

## Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Raja Nangka sebagai *Capping Agent* Sintesis Partikel ZnO: Variasi Pelarut Ekstraksi

Nuril Mega Musfita<sup>1\*</sup>, Fauziatul Fajaroh<sup>2</sup>, Adilah Aliyatulmuna<sup>3</sup>,  
Endang Ciptawati<sup>4</sup>, Yahmin<sup>5</sup>, Nazriati<sup>6</sup>  
\*e-mail: nuril.mega.1803326@students.um.ac.id

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Malang

### ABSTRACT

The emergence of antibiotic-resistant bacteria is becoming a serious problem around the world. One of the efforts to overcome antibiotic-resistant bacteria continues to be carried out, one of which is the use of nano-sized materials. Zinc oxide (ZnO) is one of the particles that has been shown to inhibit the growth of gram-negative and gram-positive bacteria. In preventing agglomeration in the synthesis of nanometer-sized ZnO, natural capping agents can be added in the form of secondary metabolite compounds in jackfruit plantain peel extract. The steps taken are extraction of secondary metabolites from raja nangka banana peel, phytochemical tests, determination of total levels of flavonoids and polyphenols, synthesis of ZnO with natural capping agent of raja nangka banana peel extract, characterization of ZnO, and antibacterial activity test of ZnO. The results of qualitative analysis through phytochemical tests and quantitative analysis through determining the total contents of polyphenols and flavonoids showed that raja nangka banana peels ethanol (96%)-water 2:1 (v/v) extract had higher secondary metabolite levels than raja nangka banana peels ethanol (96%)-water 1:1 (v/v) extract. ZnO particles were successfully synthesized using a natural capping agent of raja nangka banana peel extract. Different secondary metabolite levels in each extract affect the size, morphology, and antibacterial activity of ZnO as a result of synthesis.

**Keywords:** ZnO, raja nangka banana peels, natural capping agent, solvent extraction, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

### ABSTRAK

Kemunculan bakteri resisten antibiotik menjadi masalah serius di seluruh dunia. Upaya penanggulangan bakteri resisten antibiotik terus dilakukan, salah satunya dengan penggunaan material berukuran nano. Zink oksida (ZnO) merupakan salah satu partikel yang telah terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif dan gram positif. ZnO berukuran nanometer dapat disintesis dengan menambahkan *capping agent* alami berupa senyawa metabolit sekunder pada ekstrak kulit pisang raja nangka untuk mencegah terjadinya aglomerasi. Adapun langkah yang dilakukan adalah ekstraksi metabolit sekunder kulit pisang raja nangka, uji fitokimia, penentuan kadar total flavonoid dan polifenol, sintesis ZnO dengan *capping agent* alami ekstrak kulit pisang raja nangka, karakterisasi ZnO, dan uji aktivitas antibakteri ZnO. Hasil analisis kualitatif melalui uji fitokimia serta analisis kuantitatif melalui penentuan kadar total polifenol dan flavonoid menunjukkan bahwa ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki kadar metabolit sekunder yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Partikel ZnO berhasil disintesis menggunakan *capping agent* alami ekstrak kulit pisang raja nangka.

Kadar metabolit sekunder yang berbeda pada masing-masing ekstrak mempengaruhi ukuran, morfologi, dan aktivitas antibakteri ZnO hasil sintesis.

**Kata Kunci:** ZnO, kulit pisang raja nangka, *capping agent* alami, pelarut ekstraksi, *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*

## PENDAHULUAN

Kemunculan bakteri resisten antibiotik secara cepat telah menjadi masalah yang serius di seluruh dunia (Ventola, 2015). Penggunaan antibiotik yang berlebihan dan mutasi bakteri menjadi salah satu penyebab munculnya resistensi (Gould & Bal, 2013). Resistensi antibiotik telah menyebabkan kerugian yang besar khususnya pada pengembangan produk antibiotik. Oleh karena itu, upaya-upaya untuk menanggulangi bakteri resisten antibiotik terus dilakukan salah satunya dengan menggunakan material berukuran nanometer yang memiliki aktivitas fotokatalitik sebagai antibakteri (Wang *et al.*, 2017).

Salah satu material berukuran nanometer yang memiliki aktivitas fotokatalitik dan telah terbukti mampu menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif maupun bakteri gram positif adalah Zink Oksida (ZnO) (Suresh *et al.*, 2015). ZnO banyak dikembangkan sebagai material antibakteri karena memiliki sifat optik, elektrik, dan fotokatalitik (Tănase *et al.*, 2021; Torres-Hernández *et al.*, 2015). Selain itu, ZnO juga termasuk material yang non-toksik, *bio-safe*, dan biokompatibel (Fatimah, 2017), (Barman, 2015). Aktivitas antibakteri ZnO sangat dipengaruhi oleh morfologi dan ukurannya. Semakin kecil ukuran ZnO seperti nanostruktur atau mikrostruktur maka semakin baik aktivitas antibakterinya (Silva *et al.*, 2019).

Morfologi dan ukuran partikel ZnO tergantung pada proses sintesisnya (Siddiqi *et al.*, 2018). Dalam mensintesis partikel ZnO berukuran nanometer, tantangan yang muncul adalah mencegah

terjadinya proses aglomerasi partikel. Aglomerasi dapat dicegah dengan menambahkan *capping agent* (Javed *et al.*, 2020). Penggunaan *capping agent* alami sekarang ini lebih banyak dikembangkan karena ramah lingkungan (*eco-friendly*), prosesnya murah, toksisitas rendah, dan morfologi yang dihasilkan lebih baik (Singh *et al.*, 2016). Senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, dan polifenol yang terdapat pada tumbuhan merupakan salah satu contoh *capping agent* alami (Agarwal *et al.*, 2018).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurathikoh, A (2019), ekstrak air kulit pisang raja nangka mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, saponin, dan polifenol. Saat ini, di Kota Malang banyak industri olahan keripik pisang yang menggunakan pisang raja nangka sebagai bahan baku proses produksi. Akan tetapi, setelah buahnya diolah kulit pisang hanya dibuang sebagai limbah. Pemanfaatan senyawa metabolit sekunder dari limbah kulit pisang raja nangka sebagai *capping agent* alami diharapkan mampu mengurangi penumpukan limbah kulit pisang (Hasma & Winda, 2019).

Jumlah senyawa metabolit sekunder yang digunakan dalam sintesis partikel berukuran nanometer sangat menentukan morfologi dan ukuran partikel yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara agar diperoleh senyawa metabolit sekunder dengan kadar yang tinggi pada saat proses ekstraksi kulit pisang. Pemilihan pelarut untuk ekstraksi menjadi salah satu langkah yang penting karena memengaruhi rendemen metabolit

sekunder yang akan diperoleh (Zhang *et al.*, 2018). Efektivitas ekstraksi metabolit sekunder bergantung pada kelarutan metabolit sekunder tersebut dalam pelarut ekstraksi, sesuai dengan prinsip “*like dissolves like*” (Verdiana *et al.*, 2018). Pelarut ekstraksi harus memiliki sifat tidak mudah menguap pada suhu yang relatif rendah, toksisitas yang rendah, dan tidak mengganggu komponen ekstrak (P. R. A. J. Kumar *et al.*, 2018).

Hasil ekstraksi dan evaluasi kandungan fitokimia kulit pisang menggunakan pelarut etanol dan air oleh Kibria, *et al* (2019) menunjukkan perbedaan perolehan metabolit sekunder. Ekstrak etanol kulit pisang mengandung flavonoid, gula pereduksi, tanin, saponin, glikosida, polisterol, dan alkaloid sedangkan ekstrak air kulit pisang mengandung gula pereduksi, glikosida, polisterol, fenol dan terpenoid.

Penggunaan kombinasi pelarut etanol dan air dengan variasi perbandingan volume perlu dilakukan untuk mengetahui variasi perbandingan volume etanol-air yang menghasilkan kandungan metabolit sekunder terbanyak. Selain itu, penggunaan gabungan air dan pelarut organik diharapkan mampu memfasilitasi ekstraksi senyawa metabolit sekunder yang larut dalam pelarut organik dan atau air (Do *et al.*, 2014).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi perbandingan volume pelarut etanol-air terhadap kadar metabolit sekunder dari kulit pisang raja nangka pada sintesis partikel ZnO yang memengaruhi karakter ZnO yaitu morfologi, ukuran, dan aktivitas antibakteri. Partikel ZnO akan diuji aktivitas antibakterinya terhadap *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo) yang merupakan bakteri patogen penyebab penyakit hawar daun bakteri pada tanaman padi. Bakteri ini telah terbukti resisten terhadap antibiotik

streptomisin yang merupakan antibiotik tambahan pada obat semprot daun (Xu *et al.*, 2013). Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menjadi salah satu solusi untuk menanggulangi penyebaran penyakit HDB.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini termasuk dalam penelitian aplikatif eksperimental yang dilakukan pada Januari – Juni 2022 di Laboratorium Penelitian Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang. Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

### 1. Ekstraksi Metabolit Sekunder Kulit Pisang Raja Nangka

Kulit pisang raja nangka dicuci dan dijemur di bawah sinar matahari selama  $\pm 15$  jam dan dipotong kecil-kecil. Simplisia kulit pisang dihaluskan menggunakan *blender*. Serbuk simplisia kulit pisang yang diperoleh ditimbang sebanyak 15 gram sebanyak 2 kali dan kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi. Bagian pertama direndam dengan etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dan bagian kedua dengan etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Kedua bagian dimaserasi selama 1x24 jam dan disaring dengan corong Buchner untuk mendapatkan larutan ekstrak etanol-air kulit pisang raja nangka ((Assidiqi, 2021; Nitasari, 2020) dengan modifikasi).

### 2. Uji Fitokimia Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

Terdapat 4 uji fitokimia yang dilakukan yaitu:

#### a) Uji Flavonoid

Uji flavonoid dilakukan dengan menggunakan pereaksi Shinoda (logam Mg + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Pengujian dilakukan dengan menambahkan 0,2 mg serbuk Mg dan 1 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M pada ekstrak kemudian didiamkan selama 1 menit. Setelah itu, ditambahkan 5 tetes H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat. Uji positif adanya flavonoid ditandai dengan perubahan warna

kuning-jingga-merah (Lumowa & Bardin, 2018; Nitasari, 2020).

#### **b) Uji Alkaloid**

Uji alkaloid dilakukan dengan 2 reagen yaitu reagen *Mayer* dan *Dragendorf*. 1 mL ekstrak kulit pisang raja nangka ditambah dengan beberapa tetes reagen *Mayer*. Uji positif ditandai dengan terbentuknya endapan putih. Sebanyak 1 mL ekstrak kulit pisang raja nangka ditambah dengan beberapa tetes reagen *Dragendorf*. Uji positif adanya alkaloid ditandai dengan terbentuknya endapan jingga (Hidayati, 2020; Nitasari, 2020).

#### **c) Uji Polifenol**

Uji polifenol dilakukan dengan menambahkan beberapa tetes  $\text{FeCl}_3$  10% pada 1 mL ekstrak kulit pisang raja nangka. Uji positif ditandai dengan munculnya warna hijau atau kehitaman (Ade *et al.*, 2020).

#### **d) Uji Saponin**

Uji saponin dilakukan dengan menambahkan 10 mL air panas pada 1 mL ekstrak kulit pisang raja nangka lalu dikocok dengan kuat. Uji positif ditandai dengan adanya busa yang stabil selama 10 – 15 menit setelah dikocok (Ade *et al.*, 2020).

### **3. Penentuan Kadar Total Flavonoid dan Polifenol Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka**

#### **a) Kadar Total Flavonoid**

Penetapan kadar total flavonoid dilakukan dengan diambil 1 mL ekstrak kulit pisang raja nangka dan dimasukkan labu ukur 10 mL. Kemudian ditambahkan dengan 3 mL metanol, 0,2 mL  $\text{AlCl}_3$  10%, 0,2 mL  $\text{CH}_3\text{COONa}$  1M, serta ditambahkan akuades sampai tanda batas 10 mL. Selanjutnya, larutan diinkubasi selama 30 menit dan diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 432 nm. Kadar total ditentukan dengan bantuan kurva standar kuersetin 1 – 5 ppm (Marfu'ah *et al.*, 2020).

#### **b) Kadar Total Polifenol**

Penentuan kadar total polifenol dilakukan dengan menggunakan kurva standar larutan asam galat 1 – 10 ppm berdasarkan metode yang tercantum dalam (ISO) 14502-1. Kedalam 0,25 mL ekstrak kulit pisang raja nangka ditambahkan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan 2 mL  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5% serta ditambahkan akuades sampai tanda batas 10 mL. Dikocok hingga homogen dan diinkubasi larutan yang terbentuk selama 60 menit pada suhu ruang. Selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 765 nm (Shaba *et al.*, 2021 dengan modifikasi).

#### **4. Sintesis Partikel ZnO Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka**

Sintesis partikel ZnO dilakukan dengan mereaksikan 7,19 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,025 mol dengan 87,7 mL ekstrak kulit pisang kemudian diaduk menggunakan *hotplate stirrer* berkecepatan 450 rpm dan suhu  $70^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Ditambahkan NaOH 2M secara perlahan melewati dinding gelas sampai pH 12. Ditutup gelas kimia dengan *plastic wrap* dan dilapisi aluminium foil serta didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang. Disaring endapan yang terbentuk menggunakan corong Buchner dan dicuci dengan air demineralisasi sampai pH 7. Endapan hasil cucian dikeringkan dengan dimasukkan dalam oven dengan suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Endapan dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 3 jam ((Assidiqi, 2021; Nitasari, 2020) dengan modifikasi).

#### **5. Karakterisasi Partikel ZnO**

Karakterisasi partikel ZnO hasil sintesis dilakukan menggunakan 3 alat instrumen yaitu:

##### **a) X-Ray Diffraction (XRD)**

ZnO hasil sintesis dikarakterisasi dengan XRD untuk membuktikan keberhasilan sintesis melalui analisis hasil difraktogram pada  $2\theta$ . Hasil XRD juga digunakan untuk mengidentifikasi struktur kristal, panjang kisi, dan sudut kisi partikel ZnO hasil sintesis. Analisis

data hasil XRD dilakukan menggunakan software Match3 dan Origin 9.

#### b) Scanning Electron Microscope (SEM)

ZnO hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi permukaan dan distribusi partikel.

#### c) Particle Size Analyzer (PSA)

ZnO hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan PSA untuk mengetahui ukuran rata-rata partikel yang dihasilkan dan nilai PI (indeks polidispersitas). PI memberikan gambaran luas atau sempitnya distribusi ukuran partikel. Semakin tinggi nilai PI maka, semakin tidak seragam ukuran partikel tersebut. Semakin rendah nilai PI maka semakin seragam ukuran partikel. Data hasil PSA dianalisis menggunakan Origin 9.

### 6. Uji Aktivitas Antibakteri Partikel ZnO

ZnO hasil sintesis diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri Xoo dengan metode difusi cakram. Amoksisilin digunakan sebagai kontrol positif dan DMSO sebagai kontrol negatif. Uji aktivitas antibakteri diawali dengan proses peremajaan bakteri yang dilakukan dengan cara menumbuhkan bakteri pada isolat bakteri ke dalam media NA miring. Bakteri Xoo pada isolat bakteri diambil menggunakan kawat ose dan dioleskan berliku-liku pada media NA miring. Selanjutnya, media NA miring yang telah diolesi bakteri diinkubasi selama 1x24 jam pada inkubator suhu 37°C. Tahapan selanjutnya, yaitu membuat suspensi bakteri yang dilakukan dengan cara mengambil bakteri pada media NA miring yang telah disiapkan sehari sebelumnya menggunakan kawat ose dan dimasukkan ke dalam media NB serta diinkubasi 18 – 24 jam pada inkubator suhu 37°C. Kemudian suspensi bakteri yang telah diperoleh, diinokulasikan di permukaan media NA pada cawan petri secara perlahan dan merata menggunakan

cutton bud steril. Uji aktivitas antibakteri dengan metode cakram dilakukan dengan meletakkan kertas cakram (*blank disc*) yang sebelumnya telah direndam dalam sampel ZnO didispersikan dalam DMSO selama 15 – 20 menit pada permukaan media NA yang telah terinokulasi bakteri. Sampel uji selanjutnya diinkubasi pada inkubator bersuhu 37°C selama 1x24 jam. Selanjutnya, diukur diameter zona bening yang terbentuk menggunakan jangka sorong. ((Ariyani *et al.*, 2018)(Balouiri *et al.*, 2016) dengan modifikasi).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Ekstraksi Metabolit Sekunder Kulit Pisang Raja Nangka

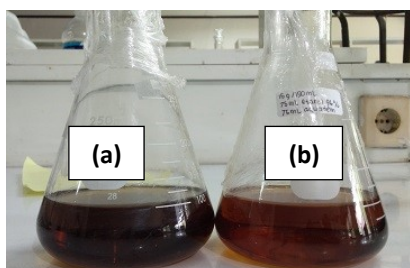
Penelitian ini diawali dengan ekstraksi metabolit sekunder kulit pisang raja nangka. Limbah kulit pisang raja nangka yang telah diperoleh dari industri keripik pisang dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran. Kulit pisang raja nangka dikeringkan untuk menghilangkan kadar air sehingga metabolit sekunder lebih mudah diekstrak. Kulit pisang raja nangka yang sudah kering selanjutnya dihaluskan menggunakan *blender* dan diperoleh serbuk kulit pisang raja nangka. Proses penghalusan kulit pisang raja nangka bertujuan untuk memperluas bidang sentuh antara sampel dengan pelarut sehingga diharapkan kadar metabolit sekunder yang diperoleh lebih banyak.



Gambar 1. Kulit Pisang Raja Nangka (a) Basah, (b) Kering, dan (c) Serbuk Kulit Pisang Raja Nangka



Metode maserasi dipilih karena prosesnya yang mudah dan meminimalkan kerusakan senyawa metabolit sekunder pada suhu tinggi. Penggunaan kombinasi pelarut etanol-air diharapkan mampu memfasilitasi senyawa metabolit sekunder yang larut dalam pelarut organik dan air. Variasi perbandingan volume pelarut etanol-air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui perbandingan volume pelarut optimum yang mampu mengekstrak lebih banyak senyawa metabolit sekunder khususnya flavonoid dan polifenol yang berperan sebagai *capping agent* pembentukan material berukuran nanometer.



Gambar 2. Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

Ekstrak yang didapatkan berupa larutan berwarna kuning kecoklatan dengan intensitas warna yang berbeda. Ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki warna yang lebih pekat dibandingkan dengan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal ini mengindikasikan bahwa kandungan senyawa metabolit sekunder ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih banyak dibandingkan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v) sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Manasika dan Widjanarko (2015) yang menunjukkan bahwa warna ekstrak semakin pekat maka kandungan metabolit sekunder semakin banyak.

### Uji Fitokimia Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

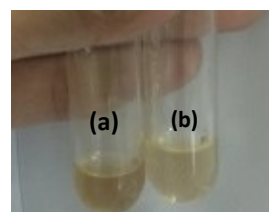
Uji fitokimia bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder pada ekstrak kulit pisang raja nangka secara kualitatif. Hasil uji fitokimia ekstrak kulit pisang raja nangka dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5 – 7 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

Uji	Ekstrak	
	2:1	1:1
<b>Flavonoid</b>	+	+
<b>Alkaloid</b>		
- Mayer	-	-
- Dragendorf	-	-
<b>Polifenol</b>	++	+
<b>Saponin</b>	+++	+

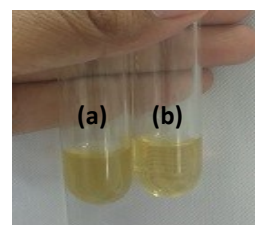
Keterangan:

(+) sedikit (++) sedang (+++) banyak



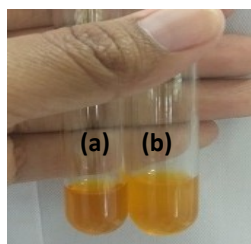
Gambar 3. Hasil Uji Flavonoid Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

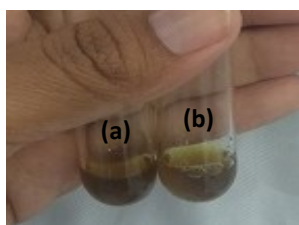


Gambar 4. Hasil Uji Alkaloid dengan Reagen Mayer Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

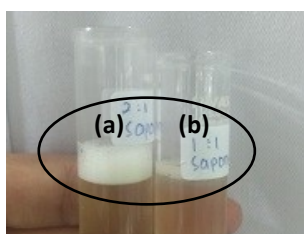
(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)



Gambar 5. Hasil Uji Alkaloid dengan Reagen *Dragendorff* Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka  
(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)



Gambar 6. Hasil Uji Polifenol Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka  
(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)



Gambar 7. Hasil Uji Saponin Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka  
(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

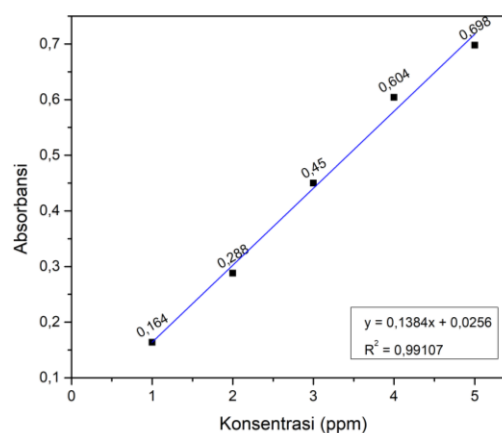
Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa kedua ekstrak dengan variasi perbandingan volume pelarut memiliki kandungan metabolit sekunder flavonoid, polifenol, dan saponin. Kandungan senyawa metabolit sekunder ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih banyak dibandingkan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

### Penentuan Kadar Total Flavonoid dan Polifenol Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

#### 1. Penentuan Kadar Total Flavonoid

Kadar total flavonoid ditentukan dengan menggunakan kurva larutan

standar kuersetin 1 – 5 ppm, yang dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Kurva Standar Kuersetin

Grafik di atas diperoleh persamaan garis  $y = 0,1384x + 0,0256$  yang kemudian digunakan untuk menentukan kadar total flavonoid ekstrak kulit pisang raja nangka dan diperoleh hasil pada Tabel 2.

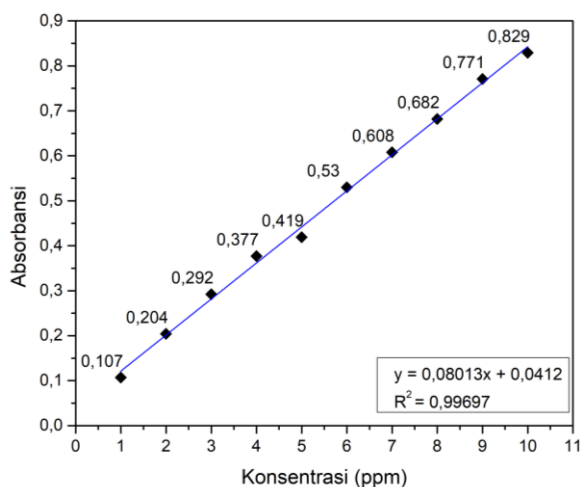
Tabel 2. Kadar Total Flavonoid Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

Ekstrak	Absorbansi	Kadar Total Flavonoid
2:1	0,409	0,028%
1:1	0,381	0,026%

Berdasarkan Tabel 2 tersebut, dapat diketahui bahwa kadar total flavonoid ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) sedikit lebih banyak dari kadar total flavonoid ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal ini sesuai dengan uji kualitatif fitokimia adanya flavonoid dalam ekstrak kulit pisang raja nangka yang menunjukkan bahwa warna larutan hasil uji ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki warna kuning sedikit jingga sedangkan ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 1:1 (v/v) memiliki warna kuning pucat.

## 2. Penentuan Kadar Total Polifenol

Kadar total polifenol ditentukan dengan bantuan kurva standar larutan asam galat 1 – 10 ppm, yang dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Kurva Standar Asam Galat

Grafik di atas diperoleh persamaan garis  $y = 0,08013x + 0,0412$  yang digunakan untuk menentukan kadar total polifenol dan diperoleh hasil seperti Tabel 3.

Tabel 3. Kadar Total Polifenol Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

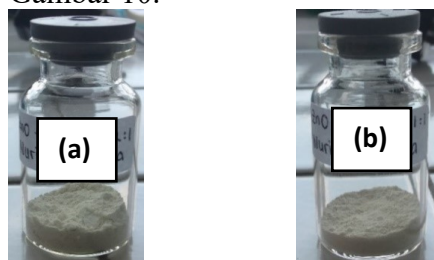
Ekstrak	Absorbansi	Kadar Total Flavonoid
2:1	0,775	0,366%
1:1	0,721	0,339%

Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar total polifenol ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih tinggi dibandingkan kadar total polifenol ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal ini sesuai dengan uji kualitatif fitokimia adanya polifenol menggunakan  $FeCl_3$  dalam ekstrak kulit pisang raja nangka yang menunjukkan bahwa warna larutan hasil uji ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki warna hijau kehitaman yang lebih pekat jika dibandingkan dengan ekstrak kulit pisang raja nangka etanol 96% - air 1:1 (v/v).

## Sintesis Partikel ZnO Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

Padatan  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  yang dilarutkan dalam air demineralisasi akan menghasilkan larutan tidak berwarna. Kemudian, ditambahkan ekstrak kulit pisang raja nangka pada larutan garam prekursor  $ZnSO_4$  dan direaksikan selama 3 jam menggunakan *hotplate stirrer* bersuhu  $70^\circ C$  450 rpm untuk mempercepat proses reaksi. Selanjutnya, ditambahkan NaOH 2M tetes demi tetes hingga pH 12. Proses sintesis partikel ZnO pada pH 12 dimaksudkan agar diperoleh ZnO dengan persen kemurnian yang tinggi (Shaba *et al.*, 2021).

Partikel ZnO dapat terbentuk setelah dilakukan proses kalsinasi pada suhu tinggi (Romadhan, 2015). Kalsinasi pada suhu tinggi dapat menurunkan ukuran agregat dan meningkatkan kristalinitas partikel ZnO (Suganthi & Rajan, 2012). Proses kalsinasi menghasilkan padatan berwarna putih diduga merupakan partikel ZnO pada Gambar 10.



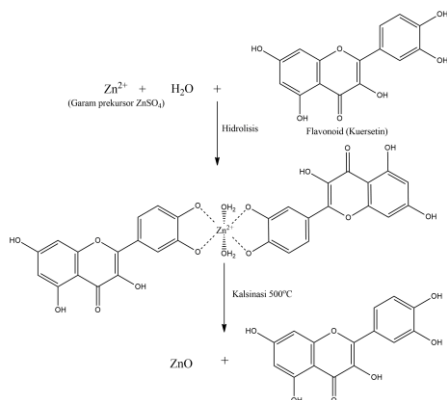
Gambar 10. ZnO Hasil Sintesis Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka

(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

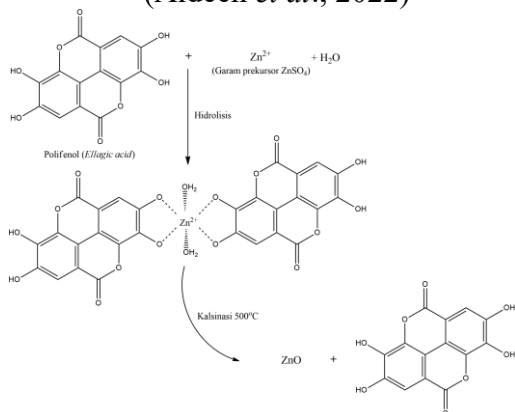
Saat proses sintesis, senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak kulit pisang raja nangka khususnya flavonoid dan polifenol bertindak sebagai *capping agent*. *Capping agent* berinteraksi dengan permukaan ion logam  $Zn^{2+}$  dan mengikat ion-ion logam  $Zn^{2+}$  membentuk struktur yang stabil. Proses interaksi ini menggunakan bagian kepala polar



senyawa metabolit sekunder berupa gugus fungsional seperti hidroksil. Keadaan tersebut mencegah terjadinya aglomerasi antar partikel yang dapat menyebabkan ukuran partikel menjadi lebih besar dan tidak seragam. Oleh karena itu, jumlah metabolit sekunder yang digunakan sebagai *capping agent* pada sintesis sangat menentukan karakter partikel ZnO yang dihasilkan. Semakin banyak metabolit sekunder yang digunakan dalam sintesis partikel ZnO maka semakin baik morfologi dan ukuran partikel yang dihasilkan. Adapun persamaan reaksi yang terjadi saat sintesis partikel ZnO menggunakan *capping agent* ekstrak kulit pisang raja angka disajikan pada Gambar 11 dan Gambar 12 berikut.



Gambar 11. Mekanisme Reaksi Pembentukan Partikel ZnO dengan *Capping Agent* Flavonoid (Kuersetin) (Aldeen *et al.*, 2022)

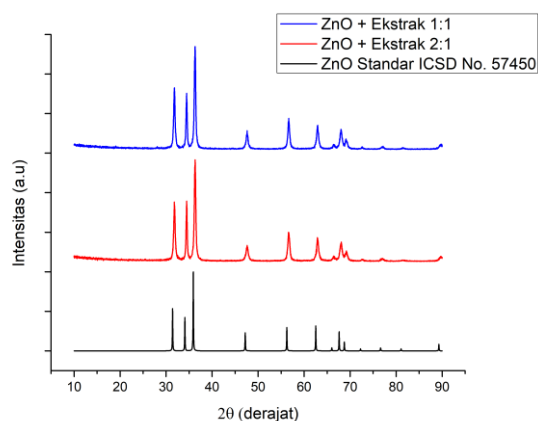


Gambar 12. Mekanisme Reaksi Pembentukan Partikel ZnO dengan *Capping agent* Polifenol (*Ellagic acid*) (Rahman *et al.*, 2021)

## Karakterisasi Partikel ZnO

### 1. X-Ray Diffraction (XRD)

Padatan berwarna putih yang dihasilkan setelah proses kalsinasi dan diduga sebagai partikel ZnO dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui keberhasilan sintesis. Difraktogram hasil karakterisasi sampel dibandingkan dengan difraktogram standar pada ICSD untuk mengetahui kesesuaian pola sehingga dapat diidentifikasi material yang telah disintesis. Hasil analisis difraktogram uji XRD terhadap ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dan etanol (96%)-air 1:1 (v/v) pada Gambar 13.

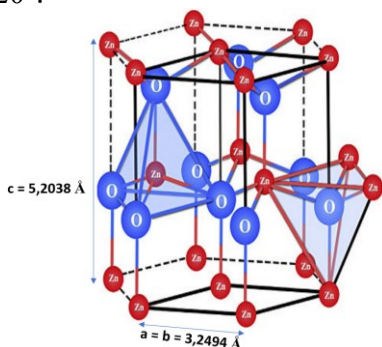


Gambar 13. Difraktogram ZnO

Puncak-puncak tajam pada difraktogram ZnO hasil sintesis sesuai dengan pola standar ICSD No. 57450. Hal tersebut mengindikasikan bahwa ZnO telah berhasil disintesis menggunakan *capping agent* alami berupa senyawa metabolit sekunder dari ekstrak kulit pisang raja angka sebagai *capping agent*. Senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid dan polifenol pada ekstrak kulit pisang raja angka saling berinteraksi dengan ion Zn<sup>2+</sup> dari larutan garam prekursor ZnSO<sub>4</sub>. Interaksi yang ada yaitu terjadi ikatan antara gugus polar (hidroksil) dengan ion Zn<sup>2+</sup> membentuk struktur yang stabil. Struktur yang stabil, meminimalkan interaksi antar

ion  $Zn^{2+}$  yang dapat mengakibatkan aglomerasi partikel

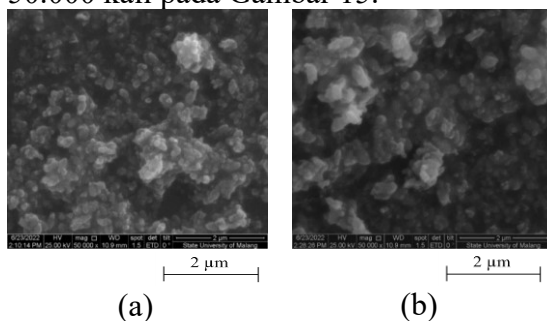
Analisis terhadap hasil XRD menggunakan *software* Match3 menunjukkan bahwa ZnO baik yang disintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 maupun ekstrak etanol (96%)-air 1:1 memiliki struktur kristal heksagonal (Gambar 14) dengan panjang kisi  $a = 3,2494 \text{ \AA}$ ,  $b = 3,2494 \text{ \AA}$ ,  $c = 5,2038 \text{ \AA}$  dan sudut kisi  $\alpha = 90^\circ$ ,  $\beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ .



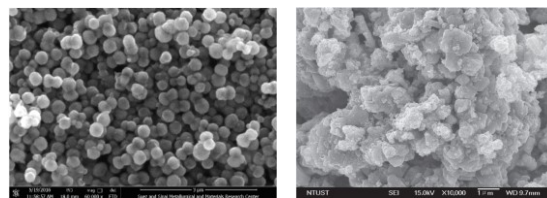
Gambar 14. Struktur Kristal Heksagonal ZnO Hasil Sintesis

## 2. Scanning Electron Microscope (SEM)

ZnO yang telah berhasil disintesis, dikarakterisasi lebih lanjut menggunakan SEM untuk mengetahui morfologinya. Hasil uji SEM terhadap ZnO hasil sintesis dengan perbesaran 50.000 kali pada Gambar 15.



Gambar 15. Morfologi ZnO Hasil Sintesis Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka  
(a) Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b) Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)



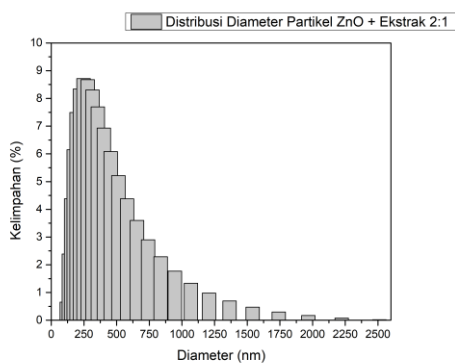
(a) (b)  
Gambar 16. Hasil SEM ZnO (a) Berbentuk Bulat (Saleh, 2019) (b) Teraglomerasi (Demissie *et al.*, 2020)

Hasil uji SEM yang telah dibandingkan dengan ZnO berbentuk bulat (ideal) dan ZnO teraglomerasi dapat diamati bahwa ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v) memiliki morfologi yang hampir sama dengan bentuk *spherical* (bulat) tidak beraturan dan terjadi aglomerasi. Aglomerasi yang terjadi pada ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v) terlihat lebih banyak dengan gumpalan yang lebih besar.

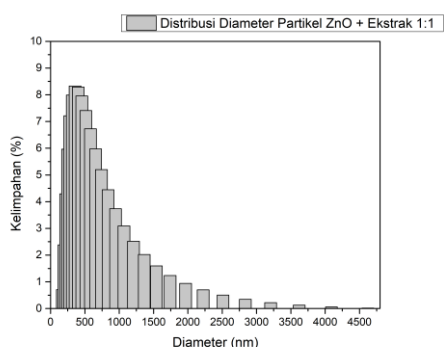
Kadar flavonoid dan polifenol yang tidak terlalu tinggi pada kedua ekstrak dapat menjadi salah satu penyebab terjadinya aglomerasi. Adanya partikel yang teraglomerasi juga dapat disebabkan oleh kalsinasi pada suhu yang terlalu tinggi. Partikel-partikel yang berukuran kecil dapat membentuk formasi partikel yang lebih besar karena terjadi *coalescence* yang disebabkan oleh kalsinasi pada suhu yang terlalu tinggi (S. S. Kumar *et al.*, 2013). Selain itu, proses aglomerasi semakin mudah terjadi seiring dengan penurunan ukuran partikel (Romadhan, 2015).

## 3. Particle Size Analyzer (PSA)

ZnO hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan PSA untuk mengetahui diameter rata-rata partikel dan nilai PI (Indeks Polidispersitas) yang menunjukkan distribusi (keseragaman) ukuran partikel. Analisis data hasil uji PSA terhadap sampel ZnO hasil sintesis dalam Gambar 17 dan Tabel 4.



(a)



(b)

Gambar 17. Histogram Distribusi Diameter ZnO Hasil Sintesis Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Raja Nangka  
(a)Etanol (96%)-air 2:1 (v/v) (b)Etanol (96%)-air 1:1 (v/v)

Tabel 4. Data Hasil Pengujian PSA terhadap ZnO Hasil Sintesis

Data Hasil Analisis PSA	ZnO + Ekstrak 2:1	ZnO + Ekstrak 1:1
Diameter terkecil (nm)	118,74	171,25
Diameter terbesar (nm)	2511,05	4622,81
Diameter Rata-rata (nm)	290,9	355,2
Diameter dengan Kelimpahan Terbanyak (%)	246,98 (8,713%)	356,20 (8,326%)
Indeks Polidispersitas (PI)	0,252	0,393
Dispersitas	Mono-dispersi	Mono-dispersi

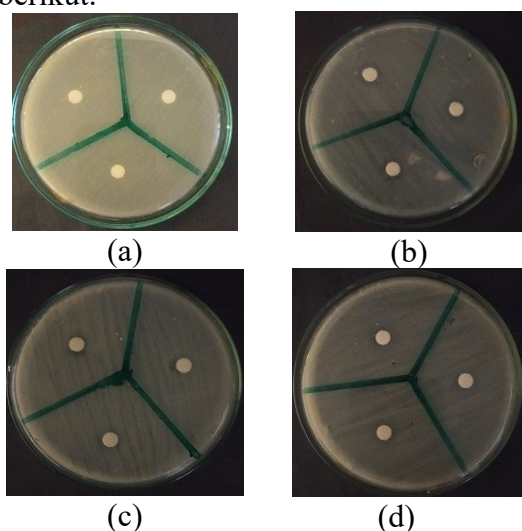
Menurut Mudalige, *et al* (2018) nilai  $PI < 0,05$  menunjukkan bahwa sampel termasuk dalam monodispersi dengan keseragaman ukuran yang baik sedangkan nilai  $PI > 0,7$  menunjukkan bahwa sampel termasuk polidispersi dengan rentang ukuran yang besar. Hasil uji PSA menunjukkan bahwa kedua sampel ZnO termasuk monodispersi dengan nilai PI lebih dari 0,05 dan kurang dari 0,7 yang berarti kedua sampel ZnO memiliki ukuran dengan tingkat keseragaman yang cukup baik. Namun, nilai PI ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih kecil dibandingkan dengan nilai PI ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal ini menunjukkan bahwa ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki ukuran yang lebih homogen dengan rentang ukuran lebih kecil dibandingkan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v).

Partikel ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki diameter, rentang diameter, dan nilai PI yang lebih kecil dibandingkan partikel ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal ini mengindikasikan bahwa kadar metabolit sekunder sebagai *capping agent* pada sintesis partikel ZnO memiliki pengaruh terhadap ukuran partikel yang dihasilkan. Kadar metabolit sekunder pada ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hal tersebut menunjukkan bahwa

semakin tinggi kadar metabolit sekunder maka semakin banyak ion logam  $Zn^{2+}$  yang akan distabilkan pada saat proses sintesis sehingga mampu mengurangi terjadinya aglomerasi dan ukuran yang dihasilkan menjadi lebih kecil.

### Uji Aktivitas Antibakteri Partikel ZnO

ZnO hasil sintesis diuji aktivitas antibakterinya terhadap bakteri *Xoo* menggunakan metode difusi cakram. DMSO digunakan sebagai kontrol negatif dan amoksisilin sebagai kontrol positif. Amoksisilin merupakan antibiotik turunan penisilin yang telah terbukti memiliki daya hambat terhadap bakteri gram negatif dan gram positif (Nurlailah & Syamsiah, 2018). Sebagai kontrol negatif DMSO terbukti tidak menghambat pertumbuhan bakteri sehingga hasil pengujian aktivitas antibakteri tidak akan terganggu (Zahra et al., 2021). Uji aktivitas antibakteri dilakukan sebanyak 3 kali ulangan setiap sampel dan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 18 dan Tabel 5 berikut.



Gambar 18. Hasil Uji Aktivitas Antibakteri terhadap *Xoo* Metode Difusi Cakram (a) DMSO, (b) Amoksisilin, (c) ZnO + Ekstrak 2:1, dan (d) ZnO + Ekstrak 1:1

Tabel 5. Hasil Pengukuran Zona Bening Uji Aktivitas Antibakteri Partikel ZnO Hasil Sintesis terhadap Bakteri *Xoo*

Sampel	Diameter Zona Bening (mm)			Rata-rata (mm)
	I	II	III	
Kontrol negatif (DMSO)	0	0	0	0
Kontrol positif (Amoksisilin)	8,92 5	9,42 5	10,67 5	9,67 5
ZnO + Ekstrak 2:1	7,82 5	7,17 5	6,75	7,25
ZnO + Ekstrak 2:1	7,10	6,25	7,05	6,80

Perbedaan diameter zona bening yang terbentuk antara ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dengan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua sampel ZnO memiliki aktivitas antibakteri sedang (zona bening berada pada rentang 5 – 10 mm). ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) mempunyai zona hambat yang lebih besar dibandingkan dengan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Dikarenakan kedua sampel partikel ZnO memiliki morfologi yang hampir sama, maka perbedaan aktivitas antibakteri pada pengujian ini dipengaruhi oleh ukuran partikel sampel tersebut.

ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki diameter yang lebih kecil sehingga lebih mudah melakukan penetrasi ke dalam sel bakteri dan mengganggu proses metabolisme pada bakteri. Hal ini yang menyebabkan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan



ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v).

## KESIMPULAN

Variasi perbandingan volume pelarut etanol-air berpengaruh terhadap kadar metabolit sekunder yang diperoleh dari kulit pisang raja nangka pada sintesis partikel ZnO yang memengaruhi karakter ZnO yaitu morfologi, ukuran, dan aktivitas antibakteri. Ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 2:1 (v/v) memiliki kandungan metabolit sekunder yang lebih banyak daripada ekstrak kulit pisang raja nangka etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Kadar metabolit sekunder yang berbeda pada masing-masing ekstrak berpengaruh terhadap morfologi, ukuran, dan aktivitas antibakteri partikel ZnO yang dihasilkan. ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v) memiliki morfologi yang hampir sama dengan bentuk *spherical* (bulat) tidak beraturan dan teraglomerasi. Diameter ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih kecil dibandingkan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v) yang disebabkan karena kandungan metabolit sekunder pada ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) dibandingkan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Semakin banyak kandungan metabolit sekunder pada ekstrak, maka semakin banyak ion-ion  $Zn^{2+}$  yang distabilkan dan meminimalkan terjadinya aglomerasi. Pencegahan aglomerasi secara optimal membuat ukuran partikel yang dihasilkan menjadi lebih kecil. Aktivitas antibakteri ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 2:1 (v/v) lebih baik dibandingkan ZnO hasil sintesis menggunakan ekstrak etanol (96%)-air 1:1 (v/v). Pada penelitian ini, disarankan untuk mendiamkan terlebih dahulu ekstrak kulit pisang raja nangka 4

– 7 hari sebelum digunakan untuk sintesis ZnO. Hal ini dikarenakan penggunaan ekstrak kulit pisang raja nangka secara langsung setelah proses maserasi dapat menyebabkan munculnya pengotor berwarna biru kehitaman pada serbuk partikel ZnO.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ade, P., Yulis, R., & Sari, Y. (2020). Uji Efektivitas Beberapa Pelarut pada Proses Identifikasi Metabolit Sekunder Kulit Pisang (Musa Paradisiaca) secara Kualitatif. *FULLERENE Journal of Chemistry*, 5(2), 83–88. <https://doi.org/10.37033/fjc.v5i2.196>
- Aldeen, T. S., Ahmed Mohamed, H. E., & Maaza, M. (2022). ZnO nanoparticles prepared via a green synthesis approach: Physical properties, photocatalytic and antibacterial activity. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 160(2022), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2021.110313>
- Ariyani, H., Nazemi, M., Hamidah, & Kurniati, M. (2018). Uji Efektivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Limau Kuit (*Cytrus hystrix* DC) terhadap Beberapa Bakteri. *Journal of Current Pharmaceutical Sciences*, 2(1), 136–141.
- Assidiqi, F. (2021). *Sintesis ZnO NPs dengan Prinsip Kimia Hijau Menggunakan Ekstrak Kulit Manggis (*Gracinia mangostana* L.) sebagai Capping Agent dan Karakterisasinya sebagai Bahan Skincare*. Universitas Negeri Malang.
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. (2016). Methods for In Vitro Evaluating Antimicrobial Activity: a Review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.1>

- 1.005
- Barman, A. (2015). *Review on Biocompatibility of ZnO Nano Particles*. Springer India. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-2256-9\\_32](https://doi.org/10.1007/978-81-322-2256-9_32)
- Demissie, M. G., Sabir, F. K., Edossa, G. D., & Gonfa, B. A. (2020). Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Leaf Extract of *Lippia adoensis* (Koseret) and Evaluation of Its Antibacterial Activity. *Journal of Chemistry*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/7459042>
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y. H. (2014). Effect of Extraction Solvent on Total Phenol Content, Total Flavonoid Content, and Antioxidant Activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296–302. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.11.001>
- Fatimah, I. (2017). Synthesis of Metal and Metal Oxide Nanoparticles Using Plant Extract: a Review. *Jurnal Eksakta*, 17(1), 66–85. <https://doi.org/10.20885/eksakta.vol17.iss1.art7>
- Gould, I. M., & Bal, A. M. (2013). New Antibiotic Agents in the Pipeline and How They Can Help Overcome Microbial Resistance. *Virulence*, 4(2), 185–191. <https://doi.org/10.4161/viru.22507>
- Happy Agarwal, Menon, S., Venkat Kumar, S., & Rajeshkumar, S. (2018). Mechanistic Study on Antibacterial Action of Zinc Oxide Nanoparticles Synthesized Using Green Route. In *Chemico-Biological Interactions* (Vol. 286, pp. 60–70). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.03.008>
- Hasma, H., & Winda, W. (2019). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Etanol Kulit Buah Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) dengan Metode KLT. *Jurnal Kesehatan Manarang*, 5(2), 125. <https://doi.org/10.33490/jkm.v5i2.176>
- Hidayati, E. N. (2020). *Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (NP ZnO) dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Capping Agent Ekstrak Kulit Pisang Candi serta Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antibakterinya*. Universitas Negeri Malang.
- Javed, R., Zia, M., Naz, S., Aisida, S. O., Ain, N., & Ao, Q. (2020). Role of Capping Agents in the Application of Nanoparticles in Biomedicine and Environmental Remediation: Recent Trends and Future Prospects. *Journal of Nanobiotechnology*, 18(172), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12951-020-00704-4>
- Kibria, A. A., Kamrunnessa, Rahman, M. M., & Kar, A. (2019). Extraction and Evaluation of Phytochemicals from Banana Peels (*Musa sapientum*) and Banana Plants (*Musa paradisiaca*). *Malaysian Journal of Halal Research*, 2(1), 22–26. <https://doi.org/10.2478/mjhr-2019-0005>
- Kumar, P. R. A. J., Siva, K., Siva, G., Rao, Y. H., & Rao, Y. H. (2018). Investigation for Phytochemical Compounds in the Plant Material of *Rosa indica* L. *Journal of Advanced Studies in Agricultural, Biological, and Environmental Sciences (JABE)*, 5(1), 1–13.
- Kumar, S. S., Venkateswarlu, P., Rao, V. R., & Rao, G. N. (2013). Synthesis, Characterization, and Optical Properties of Zinc Oxide Nanoparticles. *International Nano Letters*, 3(30), 1–6.

- Lumowa, S. V. ., & Bardin, S. (2018). Uji Fitokimia Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.) Bahan Alam sebagai Pestisida Nabati Berpotensi Menekan Serangan Serangga Hama Tanaman Umur Pendek. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 1(9), 465–469.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.25026/jsk.v1i9.87>
- Manasika, A., & Widjanarko, S. B. (2015). Ekstraksi Pigmen Karotenoid Labu Kabocha Menggunakan Metode Ultrasonik (Kajian Rasio Bahan: Pelarut dan Lama Ekstraksi). *Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 928–938.
- Marfu'ah, S., Rohma, S. M., Fanani, F., Hidayati, E. N., Nitasari, D. W., Primadi, T. R., Ciptawati, E., Sumari, S., & Fajaroh, F. (2020). Green Synthesis of ZnO Nanoparticles by Using Banana Peel Extract as Capping agent and Its Bacterial Activity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 833(1), 1–6.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/833/1/012076>
- Mudalige, T., Qu, H., Van Haute, D., Ansar, S. M., Paredes, A., & Ingle, T. (2018). Characterization of Nanomaterials: Tools and Challenges. In *Nanomaterials for Food Applications* (pp. 313–353). Elsevier Inc.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814130-4.00011-7>
- Nitasari, D. W. (2020). *Sintesis Nanopartikel Seng Oksida (NP ZnO) Menggunakan Ekstrak Kulit Pisang Tanduk (Musa paradisiaca) sebagai Capping Agent serta Karakterisasi dan Uji Aktivasnya sebagai Antibakteri*. Universitas Negeri Malang.
- Nurlailah, L., & Syamsiah, M. (2018). Aplikasi Asap Cair Turen terhadap Bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* Penyebab Hawar Daun Bakteri pada Padi secara In Vitro. *Agroscience (Agsci)*, 8(2), 198–210.  
<https://doi.org/10.35194/agsci.v8i2.485>
- Rahayu, E., Wonoputri, V., & Samadhi, T. W. (2020). Plant Extract-Assisted Biosynthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their Antibacterial Application. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 823.  
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/823/1/012036>
- Rahman, A., Harunsani, M. H., Tan, A. L., & Khan, M. M. (2021). Zinc Oxide and Zinc Oxide-Based Nanostructures: Biogenic and Phytogenic Synthesis, Properties and Applications. In *Bioprocess and Biosystems Engineering* (Vol. 44, Issue 7). Springer Berlin Heidelberg.  
<https://doi.org/10.1007/s00449-021-02530-w>
- Romadhan, M. F. (2015). *Sintesis, Karakterisasi dan Pengujian Aktivitas Antimikroba Nanopartikel ZnO*. 1–43.
- Saleh, S. M. (2019). ZnO nanospheres based simple hydrothermal route for photocatalytic degradation of azo dye. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 211, 141–147.  
<https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.11.065>
- Shaba, E. Y., Jacob, J. O., Tijani, J. O., & Suleiman, M. A. T. (2021). A Critical Review of Synthesis Parameters Affecting the Properties of Zinc Oxide Nanoparticle and Its Application in Wastewater Treatment. *Applied Water Science*, 11(48), 1–41.  
<https://doi.org/10.1007/s13201-021-01370-z>
- Siddiqi, K. S., ur Rahman, A., Tajuddin, & Husen, A. (2018). Properties of Zinc Oxide Nanoparticles and Their

- Activity Against Microbes. *Nanoscale Research Letters*, 13. <https://doi.org/10.1186/s11671-018-2532-3>
- Silva, B. L. da, Abuçafy, M. P., Manaia, E. B., Junior, J. A. O., Chiari-Andréo, B. G., Pietro, R. C. L. R., & Chiavacci, L. A. (2019). Relationship Between Structure and Antimicrobial Activity of Zinc Oxide Nanoparticles: an Overview. *International Journal of Nanomedicine*, 14, 9395–9410. <https://doi.org/10.2147/IJN.S216204>
- Singh, P., Kim, Y. J., Zhang, D., & Yang, D. C. (2016). Biological Synthesis of Nanoparticles from Plants and Microorganisms. *Trends in Biotechnology*, 34(7), 588–599. <https://doi.org/10.1016/J.TIBTECH.2016.02.006>
- Suganthi, K. S., & Rajan, K. S. (2012). Effect of Calcination Temperature on the Transport Properties and Colloidal Stability of ZnO-water Nanofluids. *Asian Journal of Scientific Research*, 5(4), 207–217. <https://doi.org/10.3923/ajsr.2012.207.217>
- Suresh, D., Nethravathi, P. C., & Rajanaika, H. (2015). Green Synthesis of Multifunctional Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles Using Cassia fistula Plant Extract and Their Photodegradative, Antioxidant and Antibacterial Activities. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 31, 446–454. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2014.12.023>
- Tănase, M. A., Marinescu, M., Oancea, P., Răducan, A., Mihaescu, C. I., Alexandrescu, E., Nistor, C. L., Jinga, L. I., Dițu, L. M., Petcu, C., & Cinteza, L. O. (2021). Antibacterial and Photocatalytic Properties of ZnO Nanoparticles Obtained from Chemical Versus Saponaria officinalis Extract-Mediated Synthesis. *Molecules*, 26(7), 1–24. <https://doi.org/10.3390/molecules26072072>
- Torres-Hernández, J. R., Ramírez-Morales, E., Rojas-Blanco, L., Pantoja-Enriquez, J., Oskam, G., Paraguay-Delgado, F., Escobar-Morales, B., Acosta-Alejandro, M., Díaz-Flores, L. L., & Pérez-Hernández, G. (2015). Structural, Optical and Photocatalytic Properties of ZnO Nanoparticles Modified with Cu. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 37, 87–92. <https://doi.org/10.1016/J.MSSP.2015.02.009>
- Ventola, L. (2015). The Antibiotics Resistance Crisis Part 1: Causes and Threats. *P&T Journal*, 40(4), 277–283.
- Verdiana, M., Widarta, I. W. R., & Permana, I. D. G. M. (2018). Pengaruh Jenis Pelarut pada Ekstraksi Menggunakan Gelombang Ultrasonik terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Lemon (Citrus limon (Linn.) Burm F.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 7(4), 213. <https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p08>
- Wang, L., Hu, C., & Shao, L. (2017). The Antimicrobial Activity of Nanoparticles: Present Situation and Prospects for the Future. *International Journal of Nanomedicine*, 12, 1227–1249. <https://doi.org/10.2147/IJN.S121956>
- Xu, Y., Luo, Q. quan, & Zhou, M. guo. (2013). Identification and Characterization of Integron-Mediated Antibiotic Resistance in the Phytopathogen *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*. *PLoS ONE*, 8(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0055962>
- Zahra, I., Erikania, S., & H Dewi, O. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri



Ekstrak Etanol Daun Afrika (Vernonia amygdalina Del.) terhadap Bakteri Escherichia coli ATCC 25922 secara In Vitro. *MEDFARM: Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, 10(1), 28–34. <https://doi.org/10.48191/medfarm.v10i1.52>

Zhang, Q. W., Lin, L. G., & Ye, W. C. (2018). Techniques for Extraction and Isolation of Natural Products: a Comprehensive Review. *Chinese Medicine (United Kingdom)*, 13(20), 1–26. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>