yang dihasilkan oleh UV-Vis, XRD, dan SEM dan menganalisis aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO menggunakan DPPH dan vitamin C sebagai larutan standar.

METODOLOGI

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tomat, larutan seng nitrat $ZnCl_2$ (*Merck*) NaOH (*Merck*), akuades, DPPH (*2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl*), etanol, asam askorbat (*Merck*), dan metanol p.a.

Alat

Pada penelitian ini peralatan sintesis yang digunakan adalah gelas kimia 250 mL, gelas braker 100 mL, gelas ukur 50 mL, pipet tetes, kertas saring *whattman* no. 42, labu ukur 10 mL, labu ukur 100 mL, botol vial, blender, *magnetic stirrer*, termometer, pH universal, aluminium foil, *hot plate*, neraca analitik, corong buchner dan vakum, labu takar 50 dan 100 mL, oven, sentrifugasi, tabung *centrifuge*, tabung reaksi, rak tabung, mikropipet 1000 μ L dan tip. Sedangkan alat karakterisasi meliputi spektrofotometer UV-Vis merk Thermo Scientific yang berada di Laboratorium Kimia ITERA, XRD merk Malvern Panalytical dengan sumber radiasi logam Cu, dan SEM merk INSPECT F50 dengan perbesaran 50.000 kali dan 100.000 kali. Karakterisasi XRD dan SEM dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi dan Material (DTMM) Universitas Indonesia.

Prosedur

Ekstraksi Tomat

Preparasi sampel dilakukan dengan mengikuti metode Zia dkk. (Zia et al., 2017) dengan berbagai modifikasi. Buah tomat diperoleh dari pasar Jatimulyo, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung. Buah Tomat berwarna merah yang segar dicuci dengan akuades sebanyak 3 kali. Kemudian sampel yang telah dicuci ditimbang seberat 40 g dan ditambahkan 200 mL akuades. Setelah itu diblender sampai larut dan dipanaskan pada suhu 40 °C selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Ekstrak disaring menggunakan

kertas saring dan vakum. Setelah itu ekstrak disimpan dalam lemari pendingin pada suhu -4°C untuk digunakan lebih lanjut.

Uji Flavonoid

1. Pereaksi Wilstater

2 mL ekstrak kasar tomat diambil dan dimasukkan ke dalam botol vial. Kemudian ditambahkan 1 cm pereaksi pita (Mg) dan 3 tetes asam klorida pekat (HCl), reaksi positif jika terjadi perubahan warna.

2. Pereaksi NaOH 10%

2 mL ekstrak kasar tomat ditambahkan dengan beberapa tetes pereaksi NaOH 10%, reaksi positif jika terjadi perubahan warna.

Uji Tanin

Sampel dididihkan dan ditambahkan dengan beberapa tetes FeCl_3 1% hingga terjadi perubahan warna.

Uji Saponin

Ekstrak kasar tomat yang terdapat di botol vial dipanaskan sampai mendidih dan didiamkan selama 15 menit, amati perubahan yang terjadi.

Sintesis Nanopartikel ZnO

Nanopartikel ZnO dibuat menggunakan ekstrak tomat. Setelah preparasi ekstrak tomat, 25 mL larutan ekstrak tomat ditambahkan dengan 50 mL seng klorida (ZnCl_2) (0,2 M). Larutan didiamkan di atas *magnetic stirrer* selama 2 jam. Kemudian larutan natrium hidroksida (NaOH) (0,2 M) ditambahkan tetes demi tetes ke dalam larutan hingga pH mencapai 12 dengan suhu 50°C . Pembentukan endapan berwarna merah muda setelah inkubasi ini akan mengkonfirmasi adanya nanopartikel ZnO. Endapan diperoleh dengan melakukan sentrifugasi pada 8.000 rpm selama 10 menit. Endapan dicuci untuk menghilangkan ion pengotornya dengan etanol dan akuades sebanyak 3 kali untuk menghilangkan ion pengotornya. Selanjutnya filtrat dikeringkan pada suhu 125°C di oven selama 5 jam. Nanopartikel ZnO yang terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), spektrofotometer UV-Vis, dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Pembuatan Larutan DPPH

Serbuk DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) seberat 4 mg ditimbang kemudian dilarutkan ke dalam 25 mL metanol sehingga didapatkan larutan DPPH dengan konsentrasi

160 mg/L. Setelah itu larutan disimpan dalam botol reagen gelap dan dilindungi dengan *aluminium foil*.

Pembuatan Larutan Stok Sampel

Nanopartikel seng klorida (ZnCl_2) seberat 10 mg dilarutkan dengan 10 mL metanol. Kemudian campuran dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam botol reagen gelap sehingga didapatkan larutan stok sebanyak 1000 mg/L.

Pembuatan Larutan Standar

Asam askorbat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) seberat 10 mg ditimbang lalu dilarutkan dalam 10 mL metanol kemudian dimasukkan ke dalam botol reagen gelap, sehingga didapatkan larutan stok dengan konsentrasi 1000 mg/L.

Uji Antioksidan Larutan Blanko

Larutan induk DPPH masukkan ke dalam tabung reaksi dan diinkubasi dalam botol vial gelap selama 30 menit. Larutan kontrol selanjutnya diukur serapannya pada gelombang maksimum 517 nm menggunakan spektrofotometer Uv-Visibel.

Uji Antioksidan Larutan Uji

Larutan sampel dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi yang sudah dilapisi dengan aluminium foil secara berturut-turut sejumlah 50, 125, 250, 100, dan 200 μL kemudian ditambahkan metanol secara berturut-turut sejumlah 3950, 3875, 3750, 3500, 3000 μL . Setelah itu ke dalam lima larutan tersebut ditambahkan larutan DPPH masing-masing 1000 μL sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 10, 25, 50, 100, dan 200 mg/L. Selanjutnya, larutan diinkubasi selama 30 menit dalam ruangan gelap dan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 517 nm.

Uji Antioksidan Larutan Standar

Larutan asam askorbat dimasukkan ke dalam 5 tabung reaksi yang sudah dilapisi dengan aluminium foil secara berturut-turut sejumlah 200, 400, 600, 800, dan 1000 μL kemudian ditambahkan metanol secara berturut-turut sejumlah 3800, 3600, 3450, 3200, 2000 μL . Setelah itu kelima larutan tersebut ditambahkan larutan DPPH masing-masing 1000 μL sehingga didapatkan larutan dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L. Larutan selanjutnya diinkubasi selama 30 menit dalam ruangan gelap dan diukur serapannya

menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 517 nm.

Penentuan Persen Inhibisi

Aktivitas penangkal radikal bebas diekspresikan sebagai persen inhibisi yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ inhibition} = \frac{(A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}})}{(A_{\text{blank}})} \times 100\%$$

Penentuan Nilai IC_{50} (Inhibitory Concentration)

Konsentrasi sampel dan persen inhibisinya diplot masing-masing pada sumbu x dan y pada persamaan regresi linier. Persamaan tersebut digunakan untuk menentukan nilai IC_{50} dari masing-masing sampel dinyatakan dengan nilai y sebesar 50 dan nilai x yang akan diperoleh sebagai IC_{50} .

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi Tomat

Ekstraksi adalah proses pemisahan suatu zat yang dilakukan terhadap dua cairan yang tidak saling larut dan berbeda kepolaran (Badaring et al., 2020). Proses ekstraksi khususnya ditujukan untuk bahan yang berasal dari tumbuhan menggunakan pelarut tertentu. Tahap awal proses ini adalah preparasi tumbuhan yang dipilih seperti pengeringan dan penghalusan bagian tumbuhan yang akan diekstraksi (Ibrahim et al., 2016). Pada penelitian ini, preparasi buah tomat dilakukan dengan memotong daging tomat sehingga didapatkan potongan yang berwarna merah terang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil ekstraksi didapatkan berupa filtrat tomat yang berwarna merah.



Gambar 1. Tomat yang sudah dipreparasi

Uji Fitokimia

Uji fitokimia adalah metode pengujian awal yang bertujuan untuk menentukan kandungan senyawa aktif. Metode skrining fitokimia dengan melihat reaksi sampel dengan suatu

pereaksi (Saragih & Arsita, 2019). Skrining fitokimia pada penelitian ini dalam bentuk basah meliputi pemeriksaan kandungan senyawa flavonoid, tanin dan saponin. Kandungan senyawa tersebut bertujuan untuk mencegah adanya aglomerasi pada nanopartikel ketika sintesis berlangsung. Hasil uji fitokimia pada buah tomat adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia

Metabolit sekunder	Pengujian	Pengamatan	Hasil
Flavonoid	NaOH 10%	Merah mudah menjadi jingga	+
	Wilstater	Merah muda menjadi kuning	+
Tannin	FeCl ₃ 1%	Merah muda menjadi oranye	-
Saponin	Dipanaskan	Tidak berbuih menjadi berbuih	+

Keterangan: (+) ada; (-) tidak ada

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa ekstrak kasar tomat positif terhadap flavonoid dengan pereaksi Wilstater maupun NaOH 10% dan saponin. Pada pengujian dengan pereaksi Wilstater menunjukkan perubahan warna kuning disebabkan karena adanya pembentukan senyawa kompleks antara flavonoid dan pada HCl, jika perubahan warna kuning pada larutan semakin pekat maka kandungan flavonoid yang dihasilkan semakin tinggi. Sedangkan dengan pereaksi NaOH 10% menunjukkan perubahan warna menjadi jingga. Pada pengujian saponin, perubahan terjadi dengan terbentuknya buih yang stabil setelah dilakukan pemanasan dan pengocokan pada sampel dan didiamkan.

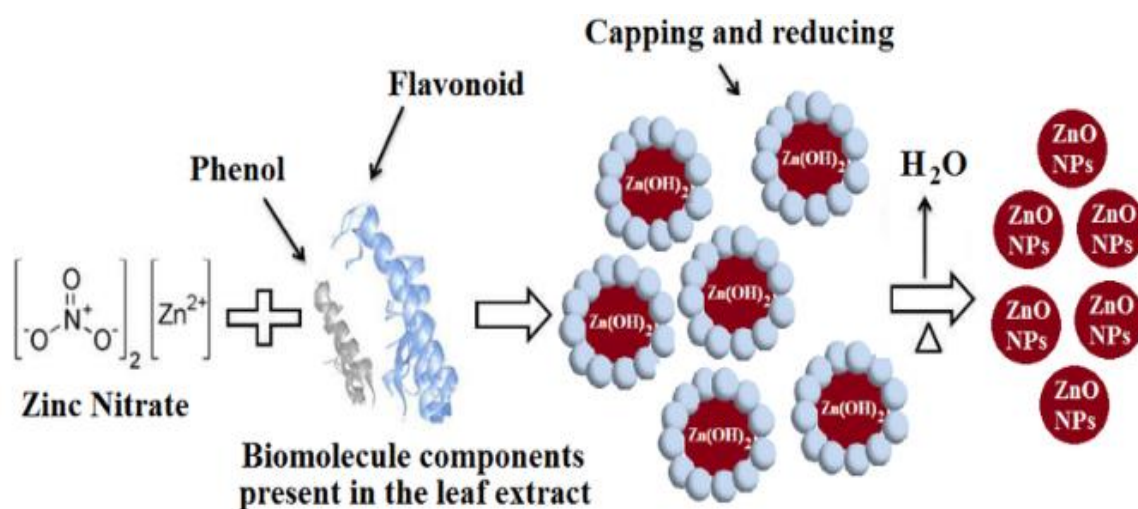
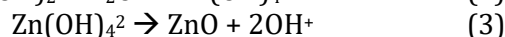
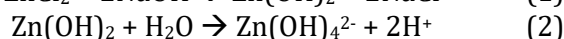
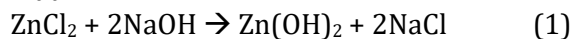
Sintesis ZnO Dengan *Capping Agent* dan Tanpa *Capping Agent*

Pada sintesis nanopartikel ZnO 0,2 M ditambahkan dengan filtrat tomat yang dihasilkan dari proses ekstraksi. Ekstrak tomat bertindak sebagai *capping agent* yang akan menyelimuti ion Zn²⁺ yang terbentuk sehingga mencegah terjadinya aglomerasi partikel. Senyawa metabolit sekunder yang kaya akan gugus fungsi dan rantai karbon panjang berperan sebagai *capping agent*. Senyawa metabolit sekunder pada tomat akan

menyelimuti ion logam seng dan memungkinkan untuk mempermudah pembentukan unit-unit ion logam yang tidak saling bergabung sehingga partikel dengan skala nano dapat terbentuk (Yusuf et al., 2019). Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak tomat berdasarkan hasil uji fitokimia memiliki gugus karbonil (-CO), hidroksil (-OH), dan amina (-NH₂) (Shi et al., 2017). Gugus fungsi tersebut bereaksi dengan ion logam dan bertanggung jawab untuk mengkelat ion logam menjadi ukuran nano. Peran tersebut dilakukan oleh agen *capping* dan memberikan stabilitas dan biokompatibilitas nanopartikel yang disebabkan lapisan

permukaan surfaktan *biogenic* (Makarov et al., 2006).

Kemudian selama sintesis ditetaskan natrium hidroksida (NaOH) 0,2 M hingga mencapai pH 12. Penambahan basa tersebut bertujuan untuk menghasilkan senyawa antara Zn(OH)₂ yang dapat diamati dengan adanya endapan berwarna putih kemerah muda. Reaksi pembentukan ZnO dapat dilihat sebagai berikut:



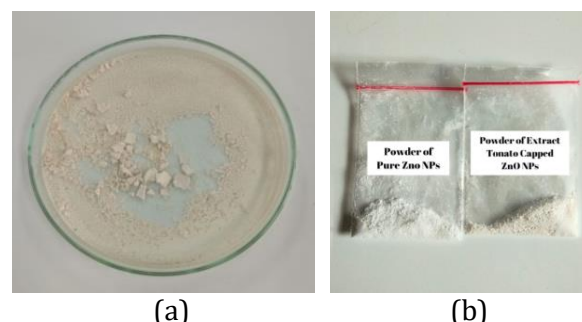
Gambar 2. Mekanisme Pembentukan Nanopartikel dan *Capping Agent* (Barzinjy et al., 2019).

Endapan yang dihasilkan setelah penyaringan dikalsinasi dengan suhu 125 °C selama 5 jam dan terbentuk Zn(OH)₂ ditandai dengan adanya perubahan warna larutan menjadi keruh dan terdapat endapan kemerah muda. Warna pada larutan tersebut disebabkan oleh ekstrak tomat pada saat sintesis namun dipastikan tidak terdapat senyawa organik dengan dibuktikan pada hasil karakterisasi XRD. Perlakuan yang sama dilakukan pada sintesis *non capping* yang membedakan hanya tidak menggunakan ekstrak tomat saja. Hasil pengovenan berbentuk serbuk yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Karakterisasi

Pada sintesis nanopartikel ZnO dengan *capping agent* dan *non capping agent* juga dilakukan karakterisasi pada XRD dan SEM yang bertujuan untuk mengkonfirmasi struktur dan ukuran partikel serta morfologi pada kristal.

X-Ray Diffraction (XRD)

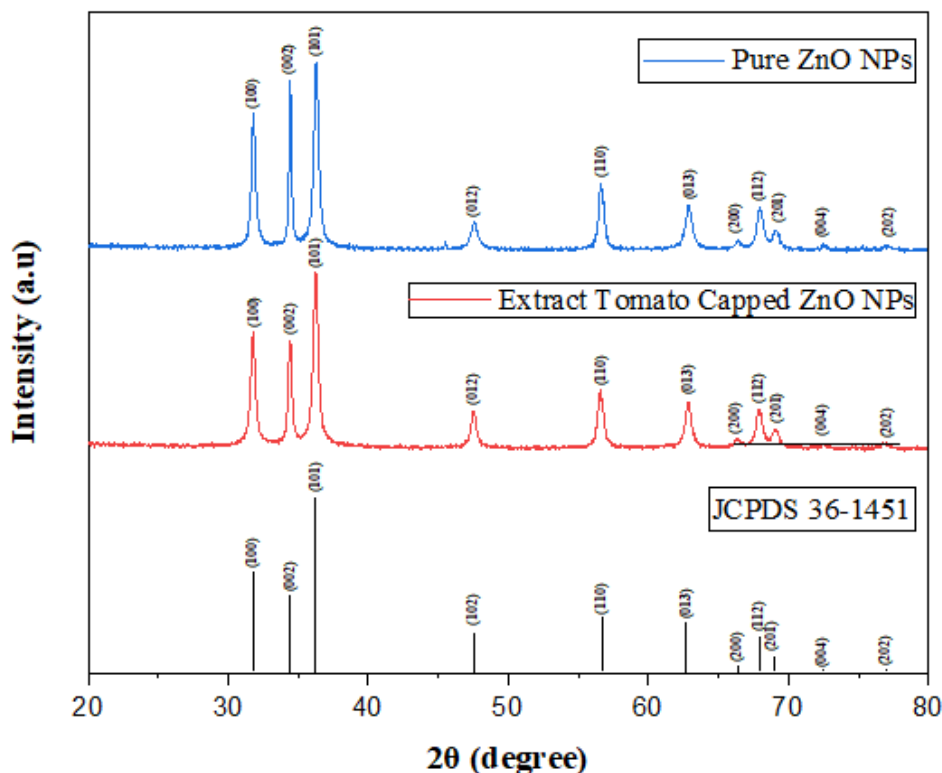


Gambar 3. (a) ZnO Setelah Dikalsinasi (b) Serbuk ZnO Dengan *Capping Agent* dan *Non Capping Agent*.

Hasil dari pengovenan selanjutnya dikarakterisasi menggunakan XRD yang bertujuan untuk mengetahui struktur serta ukuran partikel nano ZnO yang disintesis menggunakan tomat sebagai *capping agent* dan *non-capping agent* dengan suhu pemanasan

125 °C. Analisis XRD diolah dengan menggunakan *software Origin dan Match!*. Puncak-puncak difraktogram ZnO XRD dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian data yang diambil dari *Crsyallography Open Database (COD) No. 96-901-1663* pada aplikasi *Match!* menyatakan bahwa struktur partikel nano ZnO

yang terbentuk adalah *wurzite hexagonal*. Pada difaktogram dari hasil SEM pada nanopartikel ZnO menggunakan ekstrak tomat sebagai *capping agent* dan tanpa *capping agent* menunjukkan sebelas puncak pada sudut difraksi 2θ mulai dari 20 °C hingga 80 °C.



Gambar 4. Pola Difraktogram Nanopartikel ZnO Dengan *Capping Agent* dan *Non-Capping Agent*.

Pada sampel nanopartikel ZnO menggunakan tomat sebagai *capping agent* menghasilkan puncak difraksi ZnO yang berada pada sudut 31,77; 34,44; 36,28; 47,54; 56,62; 62,88; 66,38; 67,91; 69,05; 72,54 dan 76,99 yang dihubungkan dengan kisi (h,k,l) dari (100), (002), (101), (012), (110), (013), (200), (112), (201), (004), (202) seperti yang ditunjukkan pada gambar. Data difraktogram tersebut menunjukkan tiga puncak khas dengan sudut antara 20° hingga 40°. *Capping agent* berfungsi melindungi permukaan terluar molekul ZnO dan mendorong nanopartikel ZnO untuk berkembang. Puncak difraksi yang sempit dan menonjol menunjukkan bahwa partikel memiliki struktur kristal yang terdefinisi dengan baik.

Pada sampel nanopartikel ZnO *non-capping* menghasilkan puncak difraksi ZnO yang berada pada sudut 31,82; 34,44; 36,31; 47,54; 56,63; 62,90; 66,48; 67,91; 69,17; 72,51 dan 76,95 yang

dihubungkan dengan kisi (h,k,l) dari (100), (002), (101), (012), (110), (013), (200), (112), (201), (004), (202). Kedua hasil nanopartikel ZnO menggunakan *capping* dan *non-capping* telah disesuaikan dengan data *Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) No. 00-036-1451* yang dimana puncak-puncak difraktogram ZnO sesuai dengan penelitian sebelumnya. Perkiraan ukuran kristalit pada nanopartikel ZnO dihitung dengan menggunakan persamaan Debye Scherrer sebagai berikut:

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Dimana D adalah ukuran kristal nanopartikel yang ingin dicari. Konstanta Debye Scherrer yaitu 0,94, λ adalah panjang gelombang dari sinar-X sebesar 1,5406Å, β adalah nilai dari *Full Width at Half Maximum (FWHM)* pada kristal *capping agent* dan *non capping agent* sebesar

20,597 nm dan 24,717 nm, dan θ adalah sudut difraksi Bragg. Hasil yang didapatkan dari persamaan tersebut secara berturut-turut adalah ukuran rata-rata kristal *capping agent* dan *non-capping agent* yaitu sebesar 20,69 nm dan 22,11 nm seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Hal tersebut didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan persamaan Debye Scherrer.

Tabel 2. Hasil XRD dan Ukuran Rata-rata ZnO dengan *Capping Agent* dan *Non Capping Agent*

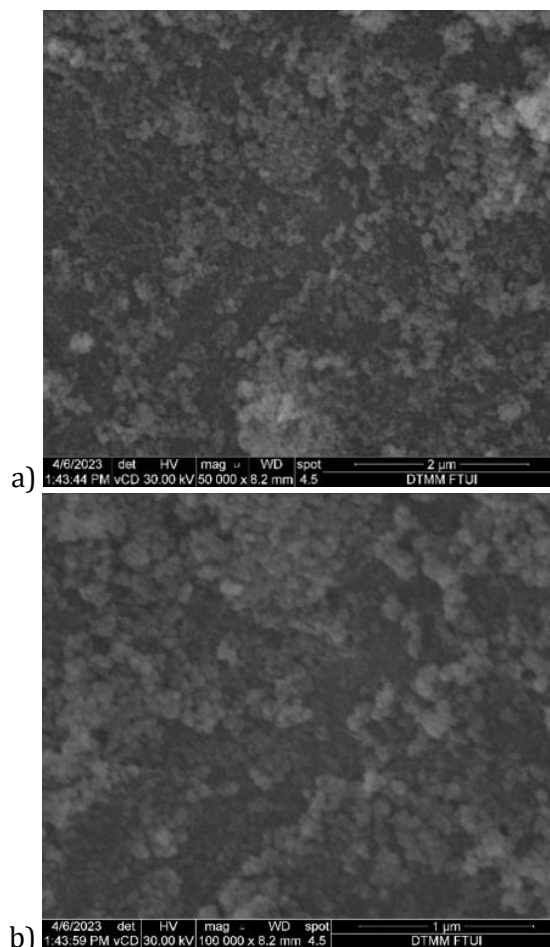
Hasil	ZnO dengan <i>capping agent</i>	ZnO non- <i>capping agent</i>
2 θ	31,76	31,8
Ukuran kristalit (nm)	20,59	24,71
Ukuran kristalis rata-rata (nm)	20,68	22,11

Scanning Electron Microscopy (SEM)

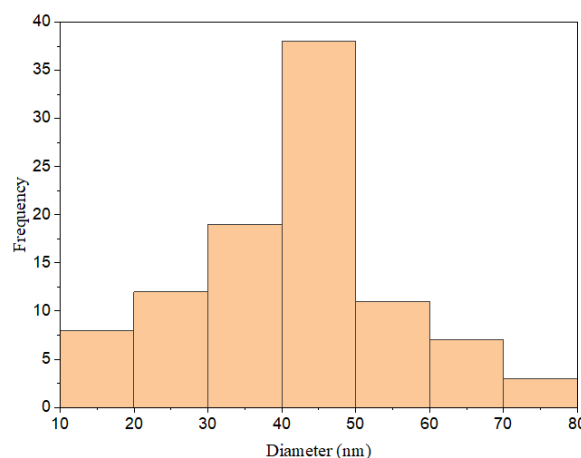
Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui morfologi permukaan dari nanopartikel yang dihasilkan dan mengetahui perkiraan ukuran rata-rata partikel dengan bantuan aplikasi lain. Pada analisis SEM menggunakan sampel ZnO dengan ekstrak tomat sebagai *capping agent*. Analisis tersebut menggunakan perbesaran yaitu 50.000x dan 100.000x seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Analisis SEM untuk mengetahui perkiraan ukuran rata-rata nanopartikel ZnO dilakukan dengan bantuan *software* Origin dan ImageJ. Hasil dari SEM ini menunjukkan bahwa morfologi pada ZnO yang disintesis menggunakan tomat sebagai *capping agent* dengan suhu pemanasan 125 °C selama 5 jam diketahui berbentuk spherical dan partikel berada dalam kisaran ukuran nano. Selain itu, dari hasil SEM tersebut, terlihat bahwa ZnO yang dihasilkan masih beraglomerasi membentuk agregat.

Distribusi ukuran dilakukan dengan bantuan aplikasi ImageJ dengan pendekatan *Gaussian* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan ukuran partikel rata-rata yaitu sebesar 43,32 nm yang mengindikasikan bahwa ukuran partikel yang dihasilkan berada dalam skala nano. Adanya kristalit-kristalit yang bergumpak satu sama lain menyebabkan distribusinya tidak merata. Menurut Zia, *et al* pada tahun 2017,

hasil ukuran partikel rata-rata pada nanopartikel perak yang disintesis menggunakan ekstrak tomat ada pada rentang 14-28 nm dan 11-30 nm.



Gambar 5. Morfologi SEM Nanopartikel ZnO dengan Ekstrak Tomat *Capping Agent*.



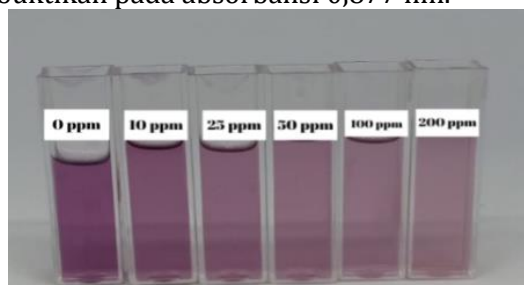
Gambar 6. Distribusi Ukuran Nanopartikel ZnO.

Hasil Uji Antioksidan

Pengujian aktivitas antioksidan nanopartikel Seng Oksida (ZnO) menggunakan ekstrak tomat sebagai *capping agent* yang dilakukan dengan metode 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH), asam askorbat sebagai kontrol positif atau sebagai pembanding. Prinsip pengujian pada metode ini adalah perubahan senyawa radikal menjadi senyawa tidak radikal yang ditandai dengan perubahan fisik yaitu pada warna ungu menjadi warna kuning setelah ditambahkan. Pengukuran aktivitas antioksidan dilakukan dengan pengukuran pada spektrofotometer UV-Vis dengan rentang 400-600 nm yang bertujuan untuk menentukan panjang gelombang maksimum.

Hasil Uji Antioksidan ZnO Dengan *Capping Agent*

Gambar 7. menunjukkan perubahan warna DPPH dengan semakin tingginya konsentrasi ZnO yang diaplikasikan. Pada konsentrasi sampel 0 mg/L, warna larutan DPPH sangat pekat dan semakin memudar seiring dengan bertambahnya konsentrasi sampel. Hasil pada nilai absorbansi digunakan untuk menghitung nilai persen inhibisi (%) pada masing-masing konsentrasi sampel. Pada uji antioksidan, dilakukan uji pada larutan DPPH tanpa sampel terlebih dahulu untuk mengetahui 100% radikal bebas tersebut aktif dan dapat dibuktikan pada absorbansi 0,877 nm.

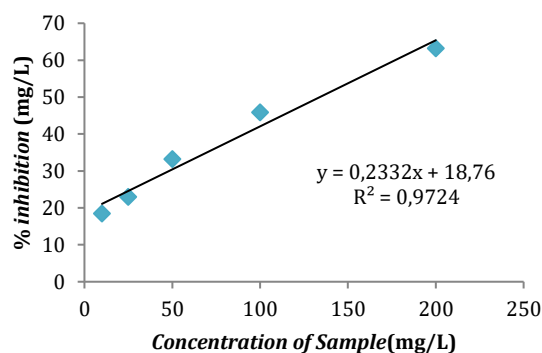


Gambar 7. Hasil Uji Antioksidan Nanopartikel ZnO.

Tabel 3. Persen Inhibisi Nanopartikel ZnO Menggunakan *Capping Agent*.

C Sampel (mg/L)	A (nm)	% Inhibisi	IC ₅₀	S
0	0,877	0		
10	0,715	18,47		
25	0,676	22,92	133,96	0,17
50	0,586	33,18		
100	0,475	45,83		
200	0,323	63,17		

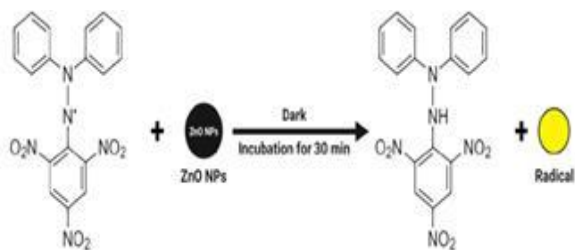
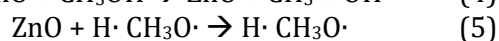
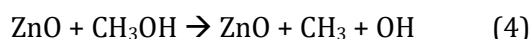
Berdasarkan Tabel 3. dilakukan lima konsentrasi larutan ZnO menggunakan *capping agent* yaitu 10, 25, 50, 100, dan 200 mg/L. Dari tabel tersebut pun dapat diketahui IC₅₀ yang didapatkan dengan cara memplot nilai persen inhibisi sebagai sumbu x dan konsentrasi sebagai sumbu y sehingga didapatkan regresi linear. Persamaan tersebut bertujuan untuk menentukan nilai IC₅₀ dari hasil uji antioksidan ZnO menggunakan *capping agent*. Pada kurva yang ditunjukkan pada Gambar 8. dihasilkan persamaan linear yaitu $y = 0,2332x + 18,76$ dengan nilai regresi sebesar 0,9724. Aktivitas antioksidan nanopartikel ZnO dapat dianggap berasal dari ukuran partikel yang lebih kecil (43,32 nm). Dari kurva tersebut dapat menjelaskan nilai IC₅₀ adalah 133,96 mg/L yang menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki aktivitas antioksidan yang tergolong sedang yaitu kisaran 100-150 mg/L. Hasil IC₅₀ juga menjelaskan bahwa konsentrasi larutan tersebut mampu menghambat 50% radikal bebas (DPPH).



Gambar 8. Kurva Regresi Linear Nanopartikel ZnO.

Larutan ungu DPPH yang dilarutkan dengan metanol berubah semakin pudar seiring dengan bertambahnya konsentrasi pada ZnO. Larutan yang tidak berubah warna menjadi kuning jika dibandingkan dengan larutan standar (asam askorbat) karena molekul pada DPPH lebih dominan daripada ZnO sehingga perubahan warna yang teramati hanya semakin memudar saja (Madan et al. 2019). Menurut Balaji dan Kumar pada tahun 2017, menjelaskan bahwa mekanisme uji antioksidan pada material ZnO adalah pembentukan pasangan elektron dan *hole* dalam jumlah besar pada permukaan nanopartikel ZnO bahkan tanpa adanya sinar UV menciptakan potensi redoks yang tinggi dan membagi air menjadi radikal hidroksil dan hidrogen (Balaji dan Kumar, 2017).

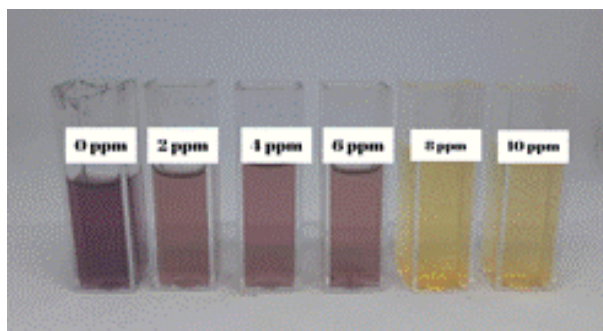
Berdasarkan literatur tersebut, maka mekanisme yang terjadi adalah material semikonduktor ZnO menginisiasi metanol (CH₃OH) untuk mengalami pemutusan homolitik menjadi CH₃O· dan H· sehingga yang dihasilkan adalah DPPH-H dan CH₃O·. Reaksi inisiasi terjadi tanpa adanya sinar pada larutan sampel uji yang diinkubasi pada ruang gelap selama 30 menit. Ketika sudah membentuk radikal, DPPH hanya bereaksi dengan H· yang mengakibatkan H· selalu bertambah. Kemudian DPPH menjadi non radikal dan menghasilkan reaksi samping yaitu CH₃O·. Mekanisme yang diusulkan terlihat pada persamaan reaksi (4), (5), (6), dan Gambar 9.



Gambar 9. Usulan Mekanisme Antioksidan (Murali et al., 2021)

Hasil Uji Antioksidan Standar

Pada hasil uji antioksidan asam askorbat yaitu sebagai standar. Tabung reaksi tersebut diperlakukan sama seperti uji antioksidan ZnO. Perubahan warna dari ungu gelap menjadi kuning seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10, dipantau dengan spektrofotometer UV-Vis yang dilihat pada $\lambda_{\text{max}} = 517 \text{ nm}$. Asam askorbat diambil sebagai bahan antioksidan referensi standar pada penelitian ini karena IC₅₀ dari asam askorbat sangatlah kuat yaitu kurang dari 50 mg/L.

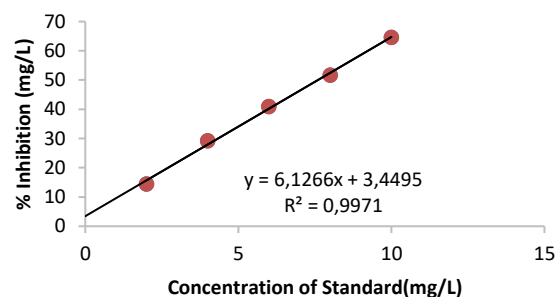


Gambar 10. Hasil Uji Antioksidan Asam Askorbat.

Tabel 4. Persen Inhibisi Asam Askorbat

C _{Asam askorbat} (mg/L)	A (nm)	% Inhibisi	IC ₅₀
0	0,86	0	
2	0,73	14,51	7,59
4	0,61	29,26	
6	0,50	40,99	
8	0,41	51,68	
10	0,30	64,57	

Asam askorbat adalah antioksidan yang larut dalam air dan diujikan sebagai kontrol positif dari uji antioksidan nanopartikel ZnO. Pengujian tersebut menjelaskan perubahan warna yang menandakan terjadinya penghambatan aktivitas radikal bebas sebesar 50%. Interaksi dari asam askorbat dengan DPPH akan menetralkan radikal bebas dari DPPH dan membentuk DPPH tereduksi. Berdasarkan Tabel 4, uji antioksidan pada asam askorbat dilakukan dengan lima konsentrasi yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L. Setelah mendapatkan persen inhibisi dan absorbansi selanjutnya diplot seperti yang dilakukan pada hasil uji. Kemudian dari hasil plot, dihasilkan regresi linear yang ditunjukkan pada Gambar 11. yaitu sebesar 0,9982 dengan persamaan $y = 6,1266x - 1,2002$. Dari hasil persamaan tersebut maka dapat diketahui nilai IC₅₀ dari asam askorbat adalah 7,59 mg/L sehingga mengkonfirmasi aktivitas antioksidannya sangatlah kuat.



Gambar 11. Kurva Regresi Linear Asam Askorbat.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah serbuk nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak kasar tomat yang dilakukan dengan pengovenan pada suhu 125 °C selama 5 jam yaitu berwarna putih kemerahan. Hasil analisis XRD menunjukkan bahwa ukuran kristalit nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak kasar tomat

sebagai *capping agent* dan tanpa *capping* adalah 20,69 nm dan 22,11 nm. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa ukuran nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak tomat sebagai *capping agent* memiliki ukuran partikel rata-rata sebesar 43,32 nm dengan bentuk *spherical* dan masih terdapat nanopartikel dalam bentuk agregat. Hasil IC₅₀ pada nanopartikel ZnO menggunakan *capping agent* adalah 133,96 mg/L yang menunjukkan bahwa nanopartikel ZnO memiliki aktivitas sedang sebagai antioksidan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Kimia Material dan Lingkungan serta Laboratorium Teknik Metarulgi dan Material (DTMM) Universitas Indonesia yang telah membantu dalam karakterisasi sampel uji.

REFERENSI

- Badaring, D. R., Sari, S. P. M., Nurhabiba, S., Wulan, W., & Lembang, S. A. R. (2020). Uji Ekstrak Daun Maja (*Aegle marmelos* L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 6(1), 16. <https://doi.org/10.26858/ijfs.v6i1.13941>
- Barman, G., Maiti, S., & Laha, J. K. (2013). Bio-fabrication of gold nanoparticles using aqueous extract of red tomato and its use as a colorimetric sensor. *Nanoscale Research Letters*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1556-276X-8-181>
- Balaji, S., & Kumar, M.B. (2017). Facile green synthesis of zinc oxide nanoparticles by *Eucalyptus globulus* and their photocatalytic and antioxidant activity. *Advanced Powder Technology*, 28(3), 785–797. <https://doi.org/10.1016/j.apt.2016.11.026>
- Barzinjy, A. A., Ismail, H. J., & Hamad, S. (2019). Characterization of ZnO Nanoparticles Prepared from Green Synthesis Using *Euphorbia Petiolata* Leaves. *Eurasian Journal of Science and Engineering*, 4(3). <https://doi.org/10.23918/eajse.v4i3sip74>
- Das, D., Chandra, B., Phukon, P., & Kumar, S. (2013). Colloids and Surfaces B: Biointerfaces Synthesis of ZnO nanoparticles and evaluation of antioxidant and cytotoxic activity. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 111, 556–560. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2013.06.041>
- Eveline, Siregar, T. M., & Sanny. (2014). *Studi Aktivitas Antioksidan pada Tomat (Lycopersicon esculentum) ... (Eveline dkk.)*. 22–28.
- Faizan, M., Bhat, J. A., Hessini, K., Yu, F., & Ahmad, P. (2021). Zinc oxide nanoparticles alleviates the adverse effects of cadmium stress on *Oryza sativa* via modulation of the photosynthesis and antioxidant defense system. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 220(March), 112401. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112401>
- H. R. Madan *et al.*, “Facile green fabrication of nanostructure ZnO plates, bullets, flower, prismatic tip, closed pine cone: Their antibacterial, antioxidant, photoluminescent and photocatalytic properties,” *Spectrochim. Acta - Part A Mol. Biomol. Spectrosc.*, vol. 152, no. August, pp. 404–416, 2016,
- Ibrahim, W., Mutia, R., Nurhayati, N., Nelwida, N., & Berliana, B. (2016). Penggunaan Kulit Nanas Fermentasi dalam Ransum yang Mengandung Gulma Berkhasiat Obat Terhadap Konsumsi Nutrient Ayam Broiler. *Jurnal Agripet*, 16(2), 76. <https://doi.org/10.17969/agripet.v16i2.4142>
- Jesus, A., Mota, S., Torres, A., Cruz, M. T., Sousa, E., Almeida, I. F., & Cidade, H. (2023). Antioxidants in Sunscreens: Which and What For? *Antioxidants*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/antiox12010138>
- M. Murali *et al.*, “Plant-mediated zinc oxide nanoparticles: Advances in the new millennium towards understanding their therapeutic role in biomedical applications,” *Pharmaceutics*, vol. 13, no. 10, 2021, doi: 10.3390/pharmaceutics13101662.
- Makarov, V. V., Love, A. J., Sinitsyna, O. ., Makarova, S. S., Yaminsky, I. V., Taliansky, M. E., & Kalinina, N. O. (2006). Green Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants. *Handbook of Families and Health: Interdisciplinary Perspectives*, 6(20), 40–61. <https://doi.org/10.4135/9781452231631.n3>

- Menon, S., KS, S. D., Santhiya, R., Rajeshkumar, S., & S, V. K. (2018). Selenium nanoparticles: A potent chemotherapeutic agent and an elucidation of its mechanism. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 170, 280–292. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2018.06.006>
- Mu'nisa, A. (2012). Analisis Kadar Likopen Dan Uji Aktivitas Antioksidan Pada Tomat Asal Sulawesi Selatan. *Jurnal Bionature*, 13(1), 62–66.
- Osmond, M. J., & McCall, M. J. (2010). Zinc oxide nanoparticles in modern sunscreens: An analysis of potential exposure and hazard. *Nanotoxicology*, 4(1), 15–41. <https://doi.org/10.3109/17435390903502028>
- Ramesh, A. M., Pal, K., Kodandaram, A., Manjula, B. L., Ravishankar, D. K., Gowtham, H. G., Murali, M., Rahdar, A., & Kyzas, G. Z. (2022). Antioxidant and photocatalytic properties of zinc oxide nanoparticles phyto-fabricated using the aqueous leaf extract of *Sida acuta*. *Green Processing and Synthesis*, 11(1), 857–867. <https://doi.org/10.1515/gps-2022-0075>
- Saragih, D. E., & Arsita, E. V. (2019). Kandungan fitokimia *Zanthoxylum acanthopodium* dan potensinya sebagai tanaman obat di wilayah Toba Samosir dan Tapanuli Utara, Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(1), 71–76. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m050114>
- Sari, M., Rati, Y., Linda, T. M., Hamzah, Y., & Rini, A. S. (2021). Biosynthesis of ZnO Micro-Nanoflower with *Ananas comosus* Peel Extract. *Journal of Aceh Physics Society*, 10(4), 84–87. <https://doi.org/10.24815/jacps.v10i4.18951>
- Shabbir, S., Taj, R., Mehmood, A., Hafeez, M., Rizwan, S., Nazir, M., & Raffi, M. (2023). *Ailanthus altissima* leaf extract mediated green production of zinc oxide (ZnO) nanoparticles for antibacterial and antioxidant activity. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 30(1), 103487. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.103487>
- Shi, G., Li, Y., Xi, G., Xu, Q., He, Z., Liu, Y., Zhang, J., & Cai, J. (2017). Rapid green synthesis of gold nanocatalyst for high-efficiency degradation of quinclorac. *Journal of Hazardous Materials*, 335, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.04.042>
- Vijayakumar, S., Arulmozhi, P., Kumar, N., Sakthivel, B., Prathip Kumar, S., & Praseetha, P. K. (2019). *Acalypha fruticosa* L. Leaf extract mediated synthesis of ZnO nanoparticles: Characterization and antimicrobial activities. *Materials Today: Proceedings*, 23(xxxx), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.660>
- Yusuf, Y., Si, M., Fitriani, D., Si, M., Farmasi, F., & Sains, D. A. N. (2019). *Sintesis Ramah Lingkungan Nanopartikel ZnO Menggunakan Buah Lerak (Sapindus rarak DC) dan Pemanfaatannya Sebagai Zat Antioksidan*. 1–28.
- Zia, M., Gul, S., Akhtar, J., Ul Haq, I., Abbasi, B. H., Hussain, A., Naz, S., & Chaudhary, M. F. (2017). Green synthesis of silver nanoparticles from grape and tomato juices and evaluation of biological activities. *IET Nanobiotechnology*, 11(2), 193–199. <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2015.0099>
- Zulaicha, A. S., Saputra, I. S., Sari, I. P., Ghifari, M. A., Yulizar, Y., Permana, Y. N., & Sudirman. (2021). Green Synthesis Nanopartikel Perak (AgNPs) Menggunakan Bioreduktor Alami Ekstrak Daun Ilalang (*Imperata cylindrica* L). *[RJNAS] Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*, 1(1), 11–19.