

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi di masa sekarang mendorong peningkatan penggunaan energi, terutama energi listrik. Namun, selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan. Menurut Kementerian ESDM (2016), cadangan minyak bumi Indonesia per-1 Januari 2015 mengalami penurunan sebesar 1,2 % dibandingkan tahun sebelumnya yakni 3,70 miliar barel. Di sisi lain, konsumsi minyak bumi mengalami peningkatan. Berdasarkan *outlook* Kementerian ESDM tahun 2016, kebutuhan energi pada tahun 2015 sebesar 876,594 SBM, diperkirakan pertumbuhan kebutuhan energi pada tahun 2025 meningkat 1,8 kali lipat dari tahun 2015 dan pada tahun 2050 meningkat menjadi 5,5 kali lipat. Oleh sebab itu, diperlukan sumber energi alternatif yang memanfaatkan sumber energi terbarukan, seperti energi matahari, energi angin, energi panas bumi, energi air, dan energi biomassa. Energi alternatif yang dapat digunakan sebagai pengganti fosil adalah energi yang bersumber dari matahari.

Energi matahari atau yang dikenal dengan sel surya sangat memungkinkan untuk dijadikan sebagai alternatif karena kelimpahannya yang besar dan juga tidak berdampak pada peningkatan emisi CO₂. Pemanfaatan energi matahari menjadi energi listrik dapat dilakukan dengan teknologi sel surya (*Solar cell*) (Wei, 2010). Perangkat atau piranti teknologi sel surya yang telah banyak digunakan adalah DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*). Sel surya merupakan alat yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik dan telah mengalami banyak perkembangan, dimulai dari sel surya silikon, sel surya film tipis (*thin film solar cell*) dan *dye sensitized solar cell* (DSSC). DSSC merupakan piranti atau perangkat yang menggunakan pemancar dari *dyes* dan elektroda berbahan material semikonduktor. DSSC merupakan sel surya yang lebih baik diantara ketiganya karena menghasilkan energi listrik besar dengan biaya murah dan memiliki efisiensi tinggi melalui pembuatan sel surya polimer atau disebut dengan sel surya organik (Adam *et al.*, 2019).

Perkembangan nanoteknologi khususnya nanopartikel ZnO erat kaitannya dengan perkembangan energi surya generasi ketiga yang dikenal dengan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) yang saat ini menjadi terobosan baru dalam pembuatan sel surya dengan kinerja tinggi dan murah. Komponen semikonduktor nanopartikel ZnO merupakan salah satu material yang baik digunakan pada DSSC. Senyawa semikonduktor ZnO baik digunakan karena memiliki stabilitas kimia dan termal yang tinggi, dengan energi celah pita yang besar yaitu 3,37 eV (Vaseem *et al.*, 2010). ZnO juga menunjukkan sifat-sifat optik dan kelistrikan yang baik sehingga memiliki potensi aplikasi yang baik dalam bidang elektronik, optoelektronik, dan sensor. ZnO sangat potensial untuk digunakan sebagai elektroda transparan dalam teknologi piranti *elektroluminisens*, *fotovoltaik*, dan berbagai material dalam piranti pemancar ultraviolet (Abdullah *et al.*, 2008).

ZnO dengan ukuran nanopartikel akan meningkatkan sifat absorpsi cahaya dan kristalinitasnya. Sintesis nanopartikel ZnO biasanya dilakukan dengan dua cara, yaitu cara fisika dan kimia. Metode sintesis ZnO dengan cara fisika misalnya *ball mill*, *laser ablation*, dan *physical vapor deposition* (PVD). Metode ini memerlukan investasi alat yang cukup mahal, penggunaan energi yang besar, dan hasilnya memiliki ukuran serta bentuk partikel yang terbatas (Yadav & Mahendra, 2015). Sintesis ZnO dengan cara kimia dapat dilakukan dengan metode sol-gel, presipitasi, dan mikroemulsi.

Metode sol-gel digunakan dalam sintesis nanopartikel karena memiliki beberapa kelebihan, yaitu diperoleh homogenitas yang lebih baik, kemurnian yang tinggi, proses pembentukan kristalinitas cepat. Hal ini mempengaruhi biaya operasional pada proses sol-gel yang cukup ekonomis. Metode sol-gel juga ramah lingkungan karena limbah kimia yang dihasilkan rendah (Fernandez, 2012).

Penggunaan metode sol-gel biasanya dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang berfungsi sebagai surfaktan, pereduksi, penstabil, dan *capping agent*. Surfaktan ini yang nantinya akan memiliki peran besar untuk menghasilkan nanopartikel karena dapat mencegah terjadinya agregasi partikel. Wang *et al.* (2002) telah menggunakan surfaktan CTAB (*Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide*) untuk mengontrol ukuran nanopartikel ZnO. Li *et al.* (2005) mensintesis ZnO dengan pelarut NaDS (*Sodium Dodecyl Sulfate*) dan surfaktan TEA (*Trietanolamina*). Ristic *et al.* (2005) menggunakan metode sol-gel dengan menggunakan larutan tetrametil ammonium hidroksida yang ditambahkan ke dalam seng 2-etilheksanoat dalam 2-propanol. Ismaili *et al.* (2005) menggunakan seng asetat dan NaOH dengan penambahan HMTA (*hexamethylene Tetramine*) sebagai surfaktan. Pada berbagai metode ini diperlukan waktu produksi yang cukup lama, energi yang cukup besar, dan penggunaan bahan kimia yang kurang ramah lingkungan (Ismaili *et al.*, 2005; Li *et al.*, 2009; Ristic *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2002).

Penelitian mulai berkembang dengan dilakukannya pendekatan metode secara biologi dalam mensintesis nanopartikel, atau lebih dikenal dengan istilah biosintesis. Biosintesis menggunakan ekstrak tanaman sebagai metode alternatif yang lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan metode lainnya (Rai *et al.*, 2008; Siddiqui *et al.*, 2015; Yuvakkumar *et al.*, 2014). Proses biosintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan menggunakan peran dari organisme seperti cyanobakteria, fungi, bakteri, *yeast*, diatoms, mikroalga, makroalga, dan ekstrak tanaman (Iravani, 2011; Asmathunisha & Kathiresan, 2012; Kharissova *et al.*, 2013; Mittal *et al.*, 2013; Sharma, 2015).

Allah SWT berfirman dalam Al- Quran Surat An-Nahl ayat 11:

يُثَبِّتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّجِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ

Artinya: Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT telah menurunkan hujan ke dunia dan menumbuhkan berbagai tanaman serta buah-buahan di dunia ini untuk dapat dimanfaatkan sebaik mungkin. Dari semua tanda-tanda penciptaan Allah ini, maka sudah sepatutnya dapat mensyukuri bahwa semuanya terjadi atas kekuasaan dan kehendak Allah SWT. Dapat menjadikan pribadi yang lebih beriman dan bertakwa kepada-Nya yang diwujudkan melalui implementasi ibadah sehari-hari baik hubungan dengan sesama manusia maupun hubungan dengan Allah SWT. Salah satu upaya dalam mencari manfaat tersebut, yaitu dengan dilakukannya penelitian ini untuk mengembangkan teknologi sintesis material nanopartikel yang memanfaatkan biji labu kuning.

Biosintesis nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak tanaman telah banyak dilakukan. Ekstrak tanaman *Aloe vera* oleh Parthasarathy (2017) dapat menghasilkan nanopartikel ZnO dengan ukuran 45 nm berbentuk spherical. *Camellian sinensis* (daun teh) oleh Senthilkumar dan Sivakumar (2014) mampu menghasilkan nanopartikel dengan rata-rata ukuran 16 nm berbentuk hexagonal. Kandungan senyawa dalam ekstrak tanaman berperan sebagai agen pereduksi dalam perubahan garam logam sebagai prekursor menjadi nanopartikel logam dan juga sebagai surfaktan, penstabil, dan *capping agent* dalam proses biosintesis yang berupa kombinasi dari berbagai biomolekul. Biomolekul yang ada dalam ekstrak tanaman yaitu enzim, asam amino, asam lemak, polisakarida sulfat, asam organik, senyawa fenolik, karbohidrat, flavonoid, flavonon, fenolik, tanin, terpenoid, gugus karbonil, amina, amida, pigmen dan berbagai agen pereduksi lainnya (Irvani, 2011; Asmathunisha & Kathiresan, 2012; Madhumita *et al.*, 2016).

Pada penelitian ini digunakan biji labu kuning (*Cucurbita moschata*) sebagai surfaktan, agen pereduksi sekaligus penstabil, dan *capping agent* melalui metode sol-gel untuk sintesis nanopartikel ZnO. Labu kuning merupakan buah yang mudah dijumpai di Indonesia. Buah ini biasanya dimanfaatkan untuk membuat aneka produk olahan pangan. Biji dari buah ini biasanya hanya dibuang begitu saja dan menjadi limbah organik (Suasana, 2012). Jumlah produksi biji labu kuning di Indonesia cukup besar yaitu mencapai 562,5-750 ton setiap tahun dan perlu dioptimalkan pemanfaatannya (Astawan, 2004). Menurut *Dietetian of Canada* 2013, biji labu kuning memiliki kandungan kalori, protein, lemak, karbohidrat, serta omega-3 dan omega-6. Kandungan protein yang tinggi dapat berfungsi sebagai agen pereduksi, penstabil, dan *capping agent* pada proses sintesis nanopartikel (Kathiraven *et al.*, 2015).

Azizi *et al.* (2013) telah melakukan biosintesis nanopartikel perak dengan menggunakan ekstrak *Sargassum muticum* dan menghasilkan nanopartikel perak berukuran 5–15 nm. Dalam spektrum FTIR menunjukkan adanya keterlibatan gugus fungsi hidroksi pada pembentukan nanopartikel. Azizi *et al.* (2014) telah berhasil mensintesis nanopartikel ZnO yang memiliki ukuran partikel 30–57 nm dan berbentuk *spherical* dengan menggunakan ekstrak *Sargassum muticum*. Nurbayasari *et al.* (2017) telah berhasil melakukan biosintesis nanopartikel ZnO dengan menggunakan ekstrak rumput laut hijau *Caulerpa sp.* dimana ukuran partikel rata-rata 370,72 nm dengan variasi konsentrasi prekursor 0,05; 0,1; dan 0,15 serta pH 7, 8, dan 9. Dalam penelitian ini juga dilakukan variasi konsentrasi prekursor $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ pada 0,05; 0,1; dan 0,15 M dan pH larutan dengan variasi 7, 8

dan 9 dengan menggunakan ekstrak biji labu kuning. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian untuk kulit labu kuning. Perlakuan ini dilakukan untuk membandingkan kemampuan biji dan labu kuning yang sama-sama diperoleh dari tanaman labu kuning namun memiliki fungsi dan tekstur yang berbeda. Lebih lanjut, kulit labu kuning juga merupakan limbah dari tanaman labu kuning yang kadang jarang dikonsumsi dan dimanfaatkan secara optimal.

Ekstrak biji dan kulit labu kuning dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) untuk mengetahui gugus fungsi yang nantinya berfungsi pada biosintesis nanopartikel ZnO. Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk menentukan kristalinitas dan ukuran kristal ZnO yang dihasilkan. Kemudian karakterisasi TEM (*Transmission Electron Microscopy*) untuk menentukan morfologi nanopartikel dan ukuran partikel ZnO yang dihasilkan.

Nanopartikel ZnO yang dihasilkan, lebih lanjut dilakukan aplikasi sebagai semikonduktor pada DSSC. Perangkat DSSC dibuat dengan menggunakan semikonduktor berbahan powder nanopartikel ZnO, kaca konduktif ITO (*Indium Thin Oxides*), elektrolit I_2/KI , pengikat Polietilenglikol (PEG) serta *dyes* dari ekstrak kulit manggis. Perangkat DSSC diuji menggunakan sumber matahari langsung untuk mendapatkan nilai efisiensi energinya.

Berdasarkan latar belakang ini, maka dilakukan penelitian Biosintesis ZnO menggunakan ekstrak biji labu kuning dan aplikasi nanopartikel ZnO pada DSSC.

1.2 Rumusan Masalah

1. Gugus fungsi apakah dalam ekstrak biji dan kulit labu kuning yang dapat berfungsi dalam pembentukan nanopartikel ZnO melalui metode sol gel?
2. Bagaimanakah kristalinitas dan ukuran kristal ZnO yang dihasilkan?
3. Bagaimanakah morfologi dan ukuran partikel ZnO yang dihasilkan?
4. Bagaimanakah efisiensi energy dari DSSC yang dibuat dengan semikonduktor nanopartikel ZnO?

1.3 Hipotesis

1. Gugus fungsi hidroksi dan karboksil dalam biji dan kulit labu kuning dapat berfungsi sebagai surfaktan, agen penstabil, pereduksi, dan *capping agent* sehingga menghasilkan nanopartikel ZnO melalui metode sol gel.
2. ZnO yang dihasilkan memiliki kristalinitas yang tinggi dan ukuran Kristal yang kecil.
3. Partikel ZnO yang dihasilkan memiliki morfologi yang bulat dan homogeny serta ukuran partikel dalam range nanometer.
4. Efisiensi energy DSSC yang dihasilkan tinggi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menentukan gugus fungsi pada ekstrak biji dan kulit labu kuning yang berperan dalam proses biosintesis nanopartikel ZnO.
2. Mengetahui kristalinitas dan ukuran Kristal ZnO yang dihasilkan.
3. Mengetahui morfologi dan ukuran partikel ZnO yang dihasilkan.
4. Menentukan kemampuan semikonduktor nanopartikel ZnO pada perangkat DSSC.arutan yang optimum untuk menghasilkan ukuran nanopartikel ZnO yang baik.

1.5 Manfaat Penelitian

Keberhasilan penelitian ini memberikan manfaat pada penyediaan energi alternatif yang melimpah di alam yaitu matahari. Pengembangan teknologi sel surya berupa DSSC yang berasal dari nanopartikel ZnO diharapkan memberikan efisiensi yang optimal. Penggunaan nanopartikel merupakan usaha untuk memperbesar penyerapan energi matahari dengan perangkat DSSC. Pemanfaatan ekstrak biji labu kuning ini dapat meminimalkan limbah dari pengolahan labu kuning, dimana selama ini bijinya tidak digunakan secara optimal. Bagi daerah penghasil labu kuning dapat menjadi sumber alam yang berpotensi bagi teknologi.

Nanopartikel ZnO yang disintesis dengan ekstrak biji labu kuning dapat dijadikan sebuah produk paten. Perangkat DSSC yang dibuat menggunakan semikonduktor nanopartikel ZnO juga dapat dipatenkan karena nanopartikelnya disintesis secara biosintesis sehingga ramah lingkungan, tidak boros energi, dan tidak berdampak bagi kesehatan. Hasil penelitian ini juga diharapkan bisa dipublikasi pada jurnal nasional terakreditasi sinta 1 atau 2 dan jurnal internasional/prosiding bereputasi, sehingga bisa memberikan informasi bagi masyarakat luas.