

# Fabrikasi dan Karakterisasi Sel Surya Organik Berbasis ITO/CuPc/PTCDI/Ag

Fahru Nurosyid dan Kusumandari

**Abstract:** Has been fabricated and characterized an organic solar cell based on Copper phthalocyanine (CuPc) and 3, 4, 9, 10 perylenetetracarboxylic diimide (PTCDI). CuPc and PTCDI layer sandwiched between two different electrode of ITO and Ag by vacuum evaporation so solar cell structure is ITO/CuPc/PTCDI/Ag. UV-Vis spectra of ITO/CuPc/PTCDI/Ag is 400 nm to 760 nm which is superposition of CuPc layer and PTCDI layer. From characterization of current density – voltage (J-V) show that current under illumination higher than dark current. The power conversion efficiency of 0.40 % under illumination 100 mW/cm<sup>2</sup> are obtained with fill factor 0.33.

**Keywords:** organic solar cells, Copper phthalocyanine, 3, 4, 9, 10 perylenetetracarboxylic diimide

## PENDAHULUAN

Kebutuhan energi yang semakin meningkat menyebabkan terjadinya crisis energi yang selama ini dipenuhi oleh bahan bakar fosil. Selain itu penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi telah terbukti ikut menambah terjadinya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh gas buang. Oleh karena itu sudah saatnya untuk mencari alternatif penyediaan energi listrik yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan bahan bakar fosil, mampu memanfaatkan potensi sumberdaya energi setempat, dan tidak merusak lingkungan. Sistem penyedia energi yang dapat memenuhi kriteria diatas adalah sistem konversi energi yang memanfaatkan sumber daya energi

terbarukan, seperti: matahari, angin, air dan biomass.

Teknologi fotovoltaik mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan divais semikonduktor yang disebut sel surya. Sel surya sebagai sumber listrik belum bisa diandalkan sebagai pengganti tenaga listrik dari sumber bahan bakar fosil. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antarlain, kemampuan sel yang belum optimal dalam menghasilkan energi listrik dan proses pembuatan yang membutuhkan biaya yang mahal. Berbagai bahan anorganik telah dibuat untuk piranti sel surya, seperti kristal silikon, paduan golongan III-V GaAs dan InP, CdTe, dan CuInSe<sub>2</sub> ([www.energisurya.wordpress.com](http://www.energisurya.wordpress.com)). fotovoltaik dengan menggunakan

material organik mulai menarik perhatian karena menawarkan biaya pembuatan yang lebih murah daripada penggunaan material anorganik.

Usaha dalam peningkatan efisiensi sel surya organik telah dilakukan dengan pemilihan material organik yang sesuai, antara lain dengan penggunaan molekul donor-akseptor, polimer, dan carbon nanotube. (Peumans et al, 2000; Granstrom et al, 1998; Kymakis et al, 2002)

Efisiensi sel surya organik bergantung pada tiga proses, yaitu: absorpsi cahaya, pemisahan eksiton dan pengumpulan muatan. Rendahnya efisiensi sel surya disebabkan oleh panjang difusi eksiton  $L_d$  yang rendah dibandingkan dengan panjang absorpsi foton dari material organik (Yakimov et al, 2002). Panjang difusi eksiton bergantung pada mobilitas eksiton dan waktu hidup (*lifetime*). Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi diperlukan material yang mempunyai absorpsivitas dan mobilitas elektron yang tinggi (Yang dan Yan, 2005).

Salah satu material organik yang telah banyak diteliti sebagai bahan sel surya adalah

phthalocyanine (Pc). Material ini memiliki kestabilan kimia dan kestabilan thermal yang relatif tinggi, serta koefisien absorpsi yang tinggi (H.Y. Lee et al., 2000). Dalam sel surya salah satu sifat yang penting adalah fotokonduktifitas. Perylene adalah material dengan fotokonduktifitas yang besar sehingga banyak digunakan sebagai photoreceptors dan sel surya organik.

Efisiensi sel surya juga dapat ditingkatkan dengan pemakaian disain yang sesuai dengan spektrum cahaya matahari. *Single layer cell* atau homojunction terdiri dari satu lapisan material semikonduktor organik yang disusun diantara dua elektroda. Tipe ini biasa disebut Schottky type, yang membentuk kontak ohmik dan penyearah, pemisahan eksiton terjadi pada sambungan penyearah (*rectifying junction*). Struktur ini sederhana, tetapi jangkauan spektrumnya rendah terhadap jangkauan cahaya tampak sehingga efisiensi daya yang dihasilkan rendah. Heterojunction atau *double layer cell* dibuat dengan menyusun lapisan donor dan akseptor diantara dua elektroda. Kelebihan dari struktur ini adalah adanya pemisahan transport muatan dengan elektroda yang sesuai

sehingga hanya sebagian kecil yang berekombinasi dengan pasangannya. Penggunaan dua material semikonduktor yang berbeda menyebabkan jangkauan spektrum yang dapat diserap lebih lebar (Triyana, 2004).

Berdasarkan latar belakang di atas, dalam penelitian ini akan dibuat sel surya organik berbahan semikonduktor organik Copper Phthalocyanine (CuPc) dan 3,4,9,10 Perylenetetra-carboxylic diimide (PTCDI) dengan elektroda indium tin oxide (ITO) dan perak (Ag). Pembuatan lapisan dilakukan dengan metode evaporasi. Untuk memperoleh lapisan yang baik maka dilakukan karakterisasi sifat optik dan parameter fotovoltaiik dari lapisan tipis. Untuk mengetahui sifat optiknya digunakan UV-Visible Spectrophotometer dan untuk mengetahui parameter fotovoltaiik lapisan tipis digunakan karakterisasi rapat arus – tegangan (J-V).

## METODE PENELITIAN

Proses pendeposisian lapisan dimulai dengan pembersihan substrat dan penimbangan material sampel. Pembersihan substrat dilakukan dengan ultrasonic cleaner selama 4 jam dengan urutan: aseton, detergen, aseton dan etanol

yang masing-masing dilakukan selama 1 jam. Penimbangan massa material dilakukan dengan neraca digital dengan massa CuPc 100 mg dan massa PTCDI 75 mg. Untuk membentuk lapisan dengan struktur heterojunction ITO/CuPc/PTCDI/Ag digunakan metode evaporasi vakum menggunakan alat evaporator Ladd research.

Untuk mengetahui absorbansi lapisan digunakan alat spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 1601 dengan panjang gelombang 400 – 800 nm. Untuk mengetahui parameter-parameter fotovoltaiik dilakukan dengan karakterisasi rapat arus–tegangan (J-V). Dari hasil karakterisasi ini akan diketahui efisiensi dari sel surya.

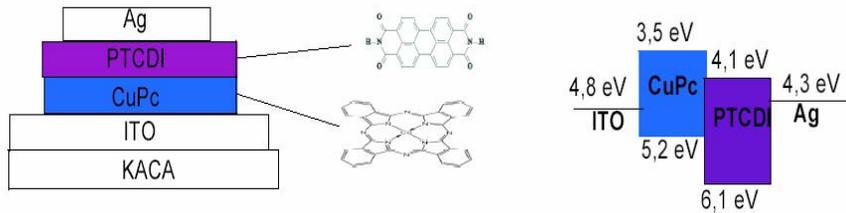
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Karakterisasi Absorbansi

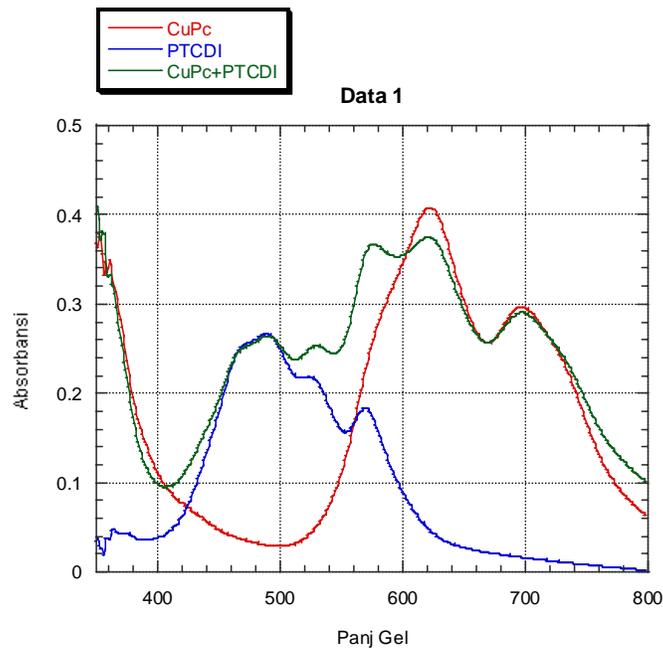
Gambar 2 diketahui bahwa lapisan CuPc mempunyai jangkauan daerah absorpsi dari 525-760 nm, dan pada daerah absorpsi 400-450 nm terdapat serapan dengan intensitas absorpsi kecil. Puncak absorpsi pertama pada CuPc terdapat pada 556-559 nm dan puncak absorpsi kedua pada 638-643 nm. Spektrum absorpsi PTCDI berada pada jangkauan 400-645

nm, puncak absorpsi pertama pada 481-477 nm dan puncak absorpsi kedua pada 571-569 nm. Jangkauan panjang gelombang ini masuk

kategori gelombang ultra-violet yang cukup banyak sampai ke bumi, sehingga CuPc dan PTCDI potensial dijadikan sebagai sel surya.



**Gambar 1.** Lapisan tipis sel surya organik ITO/CuPc-PTCDI/Ag



**Gambar 2.** Spektrum absorbansi lapisan CuPc, PTCDI dan lapisan Heterojunction CuPc/PTCDI

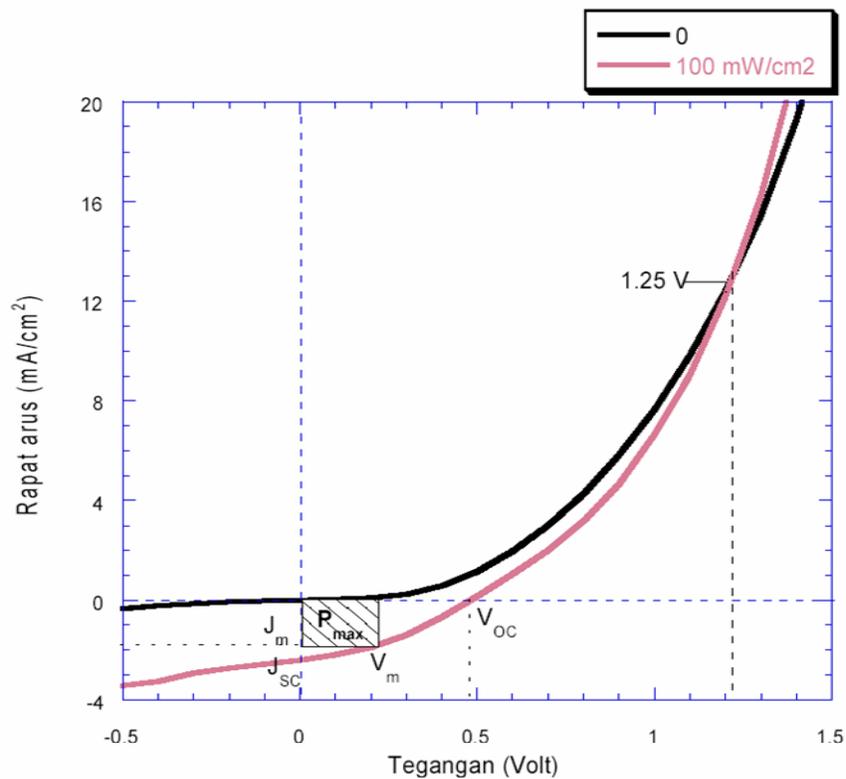
Spektrum absorpsi dari lapisan heterojunction CuPc/PTCDI mempunyai jangkauan absorpsi 400-760 nm. Hal ini terjadi karena pada saat cahaya datang mengenai lapisan, maka sebagian besar foton

dengan panjang gelombang sekitar 400-600 nm tidak akan diabsorb oleh CuPc akan tetapi diabsorb oleh PTCDI. Hal ini menunjukkan bahwa CuPc dan PTCDI berkontribusi pada absorpsi lapisan heterojunction.

**2. Karakteristik Arus – Tegangan**

Gambar 3 menunjukkan karakteristik rapat arus-tegangan dari lapisan ITO/CuPc/PTCDI/Ag dalam keadaan gelap dan terang dengan intensitas cahaya 100 mW/cm<sup>2</sup>. Lapisan diberi tegangan 0-2 Volt untuk bias maju dan 0-1,5 Volt untuk bias mundur. Ketika dikenai

bias maju, maka potensial penghalang akan berkurang sehingga elektron akan dengan mudah berdifusi dan menghasilkan arus. Ketika dikenai bias mundur, potensial penghalang akan meningkat sehingga elektron yang berdifusi sedikit dan dapat diabaikan.



**Gambar 3.** Karakteristik rapat arus-tegangan ITO/CuPc-PTCDI/Ag

Selama absorpsi foton, eksiton dihasilkan pada lapisan CuPc diikuti dengan difusi eksiton menuju interface CuPc/PTCDI dan pemisahan eksiton menjadi elektron

dan hole bebas. Elektron menuju pita konduksi PTCDI dan hole menuju pita valensi CuPc. Kemudian tiap elektron dan hole bebas menuju elektroda, elektron terkumpul pada

Ag dan hole terkumpul pada ITO. Pada kuadran pertama arus yang dihasilkan dari karakteristik J-V pada keadaan terang lebih besar daripada keadaan gelap. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan jumlah pembawa muatan akibat absorpsi foton. Hasil dari penelitian lain juga menunjukkan bahwa arus pada keadaan terang lebih besar daripada arus pada keadaan gelap.

Dari penelitian Dedi Raharjo tentang pengaruh ketebalan terhadap arus yang dihasilkan oleh lapisan CuPc diketahui bahwa semakin tebal lapisan CuPc akan semakin besar arus yang dihasilkan baik dalam keadaan gelap maupun keadaan terang (Raharjo, 2007). Hal ini disebabkan karena semakin tebal lapisan maka absorbansinya juga semakin besar dan pembawa muatan yang menghasilkan arus meningkat. Dari karakteristik J-V dengan intensitas cahaya 100 mW/cm<sup>2</sup> dihasilkan VOC 0,50V dan JSC 2,40 mA/cm<sup>2</sup>. Nilai VOC yang dihasilkan sesuai dengan perbedaan fungsi kerja kedua elektroda (Ag 4,3 eV dan ITO 4,8 eV). Selain itu dihasilkan  $V_m$  0,22 V dan  $J_m$  1,80 mA/cm<sup>2</sup>. Dengan menggunakan perumusan yang ada maka dihasilkan *fill factor* 0,33 dan

efisiensi daya sebesar 0,40%. Rendahnya efisiensi dan *Fill Factor* disebabkan oleh besarnya resistansi divais. Besarnya resistansi akan menghalangi muatan mencapai elektroda sehingga mengurangi arus yang dihasilkan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut yaitu telah berhasil dibuat lapisan tipis dengan struktur ITO/CuPc/PTCDI/Ag. Hasil karakterisasi UV-Visible Spectrophotometer menunjukkan bahwa spektrum absorpsi ITO/CuPc/PTCDI/Ag merupakan superposisi dari spektrum absorpsi CuPc dan PTCDI. Arus yang dihasilkan pada keadaan terang lebih besar daripada arus pada keadaan gelap. Berdasarkan karakterisasi rapat arus-tegangan (J-V) diperoleh efisiensi sel surya sebesar 0,40 % dan *fill factor* 0,33.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, yang telah membiayai penelitian ini lewat dana Hibah Bersaing dengan No. Kontrak 017/SP2H/PP/DP2M/III/2008.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim, 2007: Sel Surya dari Masa ke Masa, <http://www.energisurya.wordpress.com>
- Dedi, R, 2007: Studi Penumbuhan dan Karakterisasi Lapisan Tipis Copper Phthalocyanine dengan Variasi Massa Deposisi, Skripsi S1, Fisika FMIPA, UNS, Surakarta.
- Granstrom, M., Petritsch, K., Arias, A. C., Lux, A., Anderson, M. R., dan Friend, R. H., 1998: Laminated Fabrication of Polymeric Photovoltaic Diodes. *Nature*, Volume 395, 17 September 1998.
- Kymakis, E., dan Amaratunga, A. J., 2002: Single-wall Carbon Nanotube/Conjugated Polymer Photovoltaic Devices. *Applied Physics Letters*, Volume 80, Number 1, 7 January 2002,
- Lee, H. Y., Kang, Y. S., Jang, M. S., Tanaka, H., dan Kawai, T., 2000: Variation of The Orientation and the In-Plane Photocurrent Properties of Pbte/Cupc Heterostructure with Growth Conditions, *Journal of the Korean Physical Society*, Vol 37, No. 4, October 2000.
- Peumans, P., Bulovic, V., dan Forrest, S. R., 2000: Efficient Photon Harvesting at High Optical Intensities in Ultrathin Organic Double-Heterostructure Photovoltaics Devices. *Applied Physics Letters*, Volume 76, Number 19, 8 May 2000.
- Shao, Y. dan Yang, Y., 2005: Efficient Organic Heterojunction Photovoltaic Cells Based on Triplet Materials, *Adv.Mater*, Volume 17.
- Yakimov, A. dan Forrest, S. R., 2002: High Photovoltage Multiple-heterojunction Organic Solar Cells Incorporating Interfacial Metallic Nano clusters. *Applied Physics Letters*, Volume 80, Number 9, 4 March 2002.