

# PENGARUH KONSENTRASI KITOSAN PADA SINTESIS NANOPARTIKEL TiO<sub>2</sub> UNTUK APLIKASI PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

## EFFECT OF CHITOSAN CONCENTRATION ON TiO<sub>2</sub> NANOPARTICLE SYNTHESIS FOR APPLICATIONS IN DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)

Maya Komalasari<sup>1</sup>, Teuku Fawzul Akbar<sup>2</sup>, Bambang Sunendar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Fisika - Institut Teknologi Bandung

Email: <sup>1</sup>maya.komalasari@yahoo.com, <sup>2</sup>teukufawzulakbar@yahoo.com\_purwa@tf.itb.ac.id

Diterima: 24 April 2014

Direvisi: 20 Mei 2014

Disetujui: 25 Juni 2014

### ABSTRAK

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* merupakan suatu jenis sel surya yang termasuk dalam kelompok sel surya lapisan tipis. DSSC kini menjadi fokus utama pada riset mengenai sel surya. DSSC dimodifikasi menggunakan bahan pewarna (dyes) sebagai material dapat meningkatkan sensitivitas suatu semikonduktor terhadap cahaya. Penelitian untuk meningkatkan kualitas DSSC banyak dilakukan dengan melakukan variasi fotoelektroda, mencari alternatif *dyes*, mengganti larutan elektrolit, atau menambah komponen lain. Komponen fotoelektroda yang paling umum digunakan pada DSSC ialah Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>). Pada penelitian ini dilakukan sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> dengan menggunakan metode sol-gel dengan pelarut air. Pada proses sintesis ditambahkan kitosan dengan konsentrasi 0%, 2,5%, 5%, dan 10% v/v. TiO<sub>2</sub> hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan menggunakan SEM, XRD, BET, dan UV-Vis untuk mengetahui morfologi, struktur kristal, karakteristik pori, dan absorpsi nanopartikel. Selain itu keempat variasi TiO<sub>2</sub> diaplikasikan sebagai fotoelektroda DSSC. Karakterisasi DSSC dilakukan dengan menggunakan solar simulator AM 1,5 sehingga karakteristik I-V DSSC dapat diketahui. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa kitosan pada konsentrasi rendah (2,5% v/v) menyebabkan pengurangan fasa anatase pada kristal TiO<sub>2</sub> 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. Pengolahan data karakterisasi UV-Vis menunjukkan band gap TiO<sub>2</sub> untuk konsentrasi kitosan 2,5% lebih rendah dibandingkan 3 variasi lain diduga karena fasa rutil yang cukup signifikan (11,1%). Kualitas DSSC terbaik didapat pada TiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi kitosan 2,5% saat sintesis, dengan Voc = 0,58 V, Jsc = 0,74 mA/cm<sup>2</sup>, dan η = 0,51%.

**Kata kunci:** titanium dioksida, *dye sensitized solar cell*, kitosan

### ABSTRACT

*Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* is a type of solar cell belongs to the thin layer solar cells. Recently DSSC is the main focus in research on solar cells. DSSC modified using dyes (dyes) as coating material that increases sensitivity of a semiconductor to light. Research on the improvement of DSSC performance was done with a variation photoelectrode, looking for alternative dyes, replacing the electrolyte solution, or add other component. Photoelectrode components most commonly used in DSSC is titaniumdioxide (TiO<sub>2</sub>). In this research, synthesis of TiO<sub>2</sub> nano particles by sol-gel method with solvent water. In the synthesis process chitosan with concentrations of 0%, 2.5%, 5%, and 10% v/v was added. TiO<sub>2</sub> synthesized was then characterized using SEM, XRD, and BET to determine the morphology, crystal structure, and pore characteristics of the nanoparticles. The four variations of TiO<sub>2</sub> was applied as photoelectrode DSSC. DSSC characterization was performed using AM 1.5 solar simulator until DSSC I-V characteristic was found. Characterization results showed that the addition of chitosan at low concentrations (2.5% v/v) reduce the crystal TiO<sub>2</sub> anatase phase and tend to increase the size of crystallites. Increased concentrations of chitosan gave the opposite results. DSSC best performance obtained in TiO<sub>2</sub> at chitosan concentration of 2.5% while the synthesis, with Voc = 0.58V, Jsc = 0.74 mA/cm<sup>2</sup>, and η = 0.51%.

**Keywords:** titanium dioxide, *dye sensitized solar cell*, chitosan

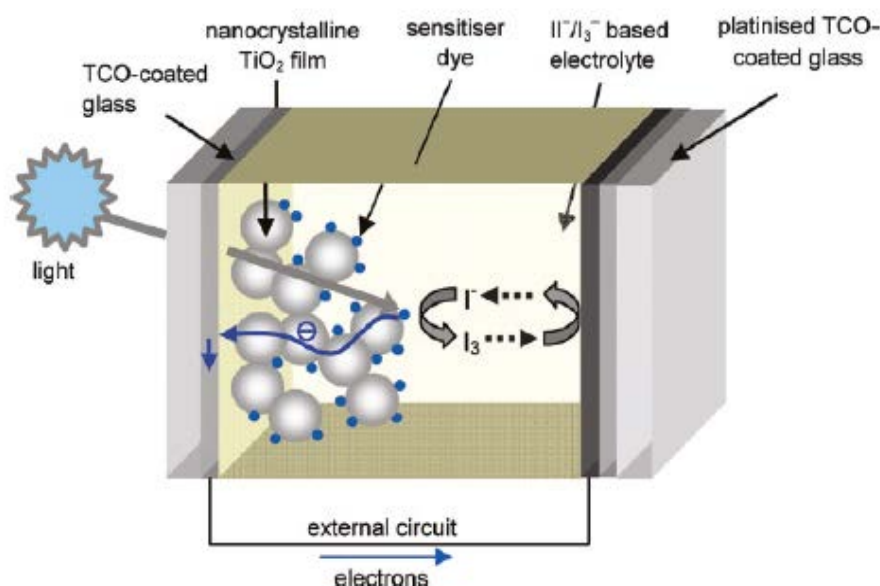
## PENDAHULUAN

*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 di atas 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 fotoelektroda. DSSC menggunakan fotoelektroda yang tersensitisasi oleh bahan pelapis sebagai penangkap cahaya matahari. Kini fotoelektroda yang umum digunakan adalah bahan semikonduktor  $TiO_2$ .  $TiO_2$  merupakan

bahan yang berharga murah, stabil secara kimia, dan tidak bersifat toksik [3,4,5].

Untuk memaksimalkan penangkapan cahaya maka digunakan lapisan semikonduktor transparan. Selain itu partikel semikonduktor 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 [6].



Gambar 1. *Dye Sensitized Solar Cell*

Gambar 1 menunjukkan komponen-komponen 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 katalis regenerasi elektron [7].

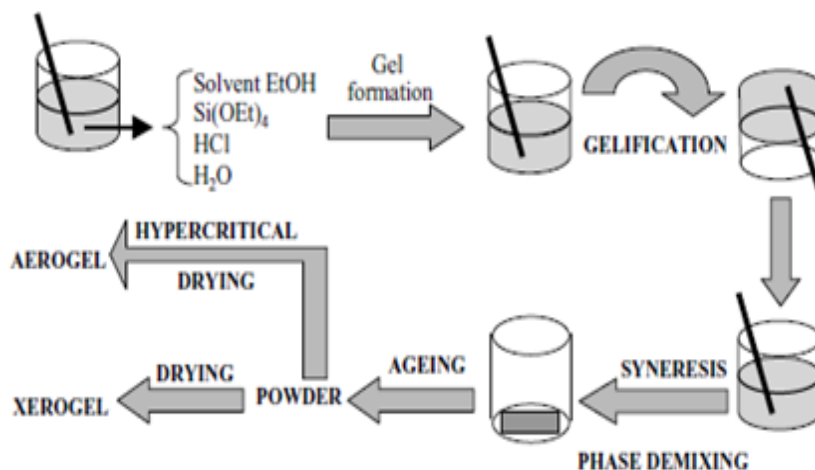
Titanium dioksida ( $TiO_2$ ) ialah bentuk alami dari oksida titanium.  $TiO_2$  merupakan

material dengan bentuk yang stabil secara kimia, berharga murah, dan tidak beracun. 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 *rutile*, *anatase*, dan *brookite* [8]. Penggunaan lain  $TiO_2$  ialah sebagai bahan semikonduktor yang

diaplikasikan pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC). Pada DSSC TiO<sub>2</sub> digunakan dengan penambahan bahan pewarna sehingga dapat menghasilkan aliran elektron ketika terkena cahaya matahari. Diketahui bahwa struktur kristal TiO<sub>2</sub> terbaik untuk DSSC ialah anatase [9], dielektrik yang rendah, dan massa jenis yang

rendah. Struktur anatase dipilih karena memiliki mobilitas elektron yang tinggi, konstanta rendah [10]. Metode sol-gel atau juga biasa disebut polimerisasi inorganik merupakan metode yang digunakan untuk preparasi oksida melalui proses kimia basah. Gambar 2 merupakan gambaran skematik proses sol-gel [11,12].



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-hewan *crustacea*. Proses deasetilasi tersebut, biasanya menggunakan Natrium hidroksida (NaOH). Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan prekursor TiCl<sub>4</sub> dengan metode sol-gel *aqueous route* dengan penambahan kitosan, dan mengaplikasikan hasil sintesis TiO<sub>2</sub> sebagai fotoelektroda pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) [13].

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental laboratorium dan dibagi menjadi 3 tahap utama. Penelitian diawali dengan sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub>, kemudian pembuatan pasta TiO<sub>2</sub>, fabrikasi pada DSSC dan kemudian dilakukan karakterisasi.

### Nanopartikel TiO<sub>2</sub>

Sintesis nanopartikel TiO<sub>2</sub> menggunakan prekursor TiCl<sub>4</sub> 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°C. Pada temperatur tersebut ditambahkan amoniak hingga pH 9 dan kalsinasi pada temperatur 500°C.

### Pembuatan Pasta TiO<sub>2</sub>

Pasta TiO<sub>2</sub> dibuat dengan mencampurkan serbuk TiO<sub>2</sub>, PEG, dan *ethyl cellulose*. Campuran tersebut dilarutkan kemudian dipanaskan, diaduk pada *hotplate stirrer* hingga didapat bentuk pasta.

### Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

Proses fabrikasi DSSC diawali dengan deposisi pasta TiO<sub>2</sub> pada substrat kaca *Transparent Conductive Oxide* (TCO), kemudian direndam dalam pewarna Ruthenium N719 selama 24 jam hingga pewarna menempel pada TiO<sub>2</sub>.

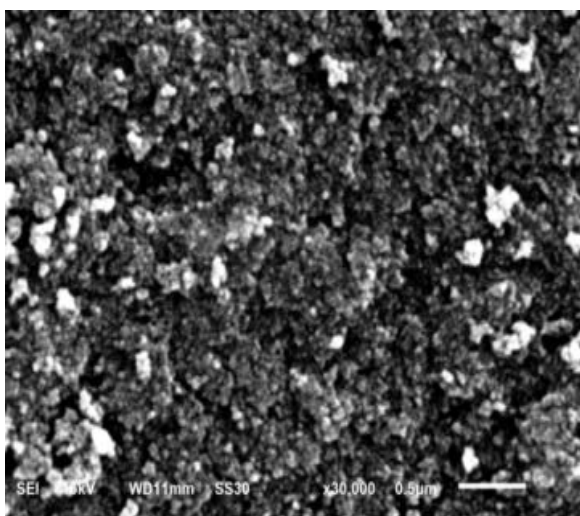
### Karakterisasi Hasil Sintesis

Karakterisasi serbuk TiO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggunakan perangkat SEM, BET, XRD, dan karakteristik DSSC menggunakan solar simulator.

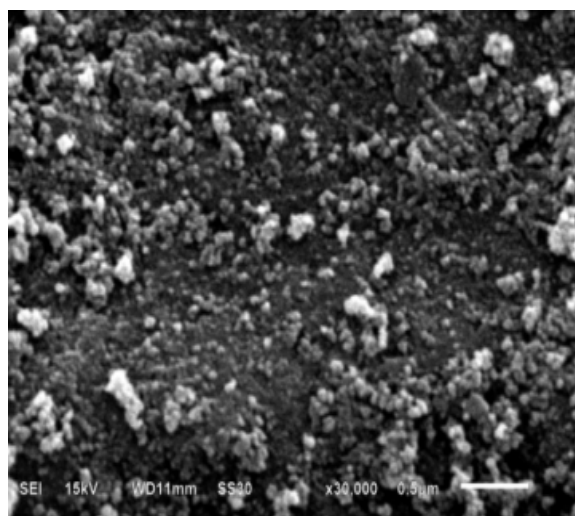
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Elektron Microscope*) untuk morfologi partikel  $\text{TiO}_2$ . Karakterisasi SEM menunjukkan morfologi partikel hasil sintesis dengan berbagai variasi konsentrasi kitosan. Berdasarkan Gambar 3 perbedaan morfologi partikel kurang dapat teramati secara visual untuk contoh dengan variasi konsentrasi kitosan 0%, 5%, dan 10%.

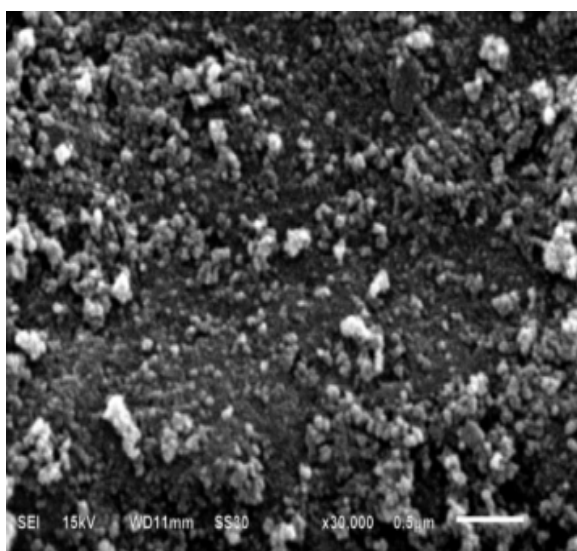
Konsentrasi kitosan rendah 2,5%, saat sintesis mengakibatkan partikel saling teraglomerasi satu sama lain. Hal tersebut mengakibatkan luas permukaan spesifik contoh akan berkurang. Hal ini didukung oleh hasil uji karakterisasi BET yang akan dibahas kemudian. Namun penambahan kitosan untuk konsentrasi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



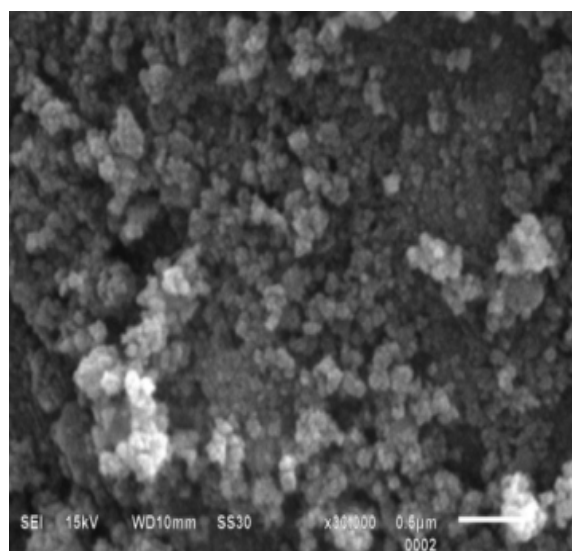
Gambar 3. (a) Morfologi Partikel  $\text{TiO}_2$  Tanpa Kitosan



Gambar 3. (b) Morfologi Partikel



Gambar 3. (c) Morfologi Partikel  $\text{TiO}_2$ + Kitosan 5%



Gambar 3. (d) Morfologi Partikel  $\text{TiO}_2$ + Kitosan 10%

Tabel 1. Struktur Kristal TiO<sub>2</sub>

No.	Konsentrasi Kitosan (%)	Ukuran Kristalit (nm)			Fasa Kristal (%)	
		(101) anatase	(004) anatase	(200) anatase	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

### Struktur Kristal

Penambahan kitosan cukup berpengaruh terhadap persen massa fasa kristal. Pengaruh terhadap fasa kristal tersebut dipengaruhi konsentrasi kitosan yang ditambahkan saat proses sintesis TiO<sub>2</sub>. Dengan kata lain konsentrasi

kitosan tersebut mempermudah terbentuknya fasa *rutile* pada temperatur 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.

Tabel 2. Karakteristik Pori

No.	Konsentrasi Kitosan (%)	Luas permukaan spesifik (m <sup>2</sup> /g)	Volume total pori (mm <sup>3</sup> /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

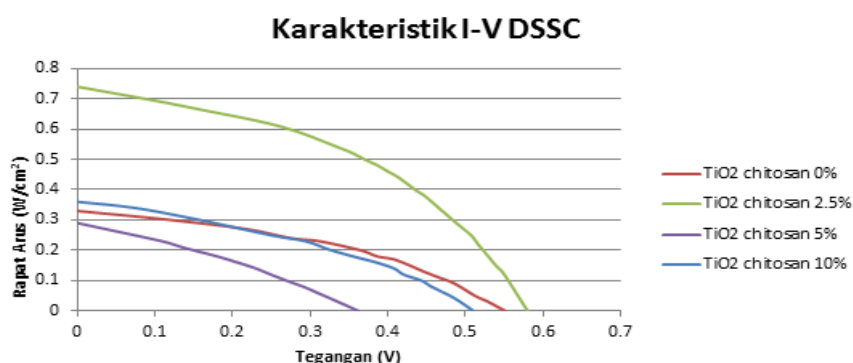
### Karakteristik Pori

Hasil analisis BET menunjukkan bahwa konsentrasi kitosan yang rendah (2,5%) saat sintesis TiO<sub>2</sub> akan mengurangi luas permukaan spesifik partikel. Namun semakin tinggi konsentrasi kitosan yang ditambahkan, luas 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 sampel tersebut merupakan material mesopori karena memiliki diameter antara 2-50 nm (IUPAC).

### Karakteristik I-V DSSC

Pada gambar karakteristik IV-DSSC efisiensi tertinggi dimiliki oleh DSSC dengan fotoelektroda TiO<sub>2</sub> dan konsentrasi kitosan 2,5%.



Gambar 4. Karakteristik I-V DSSC

Hal tersebut dapat dijelaskan karena TiO<sub>2</sub> dengan konsentrasi kitosan 2,5% saat sintesis menghasilkan struktur kristal dengan komposisi anatase 88,9% dan *rutile* 11,1%.

## KESIMPULAN

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

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Laboratorium *Advance* Material Teknik Fisika ITB, untuk bahan-bahan kimia proses sintesis Laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Tekstil, untuk fasilitas proses kalsinasi, PPET-LIPI, yang telah membantu untuk memfasilitasi untuk aplikasi DSSC, Laboratorium Basic Science A untuk Karakterisasi SEM, Laboratorium Teknik Kimia untuk karakterisasi BET dan Laboratorium Pertambangan untuk karakterisasi XRD.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brian O'Regan and Michael Grätzel, 1991, "A Low-Cost, High-Efficiency Solar Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO<sub>2</sub> Films," *Nature*, pp. 737-740.
- [2] Z. Yang, 2011, "Fundamental Studies of Nanoarchitected Dye-Sensitized Solar Cells," Dekalb, Illinois, United States, Ph.D. dissertation.
- [3] A Luque and S Hegedus, 2003, *Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*.: John Wiley & Sons, Ltd.
- [4] A. Listorti et al, 2011, "Electron Transfer Dynamics In Dye-Sensitized Solar Cells," *Chem. Mater.*, Vol. 23, pp. 3381-3399.
- [5] Pranoto LM, 2013, "Preparasi Partikel Nano Kristal TiO<sub>2</sub> Mesopori Menggunakan Katalis Asam dengan Metode Sol Gel untuk

aplikasi fotoelektroda pada sel surya berbasis Dye-Sensitized," Institut Teknologi Bandung, Bandung, Tesis Magister.

- [6] Gupta SM and Tripathi M, 2010, "A Review of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles," University School of Basic and Applied Sciences, Guru Gobind Singh Indraprastha University, Delhi, India.
- [7] Cromer D T and Herrington K, 1955, "The Structures of Anatase and Rutile", *J Am Chem Soc*, Vol. 77, pp. 4708-4709.
- [8] Baur V W H. , 1961, "Atomabstände und Bindungswinkel im Brookit, TiO<sub>2</sub>," *Acta Crystallogr*, Vol. 14, pp. 214-216.
- [9] Mo S and Ching W, 1995, "Electronic and Optical Properties of Three Phases of Titanium Dioxide: Rutile, Anatase and Brookite," *Phys Rev B*, Vol. 51, pp. 13023-13032.
- [10] Wunderlich W, Oekermann T, Miao L, and et al, 2004, "Electronic Properties of Nanoporous TiO<sub>2</sub>-and ZnO-thin Films-comparison of Simulations and Experiments," *J Ceram Process Res*, Vol. 5, pp. 343-354.
- [11] Huisman C L, Reller A Carp O, 2004, "Photoinduced reactivity of titanium," *Prog in Solid State Chem*, Vol. 32, pp. 33-117.
- [12] R. Corriu and N.T. Anh, 2009, *Molecular Chemistry of Sol-Gel Derived Nanomaterials*: John Wiley & Sons.
- [13] Maya K, 2013, "Sintesis Partikel Nano TiO<sub>2</sub>-Kitosan dengan Templat Kanji Menggunakan Metoda Sol-Gel pada Cotton sebagai Aplikasi Tekstil Anti UV", *Teknik Material*, Institut Teknologi Bandung.