

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sel surya merupakan salah satu divais elektronik yang dapat mengubah secara langsung energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan sumber energi yang tidak akan pernah habis, selama matahari memancarkan sinarnya ke bumi. Diperkirakan bahwa sel surya akan menjadi sumber pembangkit listrik andalan di masa datang karena penggunaannya yang sangat praktis terutama untuk suplai energi di daerah-daerah terpencil yang sulit terjangkau.

Perkembangan penelitian dan aplikasi sel-surya sebagai sumber energi listrik utama dimasa mendatang sangat pesat, seiring berkurangnya sumber energi listrik berbahan bakar fosil dan masalah pencemaran lingkungan. Pengembangan divais fotovoltaik terkait dengan pengembangan teknologi semikonduktor. Tidaklah mengherankan jika pada awal-awal pengembangannya, dan juga hingga kini, divais fotovoltaik menggunakan prinsip kerja dioda yang dibuat dengan bahan semikonduktor.

Prinsip kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu sebagai gelombang dan sebagai partikel yang disebut dengan foton (Beiser, 1987). Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu diubah menjadi energi listrik (Kwok, 1995).

Seiring digunakannya bahan-bahan anorganik seperti silikon (Si) pada pembuatan semikonduktor di masa lalu, divais-divais fotovoltaik yang telah dikembangkan pun menggunakan bahan serupa, sehingga divais-divais semacam itu sering disebut sebagai divais fotovoltaik berbasis semikonduktor. Dewasa ini,

perkembangan divais fotovoltaik berbasis semikonduktor dengan bahan anorganik telah mencapai kemajuan yang berarti.

Perkembangan zaman menuntut banyak hal yang dihasilkan dengan proses yang mudah dan murah. Di satu sisi tingkat efisiensi divais fotovoltaik anorganik mencapai angka yang tinggi, tetapi di sisi lain proses pembuatan divais tersebut tidak sederhana, membutuhkan biaya pembuatan yang tinggi dan bentuknya cenderung kaku. Di samping itu dalam pembuatan divais fotovoltaik anorganik terdapat limbah yang dapat merusak lingkungan disekitarnya seperti racun silikon dan polusi udara dari industri pembuatan divais tersebut (Nath, 2010). Hal ini membuat para peneliti berusaha mencari divais sejenis yang dapat dibuat dengan proses yang sederhana, ramah lingkungan serta ongkos pembuatan yang murah. Salah satu bahan yang terus dikembangkan oleh para peneliti untuk mengatasi masalah tersebut adalah bahan organik.

Sel surya dengan bahan semikonduktor organik antara lain polimer terkonjugasi telah dikembangkan karena mempunyai potensi untuk diproduksi dengan harga fabrikasi yang murah, proses pembuatan relatif mudah dan dapat dikembangkan dengan substrat fleksibel (Krebs, 2009). Namun, di sisi lain sel surya polimer masih memiliki kekurangan seperti efisiensi yang masih rendah, mobilitas muatan pembawa yang masih rendah, dan juga masalah stabilitas dari lapisan aktif polimer jika digunakan dalam waktu yang cukup lama (Beek *et al*, 2005).

Konsep baru dalam pembuatan sel surya organik dilakukan oleh Tang tahun 1979. Dalam penelitiannya Tang menggabungkan 2 material semikonduktor organik pada suatu penghubung dan menghasilkan efek fotovoltaik (Saunders dan Turner, 2008). Setelah penelitian itu muncul istilah *heterojunction* yang berarti penghubung dari 2 material semikonduktor organik. Tahun 1994 Yu *et al*. melakukan penelitian dengan mencampurkan dua jenis semikonduktor polimer, yang kemudian dikenal dengan istilah *bulk heterojunction* (Saunders, 2012). Setelah penelitian itu, dikembangkan dua jenis sel surya *bulk heterojunction* yaitu

sel surya polimer/polimer dan sel surya polimer/nanopartikel semikonduktor anorganik yang kemudian disebut sel surya polimer hibrid (Saunders, 2012).

Sel surya hibrid polimer ini umumnya menggunakan suatu kombinasi dari polimer terkonjugasi (donor elektron) dengan bahan semikonduktor anorganik (akseptor elektron) sebagai lapisan untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi muatan listrik (Beek *et al.*, 2005). Material polimer terkonjugasi yang umumnya digunakan dalam sel surya ini adalah polimer yang mudah untuk diproses dan memiliki energi gap yang rendah (Bundgaard dan Krebs, 2007). Material semikonduktor anorganik yang digunakan adalah material yang memiliki mobilitas pembawa muatan yang tinggi, hal ini untuk mengatasi keterbatasan transpor muatan oleh material organik (Beek *et al.*, 2004). Dalam penelitian ini material semikonduktor organik yang berfungsi sebagai donor adalah P3HT (*poly(3-hexythiophene)*) dan material semikonduktor anorganik yang berfungsi sebagai akseptor adalah ZnO (*Zinc Oxide*). Selanjutnya P3HT dan ZnO akan dicampur dan dijadikan sebagai lapisan aktif pada sel surya polimer hibrid. Penggunaan P3HT pada lapisan aktif dikarenakan polimer ini memiliki stabilitas yang baik (Wright dan Uddin, 2012) dan dapat menghasilkan arus keluaran yang lebih besar dibandingkan dengan polimer lainnya (Moet *et al.*, 2007). Pemilihan ZnO sebagai akseptor pada lapisan aktif dikarenakan material ini tidak beracun, harganya lebih murah dibandingkan dengan akseptor organik seperti PCBM dan dapat diproses pada temperatur yang cukup rendah (Beek *et al.*, 2004).

Moet *et al.* (2007) melaporkan hasil penelitian sel surya hibrid campuran polimer P3HT/nc-ZnO dengan efisiensi 1,4% pada komposisi campuran 1:1. Penelitian serupa dilakukan Ji *et al.* (2010), dengan efisiensi 0,020% pada campuran P3HT-ZnO dengan komposisi campuran 3:7. Ferreira *et al.* (2011) melakukan penelitian dengan variasi susunan dari lapisan aktif campuran P3HT-ZnO, pada susunan *conventional blend* 15% ZnO pada campuran P3HT-ZnO menghasilkan efisiensi sebesar 0,62%. Oosterhout (2011) melakukan penelitian sel surya polimer hibrid dengan komposisi campuran P3HT-ZnO 1:1 menghasilkan efisiensi sebesar 2 %. Li *et al.* (2012) melaporkan efisiensi sel surya polimer hibrid P3HT-ZnO dengan komposisi campuran 1:2 sebesar 0,25%. Baik

Moet *et al.* (2007), Ji *et al.* (2010), Ferreira *et al.* (2011), Oosterhout (2011) dan Li *et al.* (2012) penelitian sel surya polimer hibrid dibuat di atas substrat kaca.

Pada kesempatan ini penulis melakukan penelitian tentang pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap karakteristik sel surya hibrid pada substrat fleksibel/palstik. Sekarang ini penggunaan substrat yang bersifat fleksibel sebagai pengganti kaca telah menjadi penelitian yang sangat menarik karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan substrat kaca. Beberapa kelebihannya adalah proses serta *handling* yang lebih mudah, aplikasi yang lebih luas, suhu proses fabrikasi rendah ($<150^{\circ}\text{C}$), serta mudah diproduksi secara massal atau dalam skala industri menggunakan sistem *roll to roll* (Krebs, 2009). Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan substrat PET (*polyethylene terephthalate*) yang bersifat fleksibel. Struktur sel surya polimer hibrid yang digunakan pada penelitian ini adalah PET/ITO/PEDOT:PSS/P3HT-ZnO/Al.

Berdasarkan penelitian Moet *et al.* (2007), Ji *et al.* (2010), Ferreira *et al.* (2011), Oosterhout (2011) dan Li *et al.* (2012), komposisi campuran lapisan aktif yang digunakan pada sel surya polimer hibrid bervariasi. Topik dalam penelitian ini difokuskan untuk menentukan komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO optimum yang menghasilkan karakteristik listrik dan unjuk kerja sel surya terbaik. Komposisi campuran lapisan aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah 7:3, 1:1, dan 3:7. Dengan pertimbangan ketiga komposisi campuran tersebut mewakili campuran yang didominasi polimer, campuran polimer dan ZnO seimbang, dan campuran yang didominasi ZnO.

Umumnya sel surya polimer hibrid memiliki struktur yang terdiri dari lapisan yang diapit diantara dua logam dan disebut lapisan aktif sel surya. Lapisan aktif sel surya merupakan salah satu bagian sel surya yang memiliki peran penting untuk menghasilkan karakteristik sel surya yang baik. Lapisan aktif ini juga memiliki peran yang sangat penting dalam proses konversi energi cahaya menjadi energi listrik. Penyerapan cahaya oleh P3HT dilakukan untuk membangkitkan eksiton (pasangan elektron-*hole*). Eksiton kemudian berdifusi dan terjadi proses pemisahan muatan bebas menjadi elektron dan *hole*. Elektron dan *hole* ini kemudian ditranspor ke masing-masing elektroda. Material ZnO pada sel surya

polimer hibrid berperan ketika transpor elektron ke katoda dengan mobilitas yang tinggi dan diharapkan akan mengurangi rekombinasi. Sedangkan *hole* ditranspor oleh material P3HT ke anoda melalui material PEDOT:PSS. Proses terakhir adalah pengumpulan muatan bebas pada masing-masing elektroda (Saunders, 2012).

Campuran lapisan aktif suatu sel surya polimer ikut berperan dalam menentukan seberapa banyak elektron dan *hole* terkumpul pada masing-masing elektroda. Penelitian mengenai pengaruh komposisi campuran lapisan aktif pada sel surya *bulk heterojunction* telah dilakukan oleh Moule *et al.* (2006) dengan material P3HT-PCBM. Ia menyebutkan bahwa komposisi campuran antara donor-akseptor tidak statis, melainkan bergantung pada ketebalan lapisan aktifnya (Moule *et al.*, 2006).

Apabila dikaji secara teoritik, fakta ini terkait dengan proses penyerapan cahaya oleh P3HT dan proses transpor muatan oleh ZnO. Jika sel surya yang menggunakan P3HT dengan komposisi lebih tinggi dari ZnO, maka cahaya yang diserap akan semakin besar. Hal ini akan menyebabkan eksiton yang dibangkitkan semakin banyak. Akan tetapi pada saat transpor muatan elektron menuju katoda, sebagian elektron yang dihasilkan akan mengalami rekombinasi dan tidak akan sampai menuju katoda. Hal ini terjadi karena jumlah elektron yang dihasilkan tidak sebanding dengan jumlah partikel ZnO. Sebaliknya apabila komposisi ZnO lebih tinggi daripada P3HT, maka cahaya yang akan diserap untuk membangkitkan eksiton semakin sedikit. Muatan bebas hasil pemisahan eksiton tersebut akan menghasilkan elektron dan *hole* dalam jumlah yang sedikit. Meskipun jumlah partikel ZnO banyak, akan tetapi muatan yang akan ditranspor menuju katoda berjumlah sedikit. Hal ini akan berdampak pada unjuk kerja sel surya polimer hibrid.

1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penelitian tentang komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO sel surya polimer hibrid substrat fleksibel belum banyak diteliti. Hal tersebut yang mendorong penulis melakukan penelitian sel surya polimer hibrid substrat fleksibel dengan variasi komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO. Komposisi campuran ini berupa perbandingan

massa masing-masing material yang akan digunakan sebagai campuran lapisan aktif. Material yang digunakan adalah polimer P3HT dan semikonduktor ZnO. Permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap morfologi permukaan lapisan aktif sel surya polimer hibrid substrat fleksibel?
2. Bagaimana pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap serapan cahaya lapisan aktif sel surya polimer hibrid substrat fleksibel?
3. Bagaimana pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap *incident photon to current efficiency* (IPCE) sel surya polimer hibrid substrat fleksibel?
4. Bagaimana pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap karakteristik listrik dan unjuk kerja sel surya polimer hibrid substrat fleksibel?

Morfologi permukaan lapisan aktif yang ditinjau adalah pori yang terbentuk pada lapisan aktif. Jumlah pori akan mempengaruhi jumlah cahaya yang diserap oleh lapisan aktif. Sedangkan serapan cahaya lapisan aktif yang ditinjau adalah daya serap lapisan aktif terhadap panjang gelombang ultraviolet hingga cahaya tampak (*visible*). *Incident photon to current conversion efficiencies* (IPCE) merupakan perbandingan arus yang dihasilkan dengan foton yang masuk pada sel surya. Karakteristik listrik berupa tegangan *open-circuit* (V_{oc}) dan arus listrik *short-circuit* (I_{sc}). Sedangkan unjuk kerja sel surya berupa daya keluran (P_m), *fill factor* (FF), dan efisiensi (η). Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Komposisi campuran yang diamati adalah 7:3, 1:1 dan 3:7 untuk perbandingan massa P3HT dan ZnO.
2. Pengukuran karakteristik listrik sel surya dilakukan pada intensitas penyinaran sebesar 270 W/m^2 .
3. Luas area aktif sel surya sebesar $2,6 \text{ cm}^2$ dengan dimensi $6,5 \text{ cm} \times 0,4 \text{ cm}$.

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui:

1. Pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap morfologi permukaan lapisan aktif sel surya polimer hibrid substrat fleksibel
2. Pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap serapan cahaya lapisan aktif sel surya polimer hibrid substrat fleksibel
3. Pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap *incident photon to current efficiency* (IPCE) sel surya polimer hibrid substrat fleksibel
4. Pengaruh komposisi campuran lapisan aktif P3HT-ZnO terhadap karakteristik listrik dan unjuk kerja sel surya polimer hibrid substrat fleksibel

1.4. Manfaat

Dengan dilakukannya penelitian pada sel surya organik (polimer hibrid) ini, diharapkan mampu memberikan informasi mengenai karakteristik sel surya polimer hibrid yang sampai saat ini masih menjadi riset untuk dikembangkan hingga dimanfaatkan sebagai aplikasi mikroelektronik berdaya rendah. Memberi kontribusi dalam pengembangan sumber energi yang ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan untuk sumber energi baru khususnya sumber energi arus lemah (arus DC). Penelitian sel surya organik sangat memungkinkan dalam kebaruan alih teknologi, yaitu dari teknologi berbahan bakar fosil menjadi teknologi dengan sumber energi dari sel surya organik yang memanfaatkan sinar matahari yang berlimpah.

1.5. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini berisikan mengenai latar belakang, identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini dijelaskan tentang tinjauan pustaka pendukung yang digunakan untuk pembahasan sel surya polimer hibrid.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menyajikan metode-metode apa yang dilakukan oleh penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Yang mana didalamnya berisi prosedur pembuatan sel surya polimer hibrid dan karakterisasi sel surya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pembahasan-pembahasan yang dibuat berdasarkan atas latar belakang, tujuan, dan pokok permasalahan yaitu mengenai pengaruh komposisi campuran lapisan aktif terhadap morfologi permukaan dan serapan cahaya lapisan aktif sel surya polimer hibrid. Serta pengaruh komposisi campuran terhadap katakteristik IPCE dan karakteristik listrik.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan penutup yang meliputi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan dari skripsi ini serta saran apakah sel surya ini agar lebih efisien dalam mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik.