

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan energi, khususnya energi listrik tidak akan pernah berakhir, bahkan akan terus meningkat seiring berkembangnya zaman. Kanaikan kebutuhan ini terjadi merata di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia sebagian besar, bahkan dominan, masih di sediakan menggunakan Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan kapasitas pembangkit jenis ini pada 2017 mencapai 16.89 GWatt, sedangkan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) sebesar 8.89 GWatt, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebesar 3.51 GWatt, Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) sebesar 3.61 GWatt, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) sebesar 575.9 MWatt dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebesar 8.96 MWatt (Kementrian ESDM, 2018). Pemenuhan kebutuhan menggunakan PLTU ini bahkan menjadi pedang bermata dua, yang menyelesaikan suatu kebutuhan dengan membuat masalah baru lagi dengan menghasilkan bekas-bekas tambang yang lagi tidak diurus oleh perusahaan terkait, pencemaran lingkungan disekitar PLTU, hingga pencemaran yang dihasilkan dari pembakaran batu bara untuk menggerakkan turbin generator listrik. Oleh karena itu perlunya dikembangkan alternatif-alternatif lain untuk perlahan-lahan menggantikan PLTU dengan Pembangkit Listrik Tenaga lainnya yang lebih ramah lingkungan, seperti menggunakan tenaga aliran air, tenaga angin, ombak, pasang-surut air laut, bio-gas, panas bumi, bahkan tenaga matahari.

Energi matahari memiliki potensi terbesar untuk menjadi penyedia kebutuhan energi manusia, hal ini dikarenakan matahari memberikan energi yang sangat besar bahkan 10,000 kali lipat lebih besar dari jumlah energi yang digunakan oleh populasi dunia saat ini (Li, dkk., 2006). Matahari meradiasikan energi ke bumi 5.6×10^{24} J pada tiap tahunnya (Prima, dkk., 2017). Hal ini menjadi suatu anugerah bagi negara yang secara geografis terletak di khatulistiwa, seperti Indonesia. Dengan posisi geografisnya, Indonesia memiliki potensi energi surya yang sangat besar yaitu 4.8 KWH/m²/hari dengan luas sekitar 2 juta Km² atau

Gema Refantero, 2019

OPTIMASI PROSES ETSA LAPISAN TIPIS CU₂ZNSNS₄ HASIL

FABRIKASI NON-VAKUM UNTUK APLIKASI SEL SURYA

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

sekitar 112,000 GWp (Hasan, 2012). Dengan begitu teknologi sel surya di Indonesia menjadi teknologi yang patut dikembangkan dan diaplikasikan untuk kedepannya.

Sel surya adalah suatu piranti yang dapat mengkonversi energi cahaya secara langsung menjadi energi listrik (Prima, E. C., Yulianto, B., Nuruddin, A., Kawamura, G., & Matsuda, 2018). Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian telah dilakukan dalam rangka menurunkan harga pembuatan sistem sel surya. Dimana hal tersebut telah mampu menurunkan biaya listrik yang dihasilkan sel surya sehingga mampu bersaing dengan harga listrik yang dikonsumsi di banyak negara di seluruh dunia (Frankl, P., Nowak, S., Gutschner, M., Gnos, S., & Rinke, 2010). Biaya produksi sel surya pun perlu diturunkan secara signifikan untuk menghasilkan sel surya murah dengan performa yang baik, sehingga sel surya dapat bersaing dan lebih banyak dijual di pasaran dalam rangka memasuki era multi-terawatt (T watt). Selain dari sel surya dan biaya fabrikasi modul, sebagian besar fraksi biaya pembuatan sel surya (biasanya 50%) berkaitan dengan persyaratan komponen dan instalasi lainnya seperti inverter, pemasangan kabel, pemasangan struktur, dan upah tenaga kerja (Frankl, P., Nowak, S., Gutschner, M., Gnos, S., & Rinke, 2010). Dengan begitu, efisiensi sel surya menjadi kunci dari pengurangan biaya sel surya. Ketika sel surya memiliki efisiensi yang tinggi, maka sel surya dapat di pasang pada ukuran yang lebih kecil untuk memenuhi kebutuhan energi yang sama, dengan begitu dapat mengurangi biaya listrik. Selain itu peningkatan efisiensi yang selanjutnya dapat memperkecil luas piranti sel surya akan sangat cocok untuk lingkungan yang terbatas seperti di pemukiman atau lingkungan perkotaan. Oleh karena itu sel surya menawarkan solusi praktis untuk dapat dikembangkan secara berkelanjutan dalam rangka menghadapi tantangan meningkatnya kebutuhan energi secara global.

Pada tahun 2013, Chiril dkk. menemukan rancangan teknologi sel surya terbaru yang efisiensinya mencapai >20% (Chiril dkk., 2013), yang dapat menyaingi sel surya kristal silikon, menggunakan jumlah bahan dasar yang lebih sedikit, dan memiliki potensi dapat diaplikasikan pada berbagai jenis substrat, sel surya tersebut adalah CIGS thin film solar cell. Meskipun begitu, sel surya CIGS memiliki bahan dasar yang langka, atau yang dikategorikan dengan *critical raw*

materials (CRM), yang diantaranya adalah indium, gallium, dan tellurium. Dari sinilah dimulai inisiasi yang mengembangkan absorber sel surya yang berbahan dasar elemen yang melimpah. Material *kesterites* ($\text{Cu}_2\text{ZnSnSe}_4$, CZTSe; $\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4$, CZTS; dan $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4$, CZTSSe) adalah material-material yang memiliki efisiensi konversi fotovoltaik (PCE: *Photovoltaic Conversion Efficiencies*) tertinggi dari material-material berbahan dasar elemen melimpah lainnya yang dikaji beberapa tahun ini. Sejauh ini sel surya dengan absorber *kesterites* telah mencapai efisiensi 11-13% (Yan, dkk., 2018; Giraldo, dkk., 2017; Wang, dkk., 2013), *kesterites* juga memiliki kemiripan struktur dengan struktur absorber CIGS, struktur *kesterites* diturunkan dengan menggantikan setengah atom indium pada $2(\text{CuInSe}_2)$ dengan Tin (Sn^{4+}) dan setengah lainnya dengan Zinc (Zn^{2+}), sehingga $2(\text{CuInSe}_2)$ menjadi $(\text{Cu}_2\text{ZnSnS}_4)$ (Schorr, dkk., 2009). Karena kemiripan strukturnya dengan CIGS, material *kesterites* memiliki sifat-sifat yang baik seperti memiliki band gap yang sesuai untuk menjadi *photovoltaic absorber* yang baik ($E_{g\text{CZTSe}} = 1.0 \text{ eV}$, $E_{g\text{CZTS}} = 1.5 \text{ eV}$), memiliki koefisien absorpsi yang tinggi (diatas 10^5 cm^{-1}), dan secara alami bersifat semikonduktor tipe-p (Siebentritt & Schorr, 2012). Meski dengan kemiripan struktur yang dimiliki oleh CZTS dengan CIGS, CZTS masih memiliki perbedaan yang membuat jarak efisiensi antara CIGS dan CZTS, hal ini dikarenakan CZTS masih memiliki defisit V_{oc} yang tinggi, yang membuat effesiensinya melampau jauh dari CIGS (Giraldo, dkk., 2019).

Pada fabrikasi lapisan CZTS, fase sekunder dapat terbentuk dalam jumlah yang besar. Hal ini dikarenakan kestabilan termodinamik fase sekunder dari CZTS memiliki potensi kestabilan yang lebih besar daripada potensi kestabilan fase CZTS sendiri (Chen, Walsh, Gong, & Wei, 2013). Besarnya potensial kestabilan fase sekunder pada material CZTS bukanlah hal baik bagi sel surya berbasis material CZTS, karena fase sekunder yang muncul pada material CZTS dapat memperburuk performa sel surya berbasis material CZTS dengan cara menurunkan tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}) (Bourdais, dkk., 2016; Hages, dkk., 2017; Siebentritt & Schorr, 2012). Hal ini terjadi karena fase sekunder yang terbentuk, dapat membentuk trap yang akan menghambat transport pembawa muatan, atau dapat memperpendek waktu hidup pembawa muatan karena terjadi rekombinasi akibat fase sekunder

yang memiliki band gap yang lebih kecil dari band gap lapisan absorber CZTS (Huang, Yin, Qi, & Gong, 2014). Oleh karena itu, pengurangan fase sekunder pada lapisan CZTS sangat diperlukan untuk meningkatkan unjuk kerja sel surya berbasis material CZTS.

Dengan menggunakan komposisi *Cu-poor Zn-rich*, pembentukan fase sekunder yang lebih merusak, Cu_2SnS_3 dapat dihindari. Sebagai gantinya fase sekunder yang lebih baik, ZnS akan terbentuk dengan jumlah yang lebih besar (Chen, dkk., 2013). Meskipun begitu ZnS masih dapat mengurangi performa sel surya berbasis material CZTS dengan membentuk trap yang dapat memperlambat transport pembawa muatan (Schwarz, dkk., 2013). Untuk mengurangi fase sekunder ZnS, Timmo, dkk. dan Mousel, dkk. memberikan proses etsa menggunakan HCl pada lapisan CZTS *monograin powder* (Timmo et al., 2010) dan pada lapisan CZTS yang difabrikasi menggunakan metode *co-evaporation* (Mousel et al., 2013), yang mendapatkan bahwa pemberian proses etsa dapat mengurangi fase sekunder ZnS, dan meningkatkan performa CZTS (Mousel, dkk., 2013; Timmo, dkk., 2010).

Pada penelitian ini akan dilakukan proses etsa menggunakan HCl 5% pada lapisan absorber CZTS yang difabrikasi menggunakan metode non-vakum. Proses etsa dilakukan pada lima buah sampel lapisan absorber CZTS yang sama dengan waktu perlakuan etsa yang berbeda-beda. Struktur kristal dan persentase massa fase-fase sekunder akan dianalisis melalui uji X-ray Diffraction (XRD), sifat optik dan band gap akan dianalisis melalui uji UV-Vis Spectroscopy, morfologi sampel melalui uji Scanning Electron Microscope (SEM), dan sifat kelistrikan melalui uji karakteristik I-V.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh perlakuan etsa terhadap struktur kristal, morfologi, dan fase-fase sekunder yang terbentuk pada lapisan absorber CZTS?
2. Bagaimana pengaruh perlakuan etsa terhadap karakteristik serapan cahaya (absorpsi) lapisan absorber CZTS?
3. Bagaimana pengaruh perlakuan etsa terhadap unjuk kerja sel surya CZTS?

1.3. Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis pengaruh perlakuan etsa terhadap struktur kristal, morfologi, dan fase-fase yang terbentuk pada lapisan absorber CZTS.
2. Analisis karakteristik serapan cahaya (absorpsi) lapisan absorber CZTS, sebelum dan setelah diberi perlakuan etsa.
3. Analisis pengaruh etsa terhadap unjuk kerja sel surya CZTS.

1.4. Batasan Masalah

Untuk memfokuskan pembahasan penelitian, batasan masalah pada penelitian ini adalah pengaruh waktu perlakuan etsa menggunakan HCl 5% pada lapisan absorber terhadap struktur kristal, morfologi, dan fase-fase yang terbentuk, serta sifat optik dari lapisan absorber CZTS, dan karakteristik I-V pada sel surya CZTS.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai informasi tentang efek pemberian perlakuan etsa menggunakan HCl 5% pada lapisan absorber CZTS terhadap struktur kristal, morfologi, fase-fase sekunder yang terbentuk, sifat optik dan sifat kelistrikan absorber CZTS yang dapat dimanfaatkan untuk aplikasi sel surya.
2. Sebagai catatan untuk peneliti sel surya berbasis material CZTS lainnya.

1.6. Struktur Penulisan Skripsi

Secara garis besar skripsi ini terdiri dari 5 (lima) bab dengan beberapa sub bab. Agar mendapat arah dan gambaran yang jelas mengenai hal yang tertulis, berikut ini sistematika penulisan secara lengkap: BAB I Pendahuluan, bab ini berisikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan. Bab II Kajian Pustaka, pada bab ini dijelaskan teori dasar sel surya, desain struktur sel surya CZTS, pembahasan terkait absorber CZTS, dan pembahasan tentang riset-riset sebelumnya yang membahas tentang perlakuan etsa pada sel surya CZTS. BAB III Metode Penelitian, dalam bab ini akan dipaparkan desain penelitian yang akan dilakukan, alat, bahan, dan uji karakteristik

yang digunakan, prosedur penelitian, dan bagaimana penulis menganalisis data yang diperoleh untuk menjelaskan fenomena yang terjadi.

BAB IV Hasil dan Pembahasan, dalam bab ini akan dibahas seluruh hasil data karakterisasi yang didapatkan. Dan terakhir BAB V Kesimpulan dan Saran, bab ini merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan dari skripsi ini serta saran untuk penelitian maupun produksi sel surya CZTS di masa yang akan datang.