

PENGARUH KONSENTRASI KITOSAN PADA SINTESIS NANOPARTIKEL TiO₂ UNTUK APLIKASI PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

THE EFFECT OF CHITOSAN CONCENTRATION IN THE SYNTHESIS OF TiO₂ NANOPARTICLES FOR APPLICATION IN DYE SENSITIZED SOLAR CELL

Maya Komalasari¹, Teuku Fawzul Akbardan², BambangSunendar²

¹SekolahTinggiTeknologiTekstil

²Program Studi Teknik Fisika - Institut Teknologi Bandung

Email: maya.komalasari@yahoo.com

Diterima: 23 Oktober 2013

Direvisi: 20 November 2013

Disetujui: 23 Desember 2013

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel TiO₂ menggunakan metode sol-gel dengan pelarut air. Pada proses sintesis ditambahkan kitosan dengan konsentrasi 0; 2,5; 5; dan 10% v/v. TiO₂ hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, XRD, dan BET untuk mengetahui morfologi, struktur kristal, dan karakteristik pori. Selain itu keempat variasi TiO₂ diaplikasikan sebagai foto elektroda DSSC. Karakterisasi DSSC dilakukan dengan menggunakan *solar simulator* AM 1,5 untuk mengetahui karakteristik I-V DSSC. Hasil karakterisasi menunjukkan penambahan kitosan pada konsentrasi rendah (2,5% v/v) mengurangi fasa anatase pada kristal TiO₂ dan cenderung memperbesar ukuran kristalit. Penambahan kitosan melebihi 5% meningkatkan fasa anatase dan memperkecil ukuran kristalit. Konsentrasi kitosan 2,5% memperkecil luas permukaan spesifik partikel dan volume total pori. Peningkatan konsentrasi kitosan memberi hasil sebaliknya. Performa DSSC terbaik didapat pada TiO₂ dengan konsentrasi kitosan 2,5% saat sintesis, dengan Voc = 0,58 V, Jsc = 0,74 mA/cm², dan η = 0,51%.

Kata kunci: titanium dioksida, *Dye Sensitized Solar Cell*, kitosan

ABSTRACT

Photoelectrode components commonly used in DSSC is titanium dioxide (TiO₂). In this research, synthesis of TiO₂ nanoparticles by sol-gel method with water as solvent. In the synthesis process, chitosan was added at concentrations of 0%, 2.5%, 5%, and 10% v/v. TiO₂ was then characterized using SEM, XRD, and BET to determine the morphology, crystal structure and characteristics of the nanoparticles. Besides, the four variations of TiO₂ was applied as DSSC photoelectrode. DSSC characterization was performed using AM 1.5 solar simulator to observe DSSC I-V characteristic. Characterization results showed the addition of chitosan at low concentrations (2.5% v/v) reduce the crystal TiO₂ anatase phase and tend to increase the size of crystallites. Increased concentrations of chitosan gave the opposite results. DSSC best performance obtained from TiO₂ with chitosan concentration of 2.5% during the synthesis, with Voc = 0.58 V, Jsc = 0.74mA/cm², and η = 0.51%.

Keywords: titanium dioxide, *Dye Sensitized Solar Cell*, chitosan

PENDAHULUAN

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan salah satu tipe sel surya yang kini banyak dikembangkan di dunia. DSSC pertama kali dipublikasikan oleh Grätzel dan O'Regan pada 1991 [1] dan memiliki banyak keuntungan diantaranya berharga murah, mudah difabrikasi, memiliki efisiensi konversi energi tinggi diatas

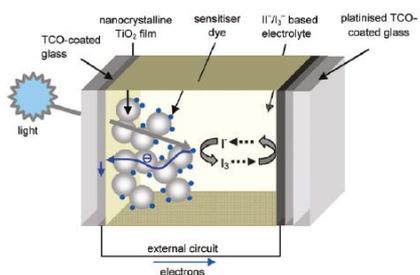
10%, dan memiliki tingkat pencemaran yang rendah [2]. Oleh karena itu kini riset mengenai DSSC sangat intensif dilakukan.

Salah satu komponen penting pada DSSC ialah foto elektroda. DSSC menggunakan foto elektroda yang tersensitisasi oleh bahan pelapis.

Sebagai penangkap cahaya matahari, kini fotoelektroda yang umum digunakan adalah bahan semi konduktor TiO₂. TiO₂ merupakan

bahan yang berharga murah, stabil secara kimia, dan tidak bersifat toksik [2]. Untuk memaksimalkan penangkapan cahaya maka di gunakan lapisan semi konduktor transparan. Selain itu partikel semi konduktor diusahakan memiliki permukaan yang luas agar dapat mengakomodasi bahan pewarna dalam jumlah yang banyak.

Keuntungan lain dari penggunaan partikel semikonduktor dengan permukaan lebar adalah cukupnya kontak dengan larutan elektrolit. Hingga kini berbagai modifikasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi, stabilitas, maupun mengurangi biaya fabrikasi DSSC. Hal tersebut dilakukan dengan mengganti bahan oksida logam, mengubah struktur oksida logam, mengubah bahan pelapis, menggunakan komponen elektrolit alternatif, memberikan bahan tambahan, dan sebagainya [3].

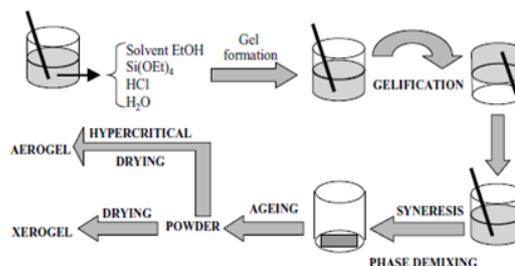


Gambar 1. Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Gambar 1 menunjukkan beberapa kom-ponen penyusun DSSC. Komponen penyusun DSSC diantaranya ialah lapisan oksida logam, pewarna sebagai zat yang *sensitive* terhadap cahaya, elektrolit sebagai pembantu terjadinya reaksi regenerasi elektron, kaca berlapis *Transparent Conductive Oxide (TCO)*, dan lapisan platina sebagai kata lisregenerasi elektron. Titanium dioksida (TiO_2) ialah bentuk alami dari oksida titanium. TiO_2 merupakan material dengan bentuk yang stabil secara kimia, berharga murah, dan tidak beracun [4]. Pada umumnya TiO_2 berwarna putih dan memiliki kecerahan dan indeks bias yang tinggi. Oleh karena itu TiO_2 banyak digunakan sebagai pigmen pada cat, kertas, makanan, pasta gigi, plastik, dan *coating*.

TiO_2 biasa ditemukan dalam tiga macam struktur kristal. Ketiga struktur tersebut ialah rutil, *anatase*, dan *brookite*. Penggunaan lain TiO_2 ialah sebagai bahan semikonduktor yang dapat diaplikasikan pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*. Pada DSSC TiO_2 digunakan dengan penambahan bahan pewarna sehingga dapat

menghasilkan aliran *electron* ketika terkena cahaya matahari. Diketahui bahwa struktur kristal TiO_2 terbaik untuk DSSC ialah anatase. Struktur anatase dipilih karena memiliki mobilitas elektron yang tinggi, konstanta dielektrik yang rendah, dan massa jenis yang rendah [4]. Metode sol-gel atau juga biasa disebut *polimerisasi organik* merupakan metode yang digunakan untuk preparasi oksida dengan melalui proses kimia basah. Pada Gambar 2 diberikan gambaran skematik proses sol-gel.



Gambar 2. Skematik Proses Sol-Gel

Pada penelitian ini digunakan kitosan yaitu polisakarida polimer alam yang diperoleh dari proses deasetilasi senyawa kitin yang banyak terkandung pada cangkang hewan *crustacea*. Proses deasetilasi tersebut dibantu menggunakan larutan basa, biasanya digunakan natrium hidroksida ($NaOH$).

Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel TiO_2 menggunakan prekursor $TiCl_4$ dengan metode sol-gel *aqueous route* dengan penambahan kitosan, dan mengaplikasikan hasil sintesis TiO_2 sebagai fotoelektroda pada *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*.

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian diawali dengan sintesis nanopartikel TiO_2 , kemudian pembuatan pasta TiO_2 , fabrikasi pada DSSC dan selanjutnya dilakukan karakterisasi.

Sintesis Nanopartikel TiO_2

Sintesis nanopartikel TiO_2 menggunakan prekursor $TiCl_4$ kemudian ditambahkan dengan larutan kitosan sejumlah 0; 2,5; 5,0; dan 10% dari volume akhir larutan. Kemudian larutan dipanaskan pada *hotplate stirrer* hingga mencapai temperatur $80^\circ C$. Pada temperatur tersebut ditambahkan amoniak hingga pH 9 dan kalsinasi pada temperatur $500^\circ C$.

Pembuatan Pasta TiO_2

Pasta TiO_2 dibuat dengan mencampurkan serbuk TiO_2 , PEG, dan *ethyl cellulose*. Campuran tersebut dilarutkan kemudian dipanaskan dan diaduk pada *hotplate stirrer* hingga dapat dibentuk pasta.

Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

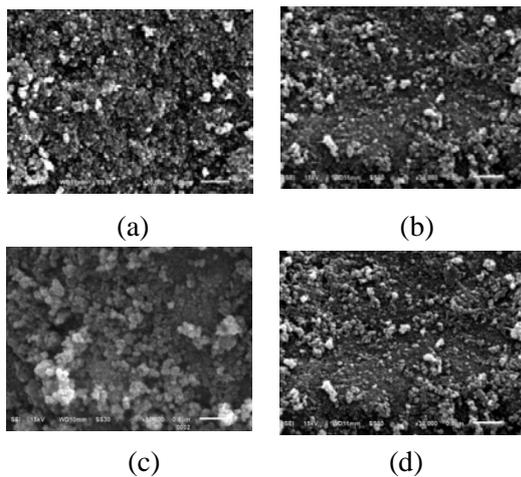
Proses fabrikasi DSSC diawali dengan deposisi pasta TiO_2 pada substrat kaca *Transparent Conductive Oxide* (TCO), kemudian direndam dalam pewarna ruthenium N719 selama 24 jam hingga pewarna menempel pada TiO_2 .

Karakterisasi Hasil Sintesis

Karakterisasi serbuk TiO_2 dilakukan dengan menggunakan perangkat SEM, BET, XRD, dan karakterisasi DSSC menggunakan *solar simulator*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Partikel TiO_2



Gambar 3. Morfologi Partikel TiO_2 . (a) Tanpa Kitosan, (b) TiO_2 dengan Kitosan 2,5%, (c) TiO_2 dengan Kitosan 5%, (d) TiO_2 dengan Kitosan 10%

Karakterisasi SEM menunjukkan morfologi partikel hasil sintesis dengan berbagai variasi konsentrasi kitosan. Berdasarkan Gambar 3 perbedaan morfologi partikel kurang dapat

Hasil analisis BET menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan yang rendah (2,5%) saat sintesis TiO_2 akan mengurangi luas permukaan spesifik partikel. Namun semakin tinggi konsentrasi kitosan yang ditambahkan, luas

teramati secara visual untuk contoh dengan variasi konsentrasi kitosan 0%, 5%, dan 10%.

Konsentrasi kitosan rendah (2,5%) saat sintesis mengakibatkan partikel saling teraglomerasi satu sama lain. Hal tersebut mengakibatkan luas permukaan spesifik contoh akan berkurang. Hal ini didukung oleh hasil uji karakterisasi BET yang akan dibahas kemudian. Namun penambahan kitosan untuk konsentrasi yang lebih tinggi akan semakin mengurangi aglomerasi antar partikel.

Struktur Kristal

Tabel 1. Struktur Kristal TiO_2

No	Kons. Kitosan (%)	Ukuran Kristalit Anatase (nm)			Fasa Kristal (%)	
		(101)	(004)	(200)	Anatase	Rutile
1	0	10	13	8	94,9	5,1
2	2,50	10	19	8	88,9	11,1
3	5,0	9	12	7	94,5	5,5
4	10	8	11	7	94,3	5,7

Penambahan kitosan cukup berpengaruh terhadap persen massa fasa kristal. Pengaruh terhadap fasa kristal tersebut dipengaruhi konsentrasi kitosan yang ditambahkan saat proses sintesis TiO_2 . Konsentrasi kitosan yang sedikit (2,5%) akan mengurangi terbentuknya fasa anatase sebanyak 94,9%. Dengan kata lain konsentrasi kitosan tersebut mempermudah terbentuknya *fasa rutile* pada temperature tertentu. Namun demikian apabila konsentrasi kitosan ditingkatkan akan diperoleh konsentrasi fasa kristal anatase yang semakin tinggi yaitu lebih dari 94% untuk konsentrasi kitosan 5% dan 10% saat sintesis.

Karakteristik Pori

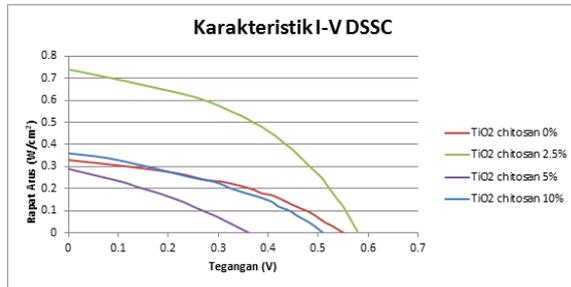
Tabel 2. Karakteristik Pori

No	Konsentrasi kitosan (%)	Luas permukaan spesifik m^2/g	Volume total pori mm^3/g	Diameter rata-rata pori (nm)
1	0	81.822	2.825	13.8123
2	2,50	67.276	2.223	13.2155
3	5,0	72.623	2.563	14.1173
4	10,0	91.328	2.888	12.6487

permukaan spesifik akan meningkat. Demikian pula dengan volume total pori. Konsentrasi kitosan yang rendah mengurangi volume total pori sedangkan makin tinggi kitosan meningkatkan volume total pori. Berdasarkan data di atas

diameter rata-rata pori maka keempat contoh tersebut merupakan material mesopori karena memiliki diameter antara 2-50 nm (IUPAC).

Karakteristik I-V DSSC



Gambar 2. Karakteristik I-V DSS

Pada gambar karakteristik IV-DSSC efisiensi tertinggi dimiliki oleh DSSC dengan foto elektroda TiO₂ dan konsentrasi kitosan 2,5%. Hal tersebut dapat dijelaskan karena TiO₂ dengan konsentrasi kitosan 2,5% saat sintesis menghasilkan struktur kristal dengan komposisi anatase 88,9% dan *rutile* 11,1%.

KESIMPULAN

1. Sintesis nanopartikel TiO₂ berhasil dilakukan menggunakan prekursor TiCl₄ dengan metode sol-gel *aqueous route*.
2. Konsentrasi kitosan yang berbeda saat sintesis mempengaruhi struktur kristal, struktur pori, dan absorbansi cahaya TiO₂.
3. Hasil sintesis TiO₂ dapat diaplikasikan sebagai fotoelektroda pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).
4. Karakteristik I-V DSSC bervariasi terhadap konsentrasi kitosan yang ditambahkan saat sintesis TiO₂. Hasil terbaik pada penambahan konsentrasi kitosan 2,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Yang, 2011, "Fundamental studies of Nanoarchitected Dye-sensitized Solar Cells," *Ph.D. dissertation, Northern Illinois University, Dekalb, Illinois, United States*.
- [2] A. Luque, Ed., and S. Hegedus, Ed., 2003, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Ltd.
- [3] R. Corriu, and N.T. Anh, 2009, *Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials*, John Wiley & Sons, Ltd.
- [4] C. T. Laurencin and L. S. Nair, 2008, *Nanotechnology and Tissue Engineering, The Scaffold*, CRC Press.
- [5] H-H. Wanga et al., "Preparation of nanoporous TiO₂ Electrodes for Dye-sensitized solar cells," Institute of Organic and Polymeric Materials, National Taipei University of Technology, Taipei.