

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Oksida logam biner seperti  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  telah dikenal sebagai material semikonduktor dengan sifat unik yang mempunyai aplikasi luas seperti fotokatalis (Kong *et al.*, 2011; Widiyandari, Umiati and Herdianti, 2018), baterai ion-litium (Yan *et al.*, 2013; Xiao *et al.*, 2018), sensor gas ((Raza *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2019), dan solar sel (Jeng *et al.*, 2013; Larsson *et al.*, 2019). Namun, seiring dengan tumbuhnya penelitian di bidang nanoteknologi, perlu dikembangkan material semikonduktor lain dengan sifat kimia dan fisika yang lebih baik sehingga mempunyai aplikasi yang lebih luas. Oksida logam ternari menjadi kandidat yang menjanjikan sebagai pengganti oksida logam biner. Oksida logam ternari mempunyai beberapa keunggulan diantaranya lebih tahan korosi dibandingkan oksida logam biner, sifat kimia dan fisiknya dapat divariasikan dengan mengganti komposisi, pilihan material yang lebih luas (Hwang *et al.*, 2014), dan secara kimia lebih stabil sehingga lebih tahan pada kondisi ekstrim dibandingkan oksida logam biner (Sun dan Liang, 2017).

Salah satu oksida logam ternari yang menarik adalah *zinc stannate* dengan rumus molekul  $\text{Zn}_2\text{SnO}_4$  dan lebih dikenal dengan nama *zinc tin oxide* (ZTO) (Baruah dan Dutta, 2011). Hal ini disebabkan oleh sifat yang dimiliki oleh ZTO, seperti mobilitas elektron yang tinggi ( $15 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ), konduktivitas listrik yang tinggi ( $10^4 \text{ Scm}^{-1}$ ), sifat optik yang menarik, dan stabilitas yang baik (Hwang *et al.*, 2014; Nunez *et al.*, 2016; Hu *et al.*, 2017). Sehingga ZTO mempunyai aplikasi yang luas seperti fotoelektroda dalam solar sel (Dou *et al.*, 2019), sebagai material anoda dalam baterai ion-Li (Xia *et al.*, 2018), material antibakteri (Jeronsia *et al.*, 2016), dan sensor gas (Xu *et al.*, 2018). Selain itu, ZTO sangat efektif sebagai material fotokatalis untuk mendegradasi polutan organik dalam larutan air, diantaranya degradasi rodamin B (Ali *et al.*, 2015), metil orange (Sun dan Liang, 2017), metilen biru (Zhao *et al.*, 2016), dan fenol (Foletto *et al.*, 2014).

Berbagai metode sintesis telah dikembangkan sebagai upaya meningkatkan performa ZTO. Pengontrolan sifat optik, listrik, kimia, dan fisika

ZTO menjadi faktor kunci untuk meningkatkan performa ZTO dalam reaksi fotokatalis dan aplikasi lainnya. Salah satu faktor yang berpengaruh besar terhadap sifat optik, listrik, kimia, dan fisika ZTO adalah morfologi dan ukuran ZTO yang dihasilkan (Nunez *et al.*, 2016). Beberapa faktor penentu dalam mengontrol fasa, morfologi, dan ukuran ZTO yang dihasilkan adalah variasi parameter fisika dan kimia seperti suhu sintesis, waktu tumbuh kristal, konsentrasi reaktan, variasi mineralizer, dan penambahan aditif seperti *capping agent* berupa surfaktan, polimer, dan ion anorganik (Baruah dan Dutta, 2011; Jaculine, Raj dan Das, 2013; Sun dan Liang, 2017). Oleh karena itu, sintesis ZTO dengan berbagai faktor penentu sebagai upaya meningkatkan performa ZTO secara intensif terus dilakukan.

Zeng *et al.* (2008) berhasil mensintesis ZTO nanopartikel secara hidrotermal menggunakan prekursor  $\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  10 mM,  $\text{SnCl}_4$  5 mM, dan NaOH. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa konsentrasi alkali, suhu sintesis, lama sintesis, dan kehadiran surfaktan mempengaruhi komposisi fasa, ukuran partikel, morfologi, dan kinerja fotokatalitiknya dalam mendegradasi metilen biru (Zeng *et al.*, 2008). Jaculine *et al.* (2013) berhasil mensintesis ZTO *nanoflower* dengan menggunakan  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dan NaOH secara hidrotermal. Fu *et al.* (2009) mensintesis ZTO nanopartikel dengan mengganti NaOH dengan 4 senyawa amina menggunakan prekursor  $\text{ZnCl}_2$  dan  $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Senyawa amina yang digunakan adalah etilamin, n-butilamin, heksilamin, dan oktilamin. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa keempat senyawa amina yang digunakan mampu menghasilkan fasa tunggal ZTO nanopartikel. Selain itu, variasi konsentrasi alkali, suhu sintesis, dan komposisi pelarut juga mempengaruhi komposisi, kristalinitas, dan morfologi ZTO nanopartikel yang dihasilkan. Dengan menggunakan surfaktan yang berbeda, yaitu *hexadecyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) dan *L-tryptophan*, Ji *et al.* (2010) dan Li *et al.* (2012) berhasil mensintesis ZTO berbentuk oktahedral dengan *nanoplate* heksagonal secara hidrotermal dengan aktifitas fotokatalitik yang lebih baik dibandingkan tanpa surfaktan.

Beberapa dekade terakhir, berkembang penelitian tentang sintesis material berbasis *green synthesis* sebagai upaya mengurangi pencemaran yang berasal dari

zat-zat toksik sisa sintesis. Pemanfaatan ekstrak tumbuhan menjadi salah satu alternatif dalam sintesis nanomaterial yang ramah lingkungan. Penggunaan ekstrak tumbuhan mempunyai keunggulan seperti ketersediaannya yang melimpah, murah, mudah, dan mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder yang mampu bertindak sebagai penstabil atau *capping agent* dan pereduksi dalam sintesis nanopartikel (Jeevanandam, Chan dan Danquah, 2016; El-seedi *et al.*, 2019; Matussin *et al.*, 2020). Komposisi biomolekul yang terkandung dalam ekstrak akan menghasilkan material dengan karakteristik yang khas seperti morfologi, ukuran, dan aktivitas (Silva, Reis dan Bonatto, 2015). Selain itu, biomolekul yang terkandung dalam ekstrak mampu mereduksi zat-zat toksik sisa sintesis sehingga ramah bagi lingkungan (Malik *et al.*, 2014).

Senyawa metabolit sekunder yang berperan utama dalam sintesis material adalah flavonoid, terpenoid, senyawa fenol, alkaloid, protein, dan senyawa lainnya yang mengandung gugus keton, aldehyd, amida, dan asam karboksilat (Jeevanandam *et al.*, 2016; Shafey, 2020). Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak secara bersama-sama bertindak sebagai pereduksi dan penstabil nanopartikel yang terbentuk (Iravani, 2011). Dari sekian banyak biomolekul yang terkandung dalam ekstrak tumbuhan, kebanyakan peneliti menduga bahwa senyawa yang paling berperan dalam sintesis logam/oksida logam adalah flavonoid (Makarov *et al.*, 2014). Senyawa flavonoid mempunyai bermacam-macam grup fungsi aktif dan kemampuannya melakukan transformasi tautomeri dari bentuk enol menjadi keto sebagai penghasil atom hidrogen reaktif (Makarov *et al.*, 2014; Jeevanandam *et al.*, 2016). Selain itu, senyawa fenol juga berperan penting dalam sintesis logam/oksida logam. Senyawa fenol mempunyai beberapa gugus aktif seperti katekol, hidroksil, dan karboksil. Sehingga senyawa fenol dan flavonoid mempunyai kemampuan untuk mengkelat dan protonasi atau menyerap ion logam dan mereduksinya menjadi nanopartikel (Ye, Zhou dan Liu, 2011; Shafey, 2020). Walaupun mekanisme kinerja biomolekul ekstrak dalam sintesis material belum dapat dijelaskan secara pasti, namun ekstrak tumbuhan dengan keunggulan yang dimilikinya telah terbukti efektif mengontrol kristalinitas, morfologi, dan ukuran nanomaterial yang dihasilkan. Oleh karena itu penelitian dengan menggunakan ekstrak tumbuhan dalam sintesis logam/oksida

logam disertai dengan karakteristik dan aplikasinya menjadi tantangan dan menarik untuk terus dikembangkan.

Sebagai upaya mengembangkan sintesis logam/oksida logam yang ramah lingkungan dan mempunyai karakteristik yang khas sehingga performanya meningkat, maka dalam penelitian ini dilakukan sintesis ZTO dengan menggunakan ekstrak daun pacar air (*Impatiens balsamina* L.) dan ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). Kedua tanaman tersebut telah teruji mengandung beberapa biomolekul aktif kuat dan telah terbukti mempunyai kemampuan sebagai agen pereduksi dan penstabil atau *capping agent* dalam sintesis beberapa logam/oksida logam (Roy, Ghosh dan Sarkar, 2017; Aminuzzaman *et al.*, 2018; Aritonang, Koleangan dan Wuntu, 2019). Daun pacar air mengandung beberapa biomolekul aktif kuat seperti flavonoid, fenol, saponin, dan kuinon berupa lawsone, bilawsone, lawsone metil eter (Clevenger, 1958; Bohm dan Towers, 1962; Yang *et al.*, 2001; Meenu *et al.*, 2015). Sedangkan manggis mengandung biomolekul aktif kuat seperti xanthon, flavonoid, tanin, dan antosianin (Suttirak dan Manurakchinakorn, 2014). Manggis terutama kulit buah mengandung senyawa fenol yang sangat tinggi, yaitu xanthon (Jung *et al.*, 2006). Lebih dari 30 macam senyawa xanthon telah berhasil diisolasi dari manggis dimana komponen utamanya adalah  $\alpha$ -mangostin dan  $\gamma$ -mangostin (Obolskiy *et al.*, 2009). Banyaknya biomolekul yang terkandung dalam ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis diharapkan mampu memperbaiki struktur, morfologi, dan ukuran ZTO yang dihasilkan. ZTO yang diperoleh, diuji aktifitas fotokatalitiknya dalam mendegradasi zat warna metilen biru (MB). Se jauh penelusuran literatur yang telah dilakukan, belum ada yang menggunakan ekstrak tumbuhan khususnya ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis dalam sintesis ZTO.

## 1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang, maka diajukan beberapa permasalahan penelitian, yaitu:

1. Apakah ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis dapat berfungsi sebagai *capping agent* dalam sintesis ZTO?

2. Bagaimana karakteristik berupa struktur, morfologi, dan ukuran dari ZTO yang diperoleh?
3. Bagaimana aktifitas fotokatalitik ZTO yang diperoleh dalam mendegradasi zat warna MB?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian maka dirumuskan tujuan yang dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Mempelajari potensi ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis sebagai *capping agent* dalam sintesis ZTO,
2. Mempelajari karakteristik ZTO yang disintesis menggunakan ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis berupa struktur, morfologi, dan ukuran,
3. Menguji aktifitas katalitiknya dalam mengdegradasi zat warna MB.

### 1.4 Manfaat Penelitian

1. Menambah ilmu pengetahuan dan wawasan dalam sintesis ZTO menggunakan ekstrak PA dan ekstrak MG,
2. Memberikan informasi ilmiah tentang sintesis ZTO menggunakan ekstrak daun pacar air dan kulit buah manggis, karakteristik, dan kinerja fotokatalitik ZTO yang dihasilkan dalam mendegradasi zat warna MB,
3. Memberikan kontribusi untuk mengeksplorasi lebih lanjut penggunaan ekstrak tumbuhan lain dalam sintesis nanomaterial sebagai upaya mengembangkan metode *green synthesis*.