

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Penelitian

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi terbarukan. Sampai saat ini sebagian besar sumber energi berasal dari fosil yang ketersediannya semakin berkurang. Semula dengan adanya pemanfaatan sumber energi dari fosil memungkinkan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi bagi makhluk hidup dalam waktu yang cukup lama. Namun mengingat fosil sendiri merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan dengan semakin meningkatnya kebutuhan energi, maka perlu adanya suatu pertimbangan mengenai sumber energi terbarukan. Salah satu keunggulan EBT (Energi Baru Terbarukan) adalah tingkat polusinya yang rendah sehingga tidak menimbulkan dampak eksternal yang akan mempercepat *global warming*. Selain itu eksploitasi EBT (Energi Baru Terbarukan) merupakan suatu proses yang *sustainable* sehingga tidak perlu dikhawatirkan akan kehabisan sumbernya (Lemhannas, 2012). Maka dari itu pencarian sumber energi terbarukan harus didasarkan pada beberapa pertimbangan yang sifatnya relatif lebih efektif dan efisien daripada sumber energi konvensional yang ada sebelumnya.

Energi surya atau energi matahari merupakan salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi menyediakan kebutuhan konsumsi energi dalam waktu yang cukup lama. Jumlahnya yang banyak atau cenderung berlebih memberi peluang untuk menjadi sasaran sumber energi terbarukan yang harus terus dikembangkan. Sel surya juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis mengingat tidak membutuhkan transmisi karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan (Yulianto, 2011). Artinya, sel surya dapat mengkonversi energi matahari tanpa memerlukan adanya sebuah generator dan dapat ditangani secara individu. Sel surya juga memiliki daya tarik tersendiri yaitu bersifat ramah lingkungan. Bahtiar (2011) menuturkan bahwa

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

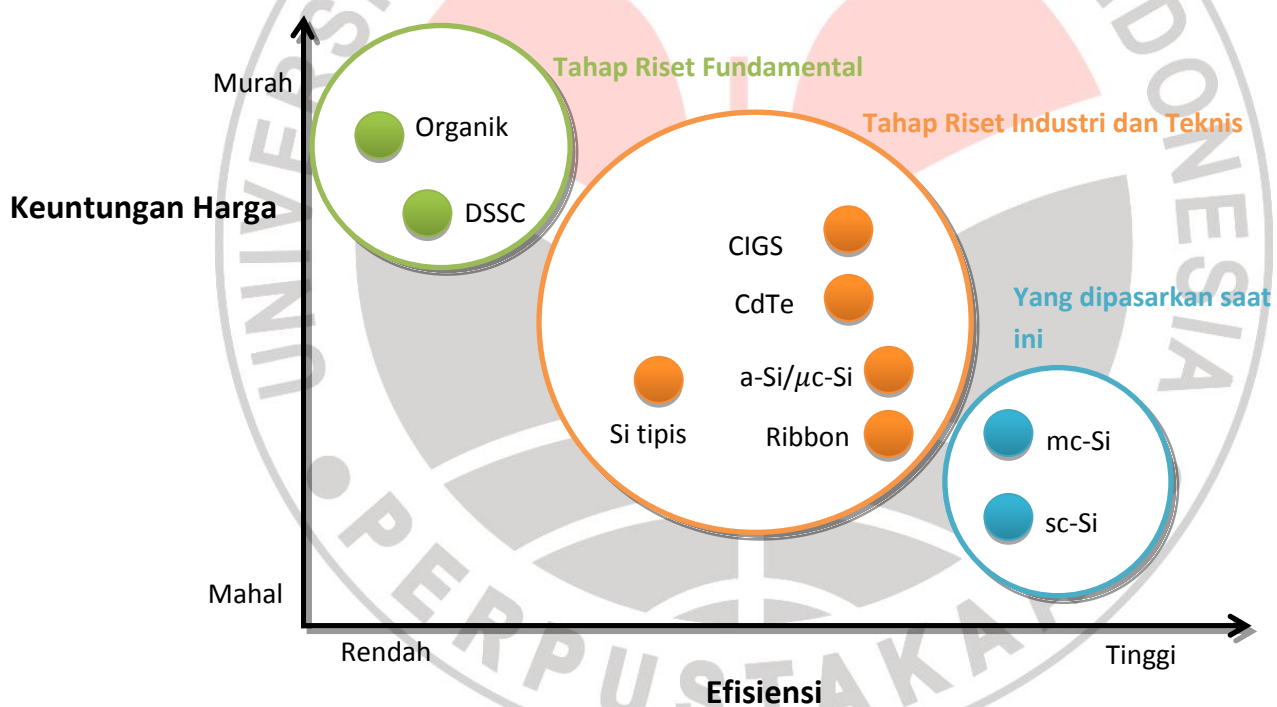
perkembangan industri pembuat modul sel surya di dunia sangat meningkat tajam (46%) dari tahun 2000 dan mencapai 1200 MW pada tahun 2004 dan terus berkembang sampai 30 tahun ke depan dan pada tahun 2020 diharapkan bisa menghasilkan daya 200 GW.

Sampai saat ini terdapat beberapa teknologi pembuatan sel surya yang sedang dikembangkan oleh para peneliti untuk mendapatkan sel surya yang memiliki efisiensi yang tinggi, murah dan mudah dalam kegiatan produksi. Sel surya silikon adalah teknologi sel surya generasi pertama yang telah banyak mengalami pengembangan melalui berbagai riset untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi. Kristal tunggal silikon sebagai pionir dari sel surya memang masih menjadi pilihan sekarang karena teknologinya yang sudah mapan sehingga bisa mencapai efisiensi lebih dari 20 % untuk skala riset. Sedangkan modul/panel sel surya kristal silikon yang sudah diproduksi mempunyai efisiensi sekitar 12 % (Yulianto, 2011). Tetapi masalah yang dihadapi dalam mengembangkan sel surya jenis ini yaitu pada biaya produksi yang cukup tinggi karena menggunakan material jenis silikon kristal tunggal. Volume produksi wafer silikon tidak dapat mencukupi kebutuhan pasar bila sel surya ini diproduksi secara massal. Sehingga untuk penggunaan secara besar-besaran harus dilakukan usaha untuk mempertipis lapisan silikonnya.

Teknologi lainnya yang dikenal sebagai generasi kedua adalah sel surya yang dibuat dengan teknologi thin film (lapisan tipis) atau nanosilikon. Pada teknologi sel surya ini dibuat lapisan semikonduktor silikon setipis mungkin dibandingkan sel surya generasi pertama sehingga dengan kapasitas yang lebih kecil ini mampu mengurangi jumlah silikon yang dipakai yang mana berarti mampu menekan biaya produksi. Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya seperti *Cadmium Telluride* (Cd Te) dan *Copper Indium Gallium Selenide* (CIGS). NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) mempublikasikan efisiensi tertinggi dari Cd Te dan CIGS masing-masing adalah 16,5% dan 19,5% (Noufi, 2006). Efisiensi yang dihasilkan tersebut terbilang rendah jika dibandingkan dengan generasi sebelumnya.

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

Penelitian mengenai sel surya selanjutnya menghadirkan jenis sel surya berbasis material organik. Sel surya jenis ini merupakan sel surya generasi ketiga yang mana saat ini marak dikembangkan oleh para peneliti karena memiliki karakteristik yang berbeda dari sel surya generasi sebelumnya. Sel surya jenis ini memanfaatkan bahan organik yang bersifat seperti semikonduktor. Dibandingkan dengan sel surya generasi sebelumnya, sel surya organik memiliki potensi untuk diproduksi dengan biaya yang lebih murah, proses yang lebih mudah, dan dapat dikembangkan dengan substrat fleksibel/plastik sehingga lebih ringan dan kompatibel jika dipasang di setiap tempat yang terkena sinar matahari (Wang, 2011). Gambar 1.1 merupakan grafik mengenai perkembangan efisiensi sel surya.



Gambar 1.1. Status Perkembangan Sel Surya (Adhiyaksa, 2010)

Dari gambar tersebut, sel surya organik memiliki keunggulan pada biaya produksi yang rendah. Sel surya organik merupakan generasi sel surya yang baru dikembangkan selama hampir satu dekade terakhir dengan tingkat efisiensi yang masih rendah jika dibandingkan dengan sel surya lainnya (Mozer, *et al*, 2006). Sehingga sampai saat ini sel surya organik masih berada pada tahap riset agar

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

mampu bersaing dengan sel surya generasi lainnya. Selain itu, diharapkan dapat meningkatkan eksistensi agar tetap dikembangkan kedalam berbagai aplikasi sel surya. Sebagai konsekuensinya, daya yang maksimal dan stabilitas yang tinggi dari sel surya pada biaya produksi yang rendah menjadi parameter utama perkembangan sel surya organik. sampai sejauh ini sebagian besar aplikasi sel surya organik dikembangkan pada mikro-elektronik daya rendah (Shaheen, *et al*, 2001). Pengembangan teknologi sel surya organik diharapkan bisa dijalankan bersama-sama dengan pengembangan divais-divais semikonduktor lainnya untuk aplikasi mikroelektronika. Perbedaan besarnya adalah terletak pada dimensinya, dimana sel surya polimer harus difabrikasi dalam ukuran sebesar mungkin sedangkan divais mikro-elektronika menuju ke arah pengecilan. Jadi penguasaan teknologi ini akan dengan sendirinya memudahkan penguasaan teknologi semikonduktor lainnya.

Sel surya organik yang pertama kali dibuat yaitu *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) oleh Tang (1986) dimana dua komponen molekul organik yang sangat kecil diantara anoda yang berupa *Indium Thin Oxide* (ITO) pada substrat gelas dan katoda berupa perak. Efisiensi yang diperoleh dengan menggunakan *copper phthalocyanine* (CuPc) dan *tetracarboxylic acid* (PTCA) melalui teknik evaporasi lapisan aktif yaitu mampu mencapai ~1%.

Sel surya organik lainnya adalah sel surya berbasis polimer. Sel surya polimer menggunakan bahan polimer terkonjugasi yang bersifat semikonduktif. Bahan polimer atau organik semikonduktif tersebut digunakan sebagai lapisan aktif dalam sel surya dan merupakan material yang kaya akan donor elektron dan akseptor elektron. P3HT atau *poly(3-hexylthiophene)* merupakan turunan *polythiophene* yang saat ini sering digunakan sebagai lapisan aktif dan dicampur dengan PCBM atau *[6,6]-phenyl-c61-butyric acid methyl ester* yang merupakan turunan *poly(p-phenylene vinylene)* (Ge, 2008). Kedua material tersebut mempunyai band gap yang rendah (1,9 – 2,2 eV) dibandingkan material inorganik, memiliki daya penyerapan yang tinggi di daerah sinar tampak, dan cenderung bersifat stabil sehingga sering digunakan dalam banyak penelitian

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

(Erlyta, 2012). Dalam proses pembuatannya, kedua material tersebut dicampur membentuk komposit film dengan menggunakan struktur *bulk-heterojunction* (Gunes, *et al*, 2007). Struktur *bulk-heterojunction* merupakan struktur yang dianggap lebih efisien dalam proses transfer muatan didalam film dibandingkan dengan struktur *bilayer-heterojunction* karena memiliki lebar difusi yang pendek sehingga mempermudah terjadinya disosiasi didaerah *interface* (Arkhipov, *et al*, 2003). Efisiensi tertinggi sel surya polimer mencapai 6,5% (Kim, 2007). Umumnya sel surya polimer dibuat menggunakan teknik deposisi larutan seperti *spin coating*, *screen printing*, *doctor blade*, *inkjet printing*, dan *spray* yang mana mampu mengurangi biaya produksi dan dapat ditumbuhkan di atas substrat fleksibel karena tidak memerlukan proses pada suhu yang tinggi (Krebs, 2008).

Salah satu usaha untuk meningkatkan kinerja sel surya adalah dengan melakukan kontrol terhadap morfologi lapisan aktif berupa perlakuan *annealing* pada rentang suhu yang berbeda. Lapisan aktif memerankan peran yang penting dalam sel surya polimer karena merupakan tempat terjadinya proses *photocurrent* (Krebs, 2008). Tujuan utama dari *annealing* lapisan aktif polimer yaitu untuk mengendalikan sifat kristal berupa paket molekul dan segregasi phase dalam skala nano. Adanya kontrol terhadap morfologi diduga mampu mempengaruhi mobilitas muatan sehingga dengan *annealing* dari lapisan aktif mampu membentuk keteraturan dalam polimer yang akan berhubungan dengan mobilitas pengisian muatan yang semakin tinggi (Krebs, 2008). Selama ini morfologi dari lapisan aktif sel surya polimer masih sulit untuk dipahami karena tinjauannya yang secara mikroskopis serta perlu didukung dengan karakterisasi yang tepat sehingga dapat dihasilkan penggambaran interaksi secara fisik dari lapisan aktif sel surya.

Penelitian ini akan difokuskan pada pembuatan sel surya polimer dengan menggunakan konsep *bulk-heterojunction* berbasis organik semikonduktor P3HT:PCBM dibawah pengaruh suhu *annealing* lapisan aktif. Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi (PPET) - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indoneisa (LIPI), Bandung. Hasil penelitian diharapkan dapat

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

memberikan informasi mengenai perkembangan serta besar parameter unjuk kerja dari sel surya polimer yang menggunakan material P3HT:PCBM yang ditumbuhkan di atas substrat gelas.

B. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan, maka permasalahan yang akan dikaji adalah “Bagaimana pengaruh suhu *annealing* lapisan aktif polimer P3HT:PCBM terhadap unjuk kerja sel surya polimer yang ditumbuhkan di atas substrat gelas.” Tetapi rumusan masalah tersebut dirasa masih terlalu luas sehingga muncul pertanyaan penelitian, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh suhu *annealing* terhadap karakteristik morfologi lapisan aktif sel surya polimer P3HT:PCBM?
2. Bagaimana pengaruh suhu *annealing* terhadap karakteristik optik lapisan aktif sel surya polimer P3HT:PCBM?
3. Bagaimana pengaruh suhu *annealing* lapisan aktif polimer P3HT:PCBM terhadap unjuk kerja sel surya?

C. Batasan Masalah

Sel surya polimer dibuat menggunakan material polimer terkonjugasi sebagai lapisan aktif yang menghasilkan *exciton*; pasangan elektron dan *hole*. Lapisan aktif tersebut terdiri dari dua material yang masing-masing berfungsi sebagai donor dan akseptor elektron. lapisan aktif berada diantara sepasang elektroda dimana diantara anoda dan lapisan aktif disisipi lapisan yang berfungsi sebagai injeksi *hole*. Mengingat lebar difusi *exciton* di dalam lapisan aktif sangat pendek $\pm 100 \text{ nm}$ (Mayer, et al, 2007), maka sel surya dibuat dengan struktur *bulk-heterojunction* dimana lebar difusi akan tereduksi dan diharapkan mampu memperkecil peluang rekombinasi dari *exciton*. Proses pendeposisian lapisan aktif menggunakan *spin coating* karena dengan teknik ini memungkinkan pembentukan film yang sangat homogen dengan mempertimbangkan kecepatan rotasional, viskositas, dan konsentrasi berat molekul terhadap larutan (Krebs, 2008).

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

Annealing dilakukan terhadap lapisan aktif dari sel surya polimer yaitu pada suhu 120°C dan 150°C. Suhu *annealing* yang digunakan harus di atas suhu gelas transisi dari polimer dan di bawah suhu lelehnya. Pada penelitian ini, P3HT sebagai material donor memiliki suhu gelas transisi (T_g) 110°C dan suhu lelehnya yaitu sekitar 200°C (Lu, *et al*, 2012).

Pengaruh suhu *annealing* sebagai kontrol morfologi lapisan aktif sel surya polimer ditunjukkan oleh citra morfologi lapisan aktif dimana semakin homogen permukaan lapisan aktif maka semakin tinggi mobilitas pengisian muatan (Krebs, 2008). Di samping itu diperoleh grafik transmitansi terhadap panjang gelombang yang diserap lapisan aktif dimana menunjukkan pengaruh suhu *annealing* terhadap sifat optik lapisan aktif sel surya. Dengan menggunakan persamaan Planck akan diperoleh daerah panjang gelombang efektif penyerapan foton oleh lapisan aktif kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan grafik transmitansi yang diperoleh. Selain itu, transmitansi minimum akan menunjukkan penyerapan maksimum pada panjang gelombang tertentu.

Sebagai hasil unjuk kerja dari sel surya polimer, akan diperoleh parameter terukur yaitu tegangan sirkuit terbuka (V_{oc}), arus hubung pendek (I_{sc}), tegangan maksimum (V_{maks}), dan arus maksimum (I_{maks}). Berdasarkan parameter terukur akan diperoleh parameter unjuk kerja meliputi daya maksimum (P_{maks}), faktor pengisian (FF), dan efisiensi (η).

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *annealing* lapisan aktif polimer P3HT:PCBM terhadap unjuk kerja dari sel surya polimer yang ditumbuhkan di atas substrat gelas, dengan sasaran dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh suhu *annealing* terhadap karakteristik morfologi dari lapisan aktif polimer P3HT:PCBM.
2. Mengetahui pengaruh suhu *annealing* terhadap karakteristik optik lapisan aktif polimer P3HT:PCBM.

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

3. Mengetahui pengaruh suhu *annealing* terhadap unjuk kerja sel surya polimer.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian tentang sel surya polimer berbasis P3HT:PCBM memiliki beberapa manfaat diantaranya :

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh suhu *annealing* lapisan aktif polimer P3HT:PCBM terhadap unjuk kerja dari sel surya polimer yang ditumbuhkan di atas substrat gelas.
2. Memberikan kontribusi dalam pengembangan sel surya polimer berbasis P3HT:PCBM sebagai pertimbangan sumber energi terbarukan untuk beberapa tahun yang akan datang.
3. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran bagi para pembaca mengenai perkembangan sel surya yang juga bisa dikembangkan menggunakan polimer selain menggunakan silikon atau yang biasa dikenal sebagai sel surya konvensional.

F. Struktur Organisasi Penulisan

Untuk memahami alur pikir dalam penulisan skripsi ini, maka perlu adanya struktur organisasi yang berfungsi sebagai pedoman penyusunan dalam penulisan skripsi, yaitu sebagai berikut:

Bab I berisi Pendahuluan, yang terdiri dari latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan struktur organisasi skripsi. Latar belakang penelitian dimaksudkan untuk menjelaskan alasan peneliti melaksanakan penelitian, pentingnya masalah itu untuk diteliti, dan pendekatan untuk mengatasi masalah. Perumusan masalah menjelaskan tentang analisis dan rumusan masalah yang dinyatakan dalam bentuk kalimat tanya. Tujuan penelitian menjelaskan tentang hasil yang ingin dicapai setelah penelitian selesai dilakukan. Tujuan penelitian dirumuskan dalam bentuk kalimat kerja operasional dari perumusan masalah. Manfaat penelitian berisi

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013

tentang harapan dari penelitian yang dilakukan baik untuk peneliti maupun untuk pembaca.

Bab II berisi kajian pustaka. Kajian pustaka berfungsi sebagai landasan teoritik dalam menyusun rumusan masalah dan tujuan.

Bab III berisi penjelasan yang rinci mengenai metode penelitian. Komponen dari metode penelitian terdiri dari lokasi dan waktu penelitian, desain penelitian, dan pemaparan pelaksanaan penelitian. Pelaksanaan penelitian dimulai dari tahap persiapan berupa perancangan, tahap pelaksanaan berupa proses fabrikasi dari sel surya yang dan tahap akhir berupa karakterisasi.

Bab IV berisi hasil penelitian dari analisis data untuk menghasilkan temuan yang berkaitan dengan masalah penelitian, serta pembahasan yang dikaitkan dengan kajian pustaka.

Bab V berisi tentang kesimpulan dan saran yang menyajikan tentang pemahaman peneliti terhadap hasil analisis penelitian. Penulisan kesimpulan dan saran berupa butir demi butir dari hasil penelitian. Saran dapat ditunjukan kepada para peneliti berikutnya.

Daftar pustaka memuat semua sumber yang pernah dikutip dan digunakan dalam penulisan skripsi. Lampiran berisi semua dokumen yang digunakan dalam penelitian termasuk data hasil penelitian.

Zeniar Rossa Pratiwi, 2013