

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pertama dari skripsi adalah pendahuluan yang mencakup gambaran umum penelitian. Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah penelitian, batasan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan struktur penulisan skripsi.

1.1 Latar Belakang Penelitian

Sel surya digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan sifat listrik material fotovoltaik yakni semikonduktor (Green, 1982). Sel surya memiliki potensi yang besar sebagai sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Tingginya biaya pembuatan sel surya menjadi alasan utama mengapa fotovoltaik hanya digunakan sebesar 0,09% dari konsumsi energi Indonesia, dan 1% dari konsumsi energi dunia meskipun memiliki banyak keunggulan. Karenanya, biaya produksi sel surya perlu dikurangi secara signifikan untuk dapat memproduksi sel surya murah dengan performa yang baik sehingga dapat bersaing dipasaran dalam rangka memasuki era multi-Terawatt (TW). Kunci dari pengurangan biaya sel surya adalah efisiensi sel surya. Efisiensi yang lebih tinggi dapat mengurangi biaya fotovoltaik karna lebih banyak energi yang dihasilkan dalam masa hidup (*lifetime*) sel surya. Target efisiensi komersil dari sel surya minimal 15% atau dengan efisiensi lab 20% untuk menurunkan biaya pembuatan fotovoltaik secara signifikan. (Huang, dkk., 2014)

Sel surya yang telah diproduksi komersil saat ini adalah sel surya dengan bahan dasar silikon. Semikonduktor ini memiliki *indirect bandgap* sehingga koefisien absorpsinya cenderung lebih rendah, artinya untuk menyerap sejumlah cahaya yang sama, dibutuhkan material yang lebih tebal dibandingkan pada semikonduktor dengan *direct bandgap*. Hal ini merupakan penyebab utama tingginya biaya pembuatan sel surya. Maka dari itu, tipe fotovoltaik dengan *direct bandgap* dijadikan alternatif untuk menggantikan semikonduktor *indirect bandgap*. Semikonduktor ini disebut *light absorption layer (absorber)*.

Absorber yang telah memiliki efisiensi tinggi diantaranya adalah GaAs, CdTe dan CIGS. Performa dari ketiga *absorber* tersebut sangat potensial untuk dijadikan sel surya komersil. Namun, ketiga semikonduktor tersebut masih memiliki kekurangan. GaAs dan CdTe terdiri atas bahan beracun karna menggunakan As dan Cd yang membatasi penggunaan komersil. Sedangkan untuk CIGS, penggunaan Indium menurunkan potensinya untuk mencapai skala Terawatt karna harganya yang sangat mahal dan persediaan bahan yang terbatas untuk skala industri. Penggunaan CZTS sebagai *absorber* dapat mengatasi keterbatasan ini dikarenakan sifatnya yang *non-toxic* dan *elemental abundance*. Produksi bahan mentah CZTS dapat memenuhi *supply* listrik pada skala Terawatt. (Huang, dkk., 2014). Namun, efisiensi tertinggi sel surya lapisan tipis berbasis CZTS saat ini masih sangat rendah yakni hanya sebesar 12,6% melalui sintesis berbasis *solution-process* dengan deposisi CZTS menggunakan *spin-coater* (Wang, dkk., 2014).

Rendahnya efisiensi CZTS disebabkan oleh fase sekunder CZTS yang terbentuk dalam jumlah besar karena kestabilan termodinamik fase sekunder dari CZTS lebih stabil dibandingkan fase *kesterite* CZTS itu sendiri. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan komposisi *Cu-poor Zn-rich* sehingga fase sekunder Cu_2SnS_3 yang sangat merusak akan berkurang dan fase sekunder ZnS yang lebih baik akan terbentuk lebih banyak. Meskipun begitu, fase sekunder ZnS masih dapat mengurangi performa sel surya dengan membentuk *trap* yang memperlambat transport pembawa muatan, walaupun dampaknya tidak seburuk fase sekunder Cu_2SnS_3 . (Paranthaman, Wong-Ng, & Bhattacharya, 2016)

Total sumber daya mineral di Indonesia pada tahun 2019 untuk Zinc adalah 12,82 juta bijih ton dengan cadangan 32,5 juta bijih ton; (Badan Geologi Kementrian ESDM, 2019). Berlimpahnya sumber daya Zinc di Indonesia berpotensi meningkatkan daya saing CZTS karna harganya yang relatif lebih rendah. Selain itu, Zinc juga memiliki ukuran partikel yang relatif lebih besar dibandingkan material standar yang biasa digunakan dalam sintesis CZTS yakni $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*Zinc Acetate Dihydrate*) yang diperkirakan dapat meningkatkan koefisien absorpsi material (Goh, Xu, & McCormick, 2014). Meningkatnya koefisien absorpsi dapat meningkatkan performa sel surya karna semakin banyak energi yang diserap material, semakin banyak pula pasangan

elektron-*hole* yang dieksitasi dan diubah menjadi energi listrik. Namun demikian, dalam proses pembuatannya, penggunaan Zinc dapat menyebabkan terjadinya pengendapan pada prekursor karna ukurannya yang relatif besar. Hal ini dapat diatasi dengan pemilihan teknik deposisi yang tepat.

Terdapat beberapa teknik deposisi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan efisiensi tertinggi yang telah dicapai untuk masing-masing teknik yakni Evaporasi (9,15%), *Sputtering* (6,77%), PLD (4,13%), *Solution Process* (12,6%), Sintesis Nanokristal (8,5%), *Sol-Gel Sulfurization* (2,76%), MGL (7,4%), *Electrodeposition* (7,3%), *Screen Printing* (0,6%), *Spray Pirolisis* (1,16%), OACVD (6,03%), CBD (0,16%), dan SILAR (0,396%). (Paranthaman, Wong-Ng, & Bhattacharya, 2016). Teknik deposisi yang digunakan untuk penelitian ini adalah menggunakan *solution process* dengan metode deposisi *spin coating* disusul dengan proses sulfurisasi untuk mengikat dan menumbuhkan *grain*. Teknik ini dipilih karna mudah, murah, efektif dan relatif menghasilkan efisiensi yang paling tinggi dibandingkan teknik lainnya. Teknik deposisi ini juga dianggap cukup efektif untuk mengatasi terjadinya pengendapan dalam penggunaan material Zn.

Pada penelitian ini, komposisi yang digunakan adalah komposisi *Cu-poor Zn-rich*. Penelitian akan dilakukan terhadap 5 sampel yang dibuat dengan Zn (Zinc), $\text{Cu}(\text{CO}_2\text{CH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (*Copper Acetate Monohydrate*), SnCl_2 (*Tin Chloride*) dan $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ (*Thiourea*) dengan rasio Zn/Sn berbeda dan rasio Cu/(Zn+Sn) tetap. Dan 1 sampel dengan material prekursor standar CZTS yakni $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*Zinc Acetate Dihydrate*), $\text{Cu}(\text{CO}_2\text{CH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (*Copper Acetate Monohydrate*), SnCl_2 (*Tin Chloride*) dan $\text{CH}_4\text{N}_2\text{S}$ (*Thiourea*) juga dibuat sebagai pembanding. Zn memiliki koefisien absorpsi yang tinggi ($10^4 - 10^5 \text{cm}^{-1}$) dan ukuran partikel yang lebih besar yang diprediksikan akan dapat meningkatkan koefisien absorpsi *absorber* CZTS sehingga dapat meningkatkan performansi sel surya atau setidaknya dapat menggantikan material standar sehingga dapat menurunkan *cost production*. Namun begitu, karna ukurannya yang relatif besar, Zn lebih sulit terlarut (*less soluble*) sehingga kemungkinan terjadinya endapan lebih tinggi dibandingkan pada $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (*Zinc Acetate Dihydrate*). Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan teknik sintesis *solution process* diikuti proses sulfurisasi untuk menumbuhkan *grain* dan mengikat atom-atom yang sulit terikat,

serta teknik deposisi yang efektif dan efisien *spin coating*. Fase kristal dianalisis dengan XRD, morfologi lapisan tipis *absorber* CZTS dianalisis menggunakan SEM, sifat optik dianalisis melalui uji *UV-Visual spectroscopy*, sedangkan performa diuji melalui karakteristik kurva J-V. Berbagai hal tersebut diharapkan akan bermuara pada peningkatan efisiensi sel surya film tipis berbasis CZTS.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fase kristal yang terbentuk pada lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
2. Bagaimana pengaruh rasio Zn/Sn terhadap fase kristal yang terbentuk pada lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
3. Bagaimana morfologi lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
4. Bagaimana pengaruh rasio Zn/Sn terhadap morfologi lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
5. Bagaimana sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
6. Bagaimana pengaruh rasio Zn/Sn terhadap sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn?
7. Bagaimana performansi sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn pada lapisan *absorber*?
8. Bagaimana pengaruh rasio Zn/Sn terhadap performansi sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn pada lapisan *absorber*?

1.3 Batasan Masalah Penelitian

Analisa fasa kristal pada lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS dengan material Zn untuk keenam sampel yang dibahas dalam penelitian ini meliputi presentase komposisi fase kesterit dan fase sekunder yang terbentuk serta ukuran kristalit lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS.

Morfologi lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS dengan material Zn untuk keenam sampel yang dibahas dalam penelitian ini meliputi ukuran partikel dan keseragaman ukuran partikel lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS.

Sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS dengan material Zn untuk keenam sampel yang dibahas dalam penelitian ini meliputi spektrum absorbansi dan spektrum LHE untuk mengetahui panjang gelombang optimal, serta besar celah pita energi (*bandgap*) lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS.

Sedangkan untuk performansi sel surya berbasis CZTS yang dibahas dalam penelitian ini meliputi Tegangan *Open Circuit* (Voc), Rapat Arus *Short Circuit* (Jsc), *Fill Factor* (FF) dan Efisiensi sel surya berbasis CZTS untuk mengetahui presentase fungsi kerja sel surya yakni presentase besar energi input yang diubah menjadi energi listrik.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh gambaran mengenai fase kristal yang terbentuk pada lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
2. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh rasio Zn/Sn terhadap fase kristal yang terbentuk pada lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
3. Memperoleh gambaran mengenai morfologi lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
4. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh rasio Zn/Sn terhadap morfologi lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
5. Memperoleh gambaran mengenai sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
6. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh rasio Zn/Sn terhadap sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn.
7. Memperoleh gambaran mengenai performansi sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn pada lapisan *absorber*.

8. Memperoleh gambaran mengenai pengaruh rasio Zn/Sn terhadap performansi sel surya berbasis CZTS yang menggunakan material Zn pada lapisan *absorber*.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan penggunaan material Zn dapat meningkatkan kualitas morfologi, fase dan sifat optik lapisan *absorber* sel surya berbasis CZTS serta performansi sel surya berbasis CZTS sehingga dapat bermanfaat untuk pengembangan energi alternatif terbarukan, ramah lingkungan, dan memiliki daya saing dibandingkan energi alternatif lainnya. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat memberi solusi dalam mengatasi rendahnya efisiensi sel surya berbasis CZTS dan tingginya biaya pembuatan sel surya.

1.6 Struktur Penulisan Skripsi

Skripsi terdiri atas 5 BAB dengan beberapa sub bab pada masing-masing BAB. Sistematika penulisannya terdiri atas: BAB I Pendahuluan berisi latar belakang dilakukannya penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dilakukannya penelitian, manfaat penelitian serta struktur penulisan skripsi. BAB II Kajian Pustaka berisi landasan-landasan teori mengenai sel surya meliputi sejarah sel surya, generasi sel surya serta prinsip kerja sel surya. Teori mengenai CZTS meliputi perkembangan CZTS, struktur kristal CZTS, struktur pita dan *bandgap* CZTS, karakteristik CZTS serta struktur devais sel surya berbasis CZTS. Teori mengenai penyebab rendahnya efisiensi CZTS meliputi stabilitas termodinamika dan fase sekunder, defek, permukaan (*surface*) CZTS. Dan teori mengenai sintesis CZTS. BAB III Metode Penelitian berisi keterangan waktu dan tempat dilakukannya penelitian, desain penelitian, alat dan bahan, prosedur deposisi, dan karakterisasi serta analisis data. BAB IV Hasil dan Pembahasan berisi seluruh data hasil karakterisasi dan analisis data yang didapatkan. BAB V Kesimpulan dan Saran merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dari pembahasan serta saran untuk penelitian yang akan datang.