

Eksperimen Dengan Menggunakan Teknik Deposisi Spin Coater dan Pemodelan DSSC Buah Senduduk Dalam Menentukan Karakteristik dan Efisiensi

Ego Srivajawaty S¹, Hubertus Ngaderman²

1. Fisika, MIPA, Universitas Cenderawasih, Waena, Jayapura, 99351, Indonesia

2. Universitas Cenderawasih, Waena, Jayapura, 99351, Indonesia

E-mail : srivajawati@ymail.com

E-mail : ngadermanh@gmail.com

Abstrak

Teknologi sel surya saat ini adalah teknologi yang dikembangkan sebagai energi alternatif. Dye Sensitized Solar Cells DSSC merupakan salah satu kandidat yang berpotensi sebagai sel surya generasi mendatang dikarenakan ia tidak memerlukan material dengan tingkat kemurnian tinggi sehingga biaya produksi yang rendah. Dye yang digunakan sebagai sensitizer dapat berupa sintetik maupun alami. Dye sintetik menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks (jenis ini mahal), selain itu mengandung logam berat yang berpengaruh buruk pada lingkungan. Untuk mengurangi biaya dikembangkanlah DSSC berbasis organik pada material sensitizernya. DSSC menggunakan prinsip yang sama dengan proses fotosintesis yaitu dye bertingkah laku seperti klorofil yang menyerap cahaya dan memproduksi carrier. Efisiensi mencapai di atas 10% tetapi dengan menggunakan ruthenium. Maka diperlukan penelitian yang secara besar-besaran mencari, menginvestigasikan material sensitizer yang mempunyai performansi baik, murah dan aman bagi lingkungan. Dalam penelitian ini akan dilakukan fabrikasi DSSC dengan menggunakan dye buah senduduk (*Melastoma Malabathricum*) dan semikonduktor oksidanya adalah nanokristal TiO_2 . Efisiensi yang terhitung adalah 9,06%.

Kata kunci: dye buah senduduk, TiO_2

Abstract

[Theory, computation and modeling] The current solar cell technology is a technology developed as an alternative energy. DSSC Dye Solar Cells is a potential candidate as next-generation solar cells because it does not require a material with a high degree of purity so that production costs are low. Dye used as a sensitizer can be either synthetic or natural. A synthetic organic dye using a ruthenium metal complex (it is expensive), but contains heavy metals, which are harmful to the environment. To reduce the cost of the DSSC grows organically based on sensitizernya material. DSSC using the same principles for the process of photosynthesis that behave as chlorophyll dye that absorbs light and carrier product. Achieve yields above 10%, but using ruthenium. It is necessary to study large-scale research, investigate material sensitizernya that has good performance, cheap and environmentally safe. In this research will be carried out DSSC manufacturing using a senduduk fruit dye (*Melastoma malabathricum*) and semiconductor oxide is TiO_2 nanocrystal. The efficiency is calculated is 9.06%.

Keywords: senduduk fruit coloring, TiO_2 .

PENDAHULUAN

Cadangan energi utama berupa minyak dan gas bumi di seluruh dunia termasuk di Indonesia semakin menipis. Sel surya sebagai suatu piranti yang berguna untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi listrik adalah merupakan salah satu jawaban dari masalah penyediaan energi yang baru dan terbarukan di masa depan. Sel surya anorganik mempunyai efisiensi yang tinggi (Umeno et al, 1997) tetapi pengembangan membutuhkan investasi besar dengan fabrikasi yang sulit. Beberapa tahun terakhir telah dikembangkan sel surya dengan bahan organik. Beberapa yang dikenal adalah sel surya organik (SSO) dan DSSC. SSO dan DSSC mempunyai potensi sebagai piranti pengkonversi energi yang

lebih murah dan mudah dalam fabrikasinya. Selain itu, rekayasa hingga level molekuler dan sintesis bahan semikonduktor organik juga tidak terbatas, bahkan dapat diekstraksi dari tumbuh-tumbuhan yang dapat dibudidayakan (Singh et al, 2006). Pengembangan SSO makin pesat karena dipicu oleh keberhasilan pengembangan divais LED organik (OLED) yang sudah memasuki tahap komersial. SSO lapisan tipis terdiri dari beberapa jenis antara lain adalah SSO bulk (Monestier et al, 2007) dan SSO heterojunction (Yakimov, 2002) sedangkan DSSC hanyalah satu jenis tetapi material dye, semikonduktor oksida dan elektrolit yang bisa bervariasi. Riset ini terfokus pada DSSC dengan menggunakan dye buah senduduk (*Melastoma*

Malabathricum) dan semikonduktor oksidanya adalah nanomaterial (nanokristal) TiO_2 berfase anatase dan rutil serta elektrolitnya adalah iodine dan triiodide .

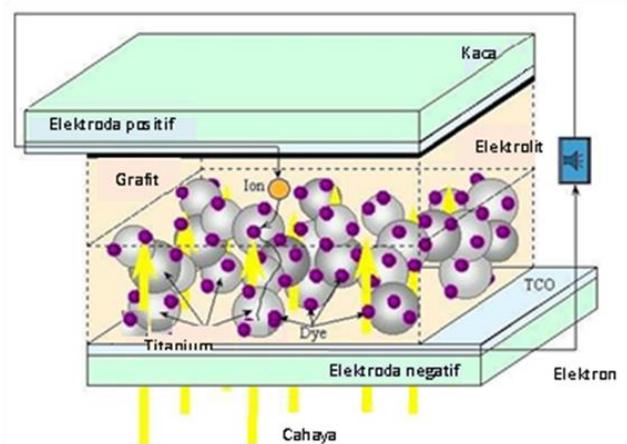
DSSC nanokristal merupakan Sel Surya generasi ketiga (mendatang) hal ini dikarenakan ia tidak memerlukan material dengan tingkat kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksi yang rendah. Dye yang digunakan sebagai sensitizer dapat berupa sintetik maupun alami. Dye sintetik menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks (jenis ini mahal), selain itu berpengaruh buruk pada lingkungan. Untuk mengurangi biaya dikembangkan DSSC berbasis organik pada material sensitizernya. DSSC menggunakan prinsip yang sama dengan proses fotosintesis yaitu dye bertingkah laku seperti klorofil yang menyerap cahaya dan memproduksi pembawa (carrier). Efisiensi untuk DSSC tidak diragukan lagi yaitu mencapai di atas 10% tetapi dengan menggunakan jenis yang mahal itu yaitu organik logam berbasis ruthenium kompleks. Maka diperlukan penelitian yang secara besar-besaran mencari, menginvestigasikan material sensitizer yang mempunyai performansi baik, murah dan aman bagi lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah membuat (fabrikasi) DSSC dengan menggunakan dye buah senduduk dan semikonduktor oksidanya adalah nanomaterial (nanokristal) TiO_2 dengan teknik deposisi spin coating. Menentukan efisiensi berdasarkan eksperimen dan membuat pola karakteristik dan efisiensi juga berdasarkan modeling.

LANDASAN TEORI

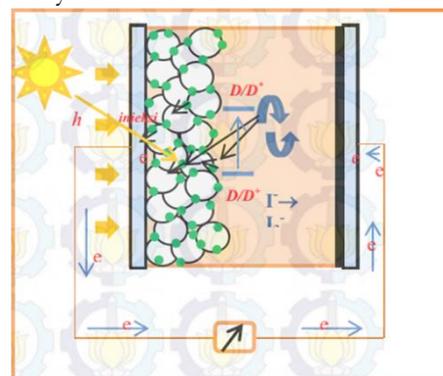
DSSC terdiri dari dye sensitizer yang terbuat dari bahan organik, semikonduktor oksida lapisan TiO_2 nanokristal, larutan elektrolit yang mengandung pasangan redoks iodine dan triiodide dan ITO sebagai elektoda. Mengatur peningkatan kerapatan optis semikonduktor dan dye menghasilkan efisiensi serapan cahaya. Kerapatan optis tersebut menyatakan besarnya transmisi optik dengan panjang gelombang tertentu. Kerapatan optis merupakan perbandingan antara intensitas awal dan intensitas transmisi. DSSC berbentuk struktur sandwich dimana TiO_2 dengan dye dan elektroda pembanding yang terbuat dari kaca ITO dilapisi karbon yang mengapit elektrolit membentuk sistem sel fotoelektrokimia. Elektroda pembanding terbuat dari kaca ITO yang dilapisi dengan karbon karena memiliki konduktivitas yang cukup dan resistansi panas dan aktivitas elektrokatalitik dari reduksi triiodide.

TiO_2 adalah material yang memiliki daya oksidasi yang kuat, fotostabilitas tinggi dan **selektivitas redoks. Sifat fisis dan kimia TiO_2** bergantung pada ukuran, morfologi dan struktur kristal (anatase, rutil dan brookite). Kristal TiO_2 fase anatase memiliki kemampuan yang lebih daripada rutil. Anatase dianggap sebagai fase yang paling menguntungkan untuk fotokatalisis dan konversi cahaya menjadi energi. Kendala yaitu ia hanya mampu menyerap sinar dalam spektrum ultraviolet (350-380nm). Untuk meningkatkan serapan spektra TiO_2 di daerah tampak dibutuhkan material pelapis yang akan menyerap cahaya tampak dimana berfungsi sebagai sensitizer.



Gambar 1. DSSC

Elektroda pada DSSC merupakan kaca yang dilapisi oleh TiO_2 yang telah terabsorpsi oleh dye dimana TiO_2 berfungsi sebagai kolektor sehingga disebut semikonduktor tipe-n. Struktur nano TiO_2 memungkinkan dye yang terabsorpsi lebih banyak sehingga menghasilkan proses absorpsi cahaya yang efisien. Pada elektroda pembanding dilapisi katalis berupa karbon untuk mempercepat reaksi redoks pada elektrolit. Pasangan redoks yang umumnya dipakai yaitu iodine dan triiodide .



Gambar 2. Prinsip kerja DSSC

Dye berfungsi sebagai donor elektron yang menyebabkan timbulnya hole saat dye terkena sinar.

Sehingga dye dapat dikatakan sebagai semikonduktor tipe-p. Ketika molekul dye terkena sinar elektron dye tereksitasi dan masuk ke lapisan titanium dioksida. Proses yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut: (a) Energi foton diserap oleh dye yang melekat pada permukaan TiO_2 sehingga elektron dari dye mendapatkan energi untuk dapat tereksitasi (D^*). (b) Elektron ke pita konduksi TiO_2 . Dye kemudian dalam keadaan teroksidasi (D^+). (c) Selanjutnya elektron ditransfer melewati rangkaian menuju elektroda karbon. (d) Elektrolit redoks berupa pasangan iodide dan triiodide bertindak sebagai mediator elektron sehingga menghasilkan proses siklus dalam sel. Triiodida yang terbentuk akan menangkap elektron yang berasal dari rangkaian luar dengan bantuan molekul karbon sebagai katalis. (e) Elektron yang tereksitasi kembali dan bereaksi dengan elektrolit menuju dye teroksidasi. Elektrolit menyediakan elektron pengganti untuk molekul dye teroksidasi, sehingga dye kembali ke keadaan awal.

Tegangan yang dihasilkan berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor TiO_2 dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks. Sedangkan arus yang dihasilkan terkait dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja dye yang digunakan. Buah Senduduk adalah tumbuhan yang tumbuh liar pada tempat yang mendapat sinar matahari yang cukup seperti di lereng gunung, semak belukar dan lapangan yang tidak terlalu gersang. TiO_2 merupakan salah satu material yang murah dan tidak beracun. Pendeposisian pada substrat konduktif transparan berfungsi sebagai elektroda dan fotovoltaik sebagai selaput tipis yang digunakan untuk sensor gas dan peralatan semikonduktor lainnya. TiO_2 memiliki tiga struktur kristal yaitu anatase, rutil dan brokit. Hanya rutil dan anatase yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi.



Gambar 3. Buah *Melastoma malabathricum*

Regnum : Plantae	Regnum : Plantae
Divisio: Spermatophyta	Divisio: Spermatophyta
Subdivisio: Angiospermae	Subdivisio: Angiospermae
Classis : dicotyledoneae	Classis : dicotyledoneae
Subclassis: dialypetalae	Subclassis: dialypetalae

METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kaca TCO (*Transparent Conductive Oxide*), serbuk TiO_2 (MERCK), triton, etanol 75%, aquades, buah senduduk. Peralatan yang digunakan adalah multi meter digital, magnetic stirrer, hotplate, penjepit kertas, penjepit buaya, beaker glass 25ml, pensil karbon, pipet tetes, spatula, batang gelas (glasstirringrod), timbangan digital, tisu, spin coaster SCS 6800 dan Spektrofotometer UV-Vis Genesys.

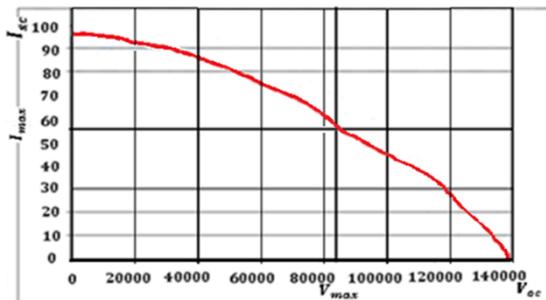
Bahan dasar dari layer oksida ini adalah semikonduktor TiO_2 (Merck) 3,5 gram yang dicampurkan dengan etanol sebanyak 15 ml di dalam beaker glass. Campuran ini kemudian diletakkan di atas stirrerplate yang kemudian diaduk rata dengan menggunakan magnetic stirrer. Untuk membuat larutan dye ekstrak buah senduduk dilakukan dengan menyiapkan buah senduduk secukupnya dan diletakkan kedalam gelas baker setelah itu digerus dengan menggunakan mortar. Setelah itu masukkan etanol 75% kedalam gelas beaker sebanyak 15 ml setelah itu diamkan selama 2 jam lalu kita pisahkan dye dengan butiran-butiran halus dengan menggunakan spin coaster SCS 6800 selama 2 menit.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-Vis Genesys yang bertujuan agar peneliti mengetahui daya absorbansi dari buah senduduk. Untuk pendeposisian pasta TiO_2 dan karbon dilakukan dengan menyiapkan dua kaca TCO yang telah dipotong berbentuk persegi dengan ukuran panjang 2 cm dan lebar 2 cm yang telah dicuci bersih dengan menggunakan etanol yang selanjutnya dibersihkan dengan tisu lalu dikeringkan dengan hairdryer. Setelah kering taruh kaca TCO diatas tempat bersih dengan posisi sisi konduktif

menghadap keatas lalu beri lakban putih disetiap sisi sekitar 0,5 cm agar pasta yang kita teteskan tidak mengenai seluruh permukaan kaca. Setelah pastinya dioleskan pada kaca secara merata lalu kita tunggu selama 5 menit agar pastinya benar-benar kering setelah pastinya menempel lalu kita panaskan dengan menggunakan alat hotplate selama 15 menit dengan suhu 30°C untuk kaca TCO yang kedua kita lapiskan karbon dengan menggunakan pensil karbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian fabrikasi DSSC dye buah senduduk dan nanokristal TiO₂ dengan teknik deposisi spin coating adalah ditampilkan pada grafik Gambar 4. Kurva tersebut lewat melalui empat kuadran oleh karena itu daya bisa diekstrak dari divais ini. Kurva secara umum dihadirkan oleh Gambar 4 dimana invers dari Karakteristik . Intensitas awal 23 , luasan area 2,38 , daya awal 0,05474watt, kuat arus maksimum 0,056mA, tegangan maksimum 88,6mV, daya maksimum 0,0049616 watt, arus short circuit 0,098 mA dan tegangan open circuit 143,1mV dan Fill Factor 0,3537985. Efisiensi yang diperoleh 9,06%.

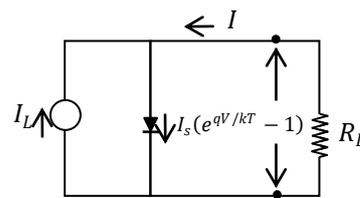


Gambar 4. Karakteristik .

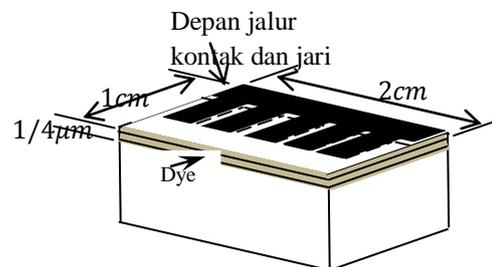
Rangkaian ekuivalensi DSSC ditunjukkan pada Gambar 5. Oleh karena sifat penelitian ini adalah eksperimen dan pemodelan maka sengaja untuk menghadirkan rangkaian ekuivalensi dan rumus di bagian Pembahasan ini. Sumber dihasilkan dari eksitasi kelebihan pembawa karena radiasi matahari. adalah arus saturasi dan hambatan beban.

Dengan demikian karakteristik ideal dari divais ini diberikan oleh persamaan

dan rapat arus saturasinya adalah

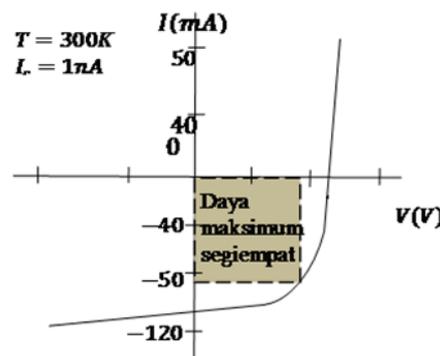


Gambar 5a

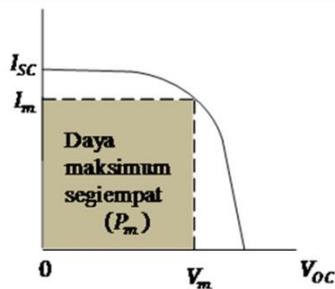


Gambar 5b

Persamaan (1) sampai (8) adalah persamaan yang ditentukan berdasarkan kajian teoritis yang dibuat oleh Sze et al tahun 2003. dari pers (2) adalah luasan area TCO. Plot dari pers (1) bisa memberikan grafik yang sama dengan Gambar 4 untuk , dan . Kurva secara umum dihadirkan oleh Gambar 6b (sama dengan grafik pada Gambar 4) dimana inversi dari Gambar 6a. adalah arus rangkaian singkat sama dengan dan adalah tegangan rangkaian buka. Area yang diarsir dalam gambar adalah segiempat daya maksimum. Dalam Gambar 6b adalah kuantitas-kuantitas dan yang sesuai dengan arus dan tegangan berturut-turut untuk output daya maksimum .



Gambar 6a



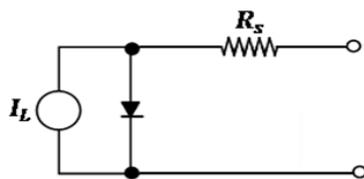
Gambar 6b

Dari persamaan (1) bisa didapat tegangan rangkaian buka adalah

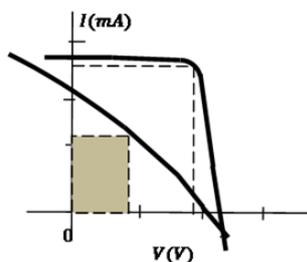
Sebab itu, untuk yang diberikan bertambah secara logaritma dengan pengurangan arus saturasi. Daya output diberikan oleh

Kondisi untuk daya maksimum didapat ketika atau Daya output maksimum kemudian adalah Efisiensi konversi daya dari sebuah sel surya adalah diberikan oleh dimana adalah daya mula-mula.

Efisiensi ideal bisa didapat oleh persamaan (4). Sekali dan diketahui, daya output dan daya maksimum bisa didapat dari pers (4) dan (6). Daya input adalah integrasi dari semua foton-foton didalam spektrum matahari. Beberapa faktor menurunkan efisiensi yaitu resistansi seri. Rangkaian ekuivalensinya adalah ditunjukkan pada Gambar 7, persamaan (1) menjadi



Gambar 7a



Gambar 7b

Plot-plot dari persamaan ini ditunjukkan dalam Gambar 7b, dengan dan. Grafik pada Gambar 4 adalah grafik Sel Surya dengan resistansi seri yang belum kita hitung. Tetapi secara jelas grafik tersebut menunjukkan pengurangan daya yang signifikan.

SIMPULAN DAN SARAN

Dye sintetis mahal, untuk mengurangi biaya dikembangkan DSSC berbasis organik pada material sensitizernya dengan menggunakan dye buah senduduk. Fabrikasi DSSC dengan menggunakan dye buah senduduk dan semikonduktor TiO_2 dengan teknik deposisi spin coating. Menentukan efisiensi berdasarkan eksperimen dan membuat pola karakteristik dan efisiensi juga berdasarkan modeling.

Hasil penelitian fabrikasi DSSC dye buah senduduk dan nanokristal TiO_2 dengan teknik deposisi spin coating. Intensitas awal 23, daya awal 0,05474 watt, kuat arus maksimum 0,056 mA, tegangan maksimum 88,6 mV, daya maksimum 0,0049616 watt, arus short circuit 0,098 mA dan tegangan open circuit 143,1 mV dan Fill Factor 0,3537985. Efisiensi yang diperoleh 9,06%. Variabel-variabel dan parameter-parameter diatas diperoleh berdasarkan eksperimen. Saran untuk penelitian selanjutnya bisa diperoleh dari pers (1) sampai dengan (8) adalah beberapa parameter mikroskopik. Beberapa parameter mikroskopik yang diperoleh yaitu muatan carrier konsentrasi carrier di pita konduksi konsentrasi carrier di pita valensi konsentrasi akseptor konsentrasi donor arus saturasi dan energi gap. Parameter-parameter tersebut tidak bisa diperoleh lewat eksperimen, hanya bisa lewat komputasi dan pemodelan.

DAFTAR PUSTAKA

- Durst R W, Wrolstad R E, 2005. *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-visible Spectroscopy*. Handbook of analytical food chemistry. New York: John Wiley & Sons.
- Gretzel, Michael, Smestad, 1998. *Demonstrating electron Transfer and nanotechnology A Natural Dye Sensitized nanocrystalline Energy Converter*. Journal of Chemical Education.
- Gunlazuardy, Jarnuzi, 2001. *Fotokatalisis pada permukaan TiO_2 : Aspek Fundamental dan aplikasinya*. Seminar Nasional Kimia Fisika, Universitas Indonesia.
- Hamakawa, Y, 1997, *Photovoltaics Clean Energy Revolution*, Proc. of Japan – Indonesia Joint Seminar on Photovoltaics, p. W-1.
- Kumara M, Prajitno G, 2012. *Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (Amaranthus Hybridus) Sebagai Dye Sensitizer Dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya Pada DSSC*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Nasori, 2012. *Pengembangan dan fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell berbasis jahe Merah Dengan metode deposisi Spin Coating dan Docot Blade*. Thesis, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITS Surabaya.
- Olea, Georgiana P, P J Sebastian, 1999. *Electron Transfer via Organic Dyes for Solar Conversion*. Solar Energy Materials and Solar Cells.
- Oregan, Gratzel, 1991. *A low-Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye Sensitized Colloidal TiO₂ Films*. Nature Vol.353.
- Purnama H, Musthofa M, Adhen H, Dewi I, 2014. *Effect of Ultrasound on Zeolite Preparation from Rice Husk Ash*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Puspita, Nurisma, 2012. *Studi Awal Pembuatan Prototype Dye Sensitizer Solar Cell (DSSC) Menggunakan ekstraksi Rosella (Hibiscus Sabdariffa) Sebagai Dye Sensitizer Dengan variabel Luas permukaan lapisan TiO₂*. ITS Surabaya.
- Sajanlal P R, Sreeprasad T S, Samal A K, Pradeep T, 2010. *Anisotropic nanomaterials: structure, growth, assembly and functions*. Indian Institute of Technology Madras, Chennai, India.
- Singh V.P, Parsarathy B., R.S. Singh, A. Aguilera, J. Anthony, M. Payne, 2006, Characterization of high-photovoltage CuPc-based solar cell structures, Solar Energy Materials & Solar Cells 90, 798–812
- Smestad, Greg P, 1998. *Education and Solar Conversion: Demonstrating Electron Transfer*. Solar Energy Materials and Solar Cells.
- Smestad, Greg P, Gratzel, 1998. *Demonstrating Electron and Nanotechnology : A Natural Dye-Sensitized Nanocrystalline Energy Converter*. Journal of Chemical Education.
- Smyth, Joseph R, 1997. *Mineral Structure and Property Data TiO₂ Group*. University of Colorado.
- Sze S.M., 2003. *Physics of Semiconductor Devices* 2nd edition, John Wiley and Sons.
- Umeno, M, 1997, Toward Efficiency of 40%, Proc. of Japan-Indonesia Joint Seminar on Photovoltaics, Institute of Technology Bandung, pp. P8-1.
- Yakimov A, 2002, “High Photovoltage Multiple-heterojunction Organik Solar Cells