

STUDI PREPARASI TiO_2 NANOTUBE SERBUK DENGAN TEKNIK RAPID BREAKDOWN ANODIZATION

Linda J Kusumawardani¹, Ivandini Tribidasari², Jarnuzi Gunlazuardi³

¹Program Studi Kimia, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia.

^{2,3}Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia.

Email : linda.wardani.lk@gmail.com

ABSTRACT

Technique of Rapid Breakdown Anodization (RBA) is the new anodisasi technique introduced in 2009 as super fast synthesis methods for producing TiO_2 powder. The development of this technique continues to be done in order to obtain the best quality of TiO_2 powders according to the needs of the application. At this time the experiment reported the existence of the influence the granting of potential anodisasi currently underway against TiO_2 powder produced good particle size, surface area and shape of the morfologinya. In addition, observations on the reaction time is also conducted to take into account the efficiency. From the results of the experiment, potential variations below 20 V, i.e., 10, 13, 14 and 15 V, it can be reported that the plate It can be transformed into the perfect TiO_2 powder on electrochemical reaction of potential system 15 V for approximately 3 hours in perchloric acid media 0.15 M. Whereas the process of potential reactions on 10, 13 and 14 V does not produce TiO_2 powder significantly in the time of observation for 7 hours. So further study focused on the synthesis of TiO_2 powder results in a potential 15 V which will be compared with the potential 20 V, which is a potential that is used when this technique was first introduced. From the results of the experiment, reported on the potential RBA engineering 15 V produces TiO_2 powder with a size outer diameter are smaller, i.e. an average of 84 nm with a more uniform particle size and surface area of the Crystal results kalsinasi at 500°C generated on 15 potential V is wider with a more uniform morphology, i.e. 69.723 g/m² compared to 20 V , i.e. 63.824 g/m². This will provide a significant influence in the activity of the fotokatalitik used for the fotodegradasi, as well as its application as DSSC (Dye Sensitized Solar Cells).

KeyWord :Rapid Breakdown Anodization (RBA), Anodisasi, TiO_2 , TiO_2 Nanotube-Serbuk

PENDAHULUAN

Fabrikasi nanotube TiO_2 saat ini telah banyak dilakukan dengan teknik anodisasi pada substrat logam Ti (plat) untuk membentuk morfologi nanotube. Anodisasi merupakan teknik sintesis TiO_2 yang saat ini banyak dikembangkan oleh para peneliti, karena teknik ini menghasilkan TiO_2 dengan luas permukaan lebih besar yang menghasilkan struktur tubular berukuran nanometer. Sifat dan struktur *nanotube* yang dihasilkan dipengaruhi oleh besar potensial yang diberikan, lama anodisasi dan kondisi larutan elektrolit berupa konsentrasi, derajat Studi Preparasi TiO_2 Nanotube Serbuk dengan Teknik..... (Linda, dkk.)

keasaman, suhu dan jenis elektrolit. Namun pada aplikasinya sebagai perangkat sel fotovoltaik, anodisasi pada permukaan plat Ti memiliki keterbatasan, yaitu memerlukan pencahayaan belakang yang dapat mengurangi konversi cahaya menjadi arus listrik dikarenakan elektroda *counter* Pt pada sistem sebagian memantulkan cahaya (Anthony, Rajini P *et.al*, 2011). Selain itu, pada penelitian lain, banyak pengembangan aplikasi TiO_2 dengan cara mendepositkan film TiO_2 dalam berbagai jenis substrat, misalnya gelas konduktif, kuarsa maupun bahan silikon. Dalam hal ini, serbuk adalah bentuk yang sering

digunakan. Oleh karena itu, untuk memperoleh TiO₂ dalam bentuk serbuk diperlukan adanya teknik sintesis yang sederhana, mudah dan efisien. Pada tahun 2009 teknik anodisasi untuk membentuk TiO₂ nanotube serbuk mulai dikembangkan (Fahim, *et.al.*, 2009). Pada penelitian ini, untuk pertama kalinya Fahim dan Sekino melakukan teknik anodisasi dengan menggunakan Ti foil dalam medium asam perklorat dan natrium klorida atau natrium fosfat dengan pendekatan elektrokimia, TiO₂ serbuk yang diperoleh kemudian dikalsinasi pada suhu 480-700°C untuk menghasilkan fase kristal anatase. Namun, suhu kalsinasi $\geq 700^\circ\text{C}$ menyebabkan fase kristal anatase berubah menjadi rutil. Sintesis ini kemudian dikenal dengan teknik *Rapid Breakdown Anodization* (RBA), yang dikenal dengan teknik sintesis super cepat untuk menghasilkan TiO₂ nanotube dalam bentuk serbuk (Fahim, *et.al.*, 2009). Berawal dari sini, sintesis TiO₂ dengan teknik RBA dan aplikasinya menjadi hal yang menarik untuk dikembangkan, seperti fotodegradasi, sel surya yang tersensitasi zat warna (Fahim, *et.al.*, 2011), dan produksi hidrogen untuk aktivitas fotokatalitik (Anthony, Rajini P *et.al.*, 2012).

Pada perkembangan studi sintesis TiO₂ dengan teknik RBA, Antony, Rajini P *et. al.* (2011) melaporkan TiO₂ nanotube serbuk yang diperoleh memiliki ketebalan dinding, diameter pori dan ukuran partikel yang lebih kecil pada potensial 10 V dibandingkan dengan hasil penelitian yang pertama kali dilaporkan oleh Fahim, *et.al.* (2009) pada potensial 20 V dalam medium yang sama, yaitu asam perklorat 0,1 M.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian kali ini dilakukan studi untuk melihat pengaruh variasi potensial yang diberikan, terutama potensial yang lebih rendah dari 20V terhadap TiO₂ yang dihasilkan baik bentuk, morfologi dan luas area pada TiO₂ yang dihasilkan dengan

teknik *Rapid Breakdown Anodization* dalam medium asam perklorat 0,15 M.

BAHAN DAN METODE

Plat Titanium ketebalan 0,8 mm berukuran 45 x 10 mm, Pt Foil, 0,15 M HClO₄ (p.a) dari Merck, Etanol (teknis), Aseton (teknis), Isopropil Alkohol (teknis), Akuades, kertas abrasif 1000cc dan 1500cc.

Sintesis TiO₂ Nanotube Berbentuk Serbuk

Plat Ti dengan ketebalan 0,8 mm dipotong dengan ukuran 45 mm x 10 mm, kemudian dilakukan proses pembersihan dengan cara diampas dengan kertas abrasif secara berturut-turut 1000 cc dan 1500 cc. Selanjutnya dilakukan sonikasi dalam aseton, etanol, isopropil alkohol dan akuades masing-masing selama 30 menit. Setelah proses *cleaning* dilakukan, plat Ti dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C. Plat Ti yang telah dibersihkan dan dikeringkan dijadikan elektroda kerja (WE) dan platina (Pt) foil dengan ukuran yang sama sebagai elektroda pendukung (CE). Keduanya dimasukkan kedalam larutan elektrolit dengan jarak 10 mm. Larutan elektrolit yang digunakan terdiri atas larutan 0,15 M asam perklorat. *Power supply* arus DC digunakan untuk menyediakan potensial yang konstan yaitu pada 10, 13, 14, 15 dan 20 V pada suhu ruang (~28°C). Dengan demikian, proses reaksi RBA dilakukan pada reaksi dalam chamber yang terdiri atas 2 elektroda (Plat Ti sebagai anoda dan platina foil sebagai katoda). Selama proses anodisasi, reaksi berlangsung dengan proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Variasi arus dengan waktu selama anodisasi dicatat dan diamati melalui *display* pada alat *power supply*. Anodisasi dilanjutkan hingga Plat Ti berubah secara keseluruhan menjadi TiO₂ serbuk berwarna putih. TiO₂ serbuk yang telah diperoleh kemudian diberi identitas berdasarkan potensial yang

digunakan, yaitu NT10, NT13, NT14, NT15 dan NT20.

Karakterisasi

TiO₂ nanotube serbuk hasil sintesis dikarakterisasi dengan PSA. Kemudian kristal yang terbentuk setelah proses kalsinasi dikarakterisasi dengan menggunakan BET (*Brunauer Emmet Teller*) adsorption method, FE-SEM, Spektrofotometer Sinar-X dan Spektrofotometer Infra Merah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

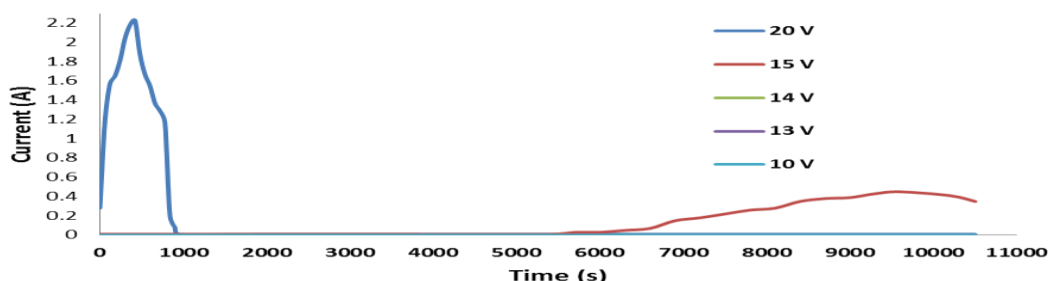
Sintesis TiO₂ Nanotube Serbuk

Sintesis titania dengan teknik RBA dilakukan pada plat Ti dengan ketebalan 0,8 mm sebagai elektroda kerja (WE) dan Pt foil sebagai elektroda pendukung (CE) dalam media asam perklorat 0,15 M pada suhu ruang (~28°C) dan pemberian variasi potensial 10, 13, 14, 15 dan 20 V dengan pengaturan jarak antara WE dan CE 10 mm.

Sejak potensial diberikan pada sistem elektrokimia, pengamatan sudah dilakukan pada perubahan arus yang tertera pada *power supply* selama reaksi berlangsung dan pengamatan secara visual terhadap perubahan plat Ti yang bertransformasi menjadi bentuk serbuk. Kedua hal ini merupakan salah satu keunggulan teknik RBA, yaitu pengamatan dapat dilakukan secara visual sejak awal sampai akhir reaksi. Selama proses sintesis berlangsung pada suhu ruang dengan

potensial 20V, larutan elektrolit mengalami kenaikan suhu lebih dari 100°C, sementara kenaikan suhu pada potensial 15V mencapai 70-80°C. Secara relatif peningkatan suhu yang semakin tinggi pada 20V menyebabkan kecenderungan mengalami kenaikan arus. Selain itu, proses penghancuran titanium oksida pada potensial 20 V dimulai pada menit pertama pada permukaan plat Ti. Sementara proses penghancuran yang terjadi pada 15 V berlangsung lebih lambat karena kinetika reaksi lambat pada temperatur yang lebih rendah. Sedangkan pada potensial 10, 13 dan 14 V tidak terjadi perubahan baik pada plat titanium maupun arus yang signifikan selama tujuh jam pengamatan yang dilakukan.

Berdasarkan hasil pengamatan yang dapat dilihat pada Gambar 1, dapat diketahui adanya hubungan antara arus yang muncul dengan proses transformasi plat Ti menjadi serbuk TiO₂. Diantara lima variasi potensial yang berbeda dan diamati selama lebih dari 7 jam, pada proses sintesis dengan potensial 10, 13 dan 14 V hanya sedikit sekali TiO₂ yang terbentuk. Pembentukan oksida pada bagian permukaan plat Ti berkaitan dengan potensial anodisasi yang diberikan dan ketebalan plat Ti. Pada kondisi ini pembentukan oksida berlangsung lama, sehingga reaksi penghancuran plat Ti dan transformasi menjadi TiO₂ tidak lagi berlangsung cepat.

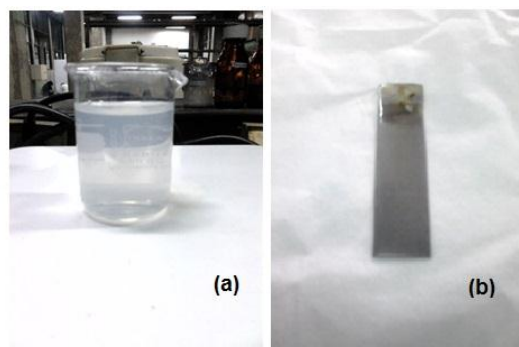
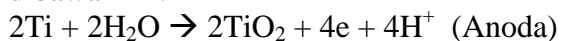


Gambar 1. Hubungan antara Arus dan Waktu selama proses sintesis dengan teknik RBA.

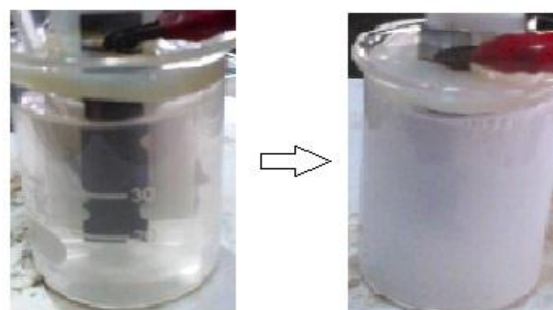
Hal berbeda dengan proses anodisasi pada potensial 15 dan 20 V, ketika transformasi berlangsung lebih cepat. Kecepatan proses transformasi plat Ti ke serbuk titania juga dapat diprediksi dengan peningkatan arus yang terjadi selama sintesis berlangsung. Semakin tinggi arus dan temperatur yang terjadi maka akan semakin cepat terjadinya proses transformasi plat ke bentuk serbuk. Perubahan yang lambat pada kenaikan arus selama waktu anodisasi pada pemberian potensial dibawah 15 V, karena pada kondisi tersebut temperatur sel relatif rendah dan berakibat kepada laju reaksi pembentukan yang lambat. Proses penghancuran plat Ti menjadi serbuk titanium oksida pada potensial 20 V dimulai pada menit pertama. Sementara proses penghancuran yang terjadi pada potensial 15 V berlangsung lebih lambat. Hal ini dikarenakan laju pembentukan oksida pada potensial lebih rendah berjalan lebih lambat. Pengamatan dilakukan sampai reaksi berakhir, selama kurang lebih 3 jam.

Berdasarkan pengamatan visual, ditemukan bahwa dalam proses sintesis yang dilakukan pada potensial 10 dan 13 V selama waktu pengamatan (~7 jam) larutan tidak terlalu menjadi keruh, karena hanya sedikit sekali transformasi plat Ti menjadi serbuk putih (TiO₂) yang terdispersi pada media reaksi. Sementara itu, dalam sintesis pada potensial 14 V menghasilkan kekeruhan yang signifikan pada media reaksi (Gambar 2) setelah reaksi berlangsung selama lebih dari 7 jam, sebagai akibat pembentukan TiO₂ dan disertai rontoknya serbuk ke dalam media reaksi.

Sementara proses sintesis dengan teknik RBA pada plat Ti dengan potensial 15 dan 20 V dapat dilihat pada Gambar 3. Reaksi yang terjadi pada proses anodisasi tersebut adalah dapat di tuliskan seperti dibawah ini.



Gambar 2. (a) Pengamatan Visual Larutan Elektrolit dan (b) Pengamatan Visual Plat Ti Setelah Anodisasi ≤ 14 V ; Lebih dari 7 jam.



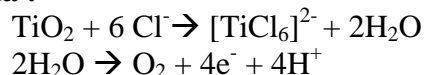
Gambar 3. Proses Pembentukan Plat Ti menjadi TiO₂ Serbuk dan Perontokannya dari Lembaran Logam Ti.

Kompleks ligan Cl cenderung untuk melarutkan secara signifikan. Ion ClO₄⁻ yang terdapat pada larutan elektrolit berperan sebagai oksidator pada anoda. Selain itu, ion ClO₄⁻ akan mengalami reduksi pada katoda, dimana ion Cl⁺⁷ akan tereduksi menjadi Cl⁻. Ion Cl⁻ yang dihasilkan kemudian membentuk kestabilan kompleks [TiCl₆]²⁻. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.

Katoda :

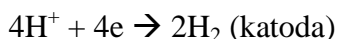


Anoda :



Hal ini didukung oleh kestabilan kompleks [TiCl₆]²⁻ hingga mencapai arus pada kondisi *steady state*. Pada kondisi ini lapisan oksida akan mencapai ketebalan

tertentu dan pertumbuhan panjang *bundle* TiO₂ tercapai. Dari pemecahan air yang terjadi pada reaksi tersebut akan dihasilkan evolusi gas oksigen. Kemudian setelah tercapai oksida pada ketebalan tertentu, maka ion Cl⁻ akan melarutkan oksida yang terbentuk. Sementara evolusi hidrogen yang sangat cepat pada katoda dapat diamati dengan terbentuknya gelembung yang sangat kuat dengan reaksi sebagai berikut.



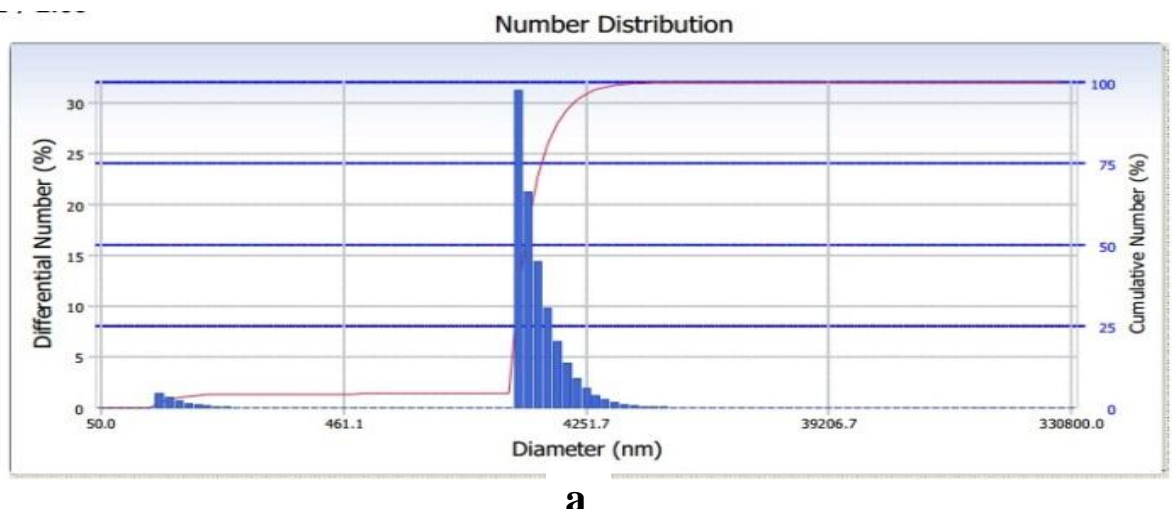
Oleh karena itu, pembentukan TiO₂ *nanotube* dengan teknik RBA dapat disimpulkan melalui tiga tahap utama, yaitu (I) Terbentuknya *bundle* pada sisi-sisi plat Ti atau Ti foil, (II) Karena terjadi *ultrahigh* reaksi dan pembentukan tubular pada permukaan Ti yang kemudian dilepaskan ke dalam elektrolit, (III) Proses anodisasi berlanjut hingga Plat Ti atau Ti foil mengalami transformasi sempurna menjadi TiO₂ *nanotube* dan terbentuk presipitat berwarna putih yang mengendap dalam larutan elektrolit.

Berdasarkan pengamatan selama percobaan dilakukan, TiO₂ serbuk yang diperoleh hanya berasal dari sistem elektrokimia pada potensial 15 dan 20 V, maka hanya TiO₂ serbuk yang diperoleh dari pemberian potensial 15 dan 20 V yang akan dipelajari pada tahapan studi selanjutnya.

Karakterisasi Material

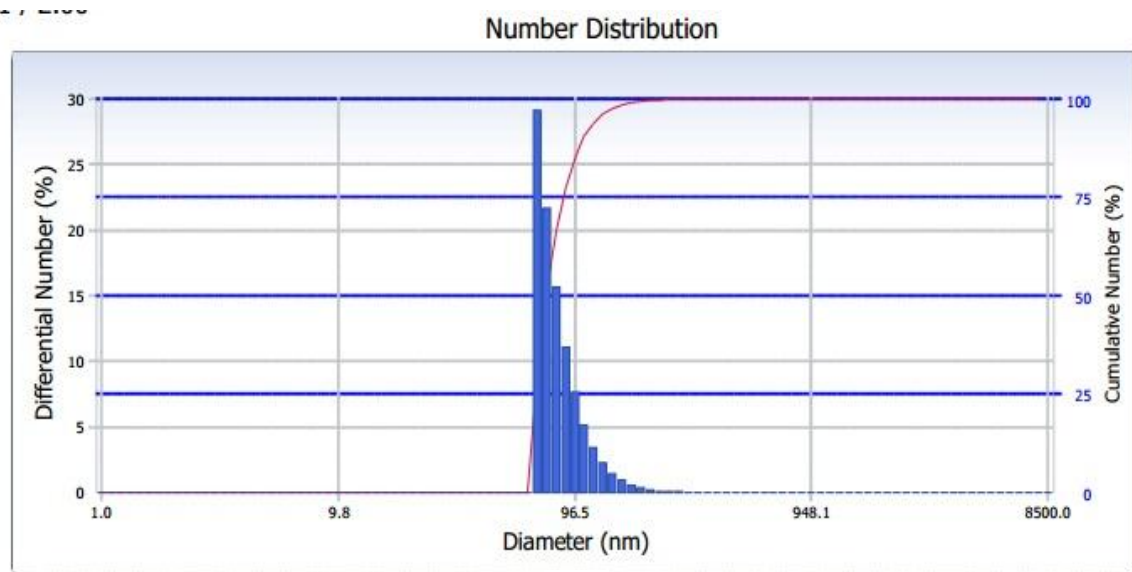
Berdasarkan hasil sintesis, diperoleh TiO₂ serbuk yang berasal dari sintesis pada potensial 15 V (NT15) dan 20 V (NT20), maka hasil inilah yang kemudian di uji lebih lanjut. Sebelum mengalami proses kalsinasi, serbuk yang diperoleh dikarakterisasi dengan menggunakan alat *Particle Size Analyzer* (PSA) untuk mengetahui ukuran partikel hasil sintesis. Gambar 4.a menunjukkan hasil pengukuran pada sampel NT15. Berdasarkan hasil pengukuran PSA, distribusi diameter partikel yang diperoleh dari hasil sintesis adalah 67,0 – 263,7 nm. Sementara perolehan rata-rata diameter adalah 84 nm dengan standar deviasi sebesar 23,3 nm dan nilai polydispersity indeks sebesar 0,309.

Gambar 4.b menunjukkan hasil pengukuran sampel NT20. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh distribusi ukuran partikel 2.282,3–4.251,7nm. Pada pengukuran sampel ini diperoleh hasil pembacaan diameter pada 2 pik berbeda, yaitu 102,0 nm dan 2.799,1 nm yang menunjukkan terdapat dua kumpulan ukuran diameter yang berbeda. Sehingga partikel pada sampel NT20 tidak seragam dibandingkan dengan NT15. Hal ini juga diperkuat dengan nilai polydispersity indeks yang diperoleh sebesar 1,987, yang mengindikasikan keseragaman partikel cukup rendah.



a

Studi Preparasi TiO₂ *Nanotube* Serbuk dengan Teknik..... (Linda, dkk.)



b

Secara umum, perbedaan hasil pengukuran ukuran partikel pada hasil sintesis TiO₂ dengan menggunakan teknik RBA pada dua variasi potensial 15 V dan 20 V dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisa Ukuran Partikel dan Polydispersity Indeks Pada Potensial Anodisasi yang Berbeda

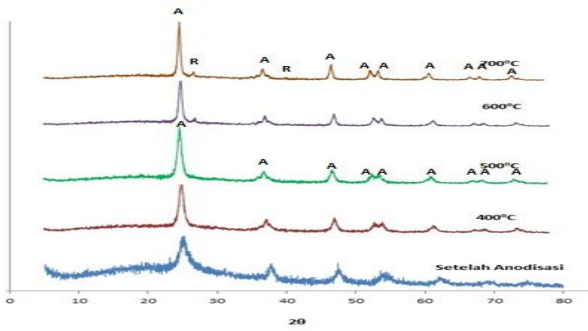
Sampel	Diameter (nm)	Standar Deviasi	Polydispersity Indeks
NT15	84	23,3	0,309
NT20	102,0	23,1	1,987
	2.799,2	754,2	

Selanjutnya analisis TiO₂ dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer sinar-X untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan fase kristal TiO₂ hasil sintesis. Pada karakterisasi ini sampel yang diuji adalah sampel telah disiapkan dari hasil sintesis pada potensial 15 V, baik kondisi sebelum kalsinasi maupun setelah kalsinasi pada suhu 400, 500, 600 dan 700°C. Gambar 5 adalah pola difraktogram sinar-X hasil analisis serbuk TiO₂ dimana terlihat adanya puncak-puncak yang

memberikan informasi identitas fasa kristal TiO₂ hasil sintesis.

Berdasarkan Gambar 5. diketahui TiO₂ hasil anodisasi mempunyai puncak yang sesuai dengan database TiO₂ anatase pada sudut 2θ yakni 25, 37, 38, 48, 54 dan 55. Fase kristal anatase sudah mulai ditemukan pada TiO₂ serbuk sebelum dilakukan proses kalsinasi, sedangkan fasa kristal rutil sudah ditemukan pada suhu kalsinasi 600°C. Bentuk puncak yang sempit pada gambar tersebut juga mengindikasikan bahwa ukuran kristal berada pada areanometer. Adapun ukuran kristal TiO₂ dapat dilihat pada Tabel 2.

Ukuran kristalit merupakan salah satu faktor penting untuk kestabilan fasa kristal titania. Dari Tabel 2 dapat disimpulkan suhu kalsinasi dapat mempengaruhi ukuran kristalit yang terbentuk. Dapat dilihat pada suhu 400 dan 500°C, selain menunjukkan struktur kristal anatase yang terbentuk juga dapat diketahui ukuran kristalitnya. Pada sampel hasil kalsinasi pada suhu 400 dan 500°C ukuran kristalit relatif lebih kecil dibandingkan dengan hasil kalsinasi pada suhu 600 dan 700 °C.

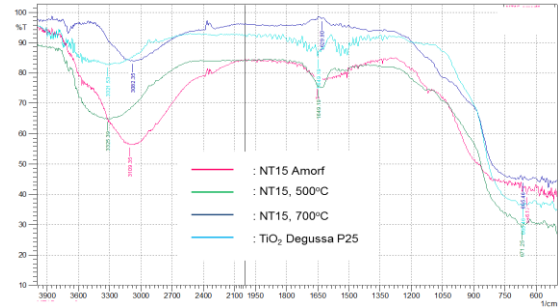


Gambar 5. Difraktogram TiO₂ Serbuk sebelum dan setelah Kalsinasi Bertahap 400-700 °C

Tabel 2. Ukuran Kristal TiO₂ dari Berbagai Variasi Temperatur Dihitung dari Puncak Tertinggi

Suhu (°C)	Ukuran Kristalit (nm)
Amorf	2,13
400	8,23
500	8,75
600	12,68
700	15,51

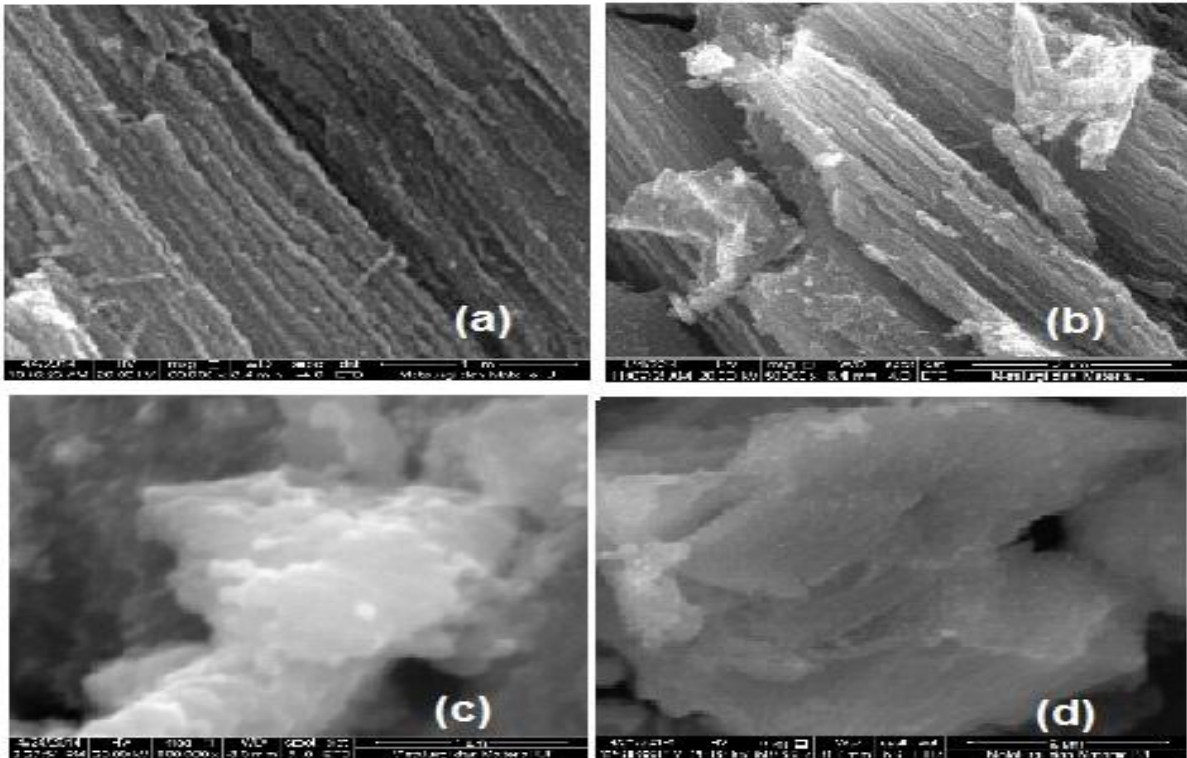
Selanjutnya untuk mengetahui keberadaan ikatan kimia tertentu dari material hasil sintesis, analisis terhadap material dilakukan dengan FTIR. Gambar 6 merupakan spektra TiO₂ hasil sintesis dan TiO₂ degussa P25 sebagai standar. Spektra pada sampel hasil sintesis menunjukkan adanya pertumbuhan TiO₂ yang dihasilkan dalam larutan elektrolit HClO₄ 0,15 M. Spektra menunjukkan adanya 3 puncak, yaitu 500-800, 1650 dan 3000-3600 cm⁻¹ yang menandakan adanya vibrasi dari ikatan O-H dan Ti-O pada TiO₂ nanotube. Pita absorpsi yang sangat kuat pada 3000-3600 dan kisaran 1650 cm⁻¹, terutama pada sampel hasil preparasi TiO₂ sebelum dilakukan kalsinasi, mengindikasikan adanya *stretching* pada gugus -OH yang kemudian secara perlahan mengalami deformasi, khususnya *bending* gugus -OH pada pik 1650 cm⁻¹ yang kemudian hilang secara perlahan seiring meningkatnya suhu kalsinasi.



Gambar 6. Spektrum DRS FT-IR TiO₂ Degussa P25 dan TiO₂ Hasil Sintesis 15VPengaruh Suhu Kalsinasi

Puncak 500-800 cm⁻¹ merupakan karakteristik untuk TiO₆ oktahedral. Kenaikan suhu kalsinasi mempengaruhi perubahan pada bentuk ikatannya. Perubahan serapan pada daerah tersebut menunjukkan ikatan Ti-O mengalami perubahan antara sampel yang sebelum dan setelah dilakukan kalsinasi. Pada kondisi kalsinasi suhu 500°C ikatan Ti-OH telah dikonversikan menjadi Ti-O-Ti, sehingga terjadi transformasi struktur dari amorfous menjadi kristal. Hal ini dapat dilihat bentuk pik yang semakin tajam pada kisaran 500-800cm⁻¹.

Selanjutnya, untuk mengetahui perbedaan luas permukaan material yang dipengaruhi oleh potensial, serbuk titania dilakukan pengukuran dengan BET. Pengukuran ini dilakukan terhadap sampel kristal TiO₂ setelah dilakukan kalsinasi pada suhu 500°C baik pada sampel NT15 dan NT20. Area permukaan yang diperoleh dari hasil perhitungan adsorpsi BET untuk NT15 adalah sebesar 69,723 m²/gdan NT20 adalah 63,824 m²/g. Luas area permukaan akan mempengaruhi efisiensi pada aplikasinya sebagai sel surya yang tersensitasi zat warna, dimana ketersediaan site yang cukup besar karena ketersediaan tersebut akan berpengaruh pada jumlah zat warna sebagai *sensitizer* yang dapat diakomodasi (diserap). Karena zat warna akan berperan sebagai donor elektron pada pita konduksi TiO₂, nilai efisiensi sel surya akan meningkat.



Gambar 7. Morfologi Sampel TiO₂ Hasil Kalsinasi 500°C (a) NT15 Perbesaran 100.000 X, (b) NT15 Perbesaran 50.000 X (c) NT20 Perbesaran 100.000 X, (d) NT20 Perbesaran 50.000 X

Pengaruh perbedaan potensial yang diberikan pada sistem elektrokimia juga mempengaruhi bentuk morfologi TiO₂ yang dihasilkan. Berdasarkan hasil pengukuran sampel baik pada NT15 dan NT20 dengan menggunakan FESEM pada Gambar 7 diketahui morfologi TiO₂ NT15 menunjukkan sebuah struktur *bundle* nanotube, dimana *bundle* nanotube pada TiO₂ ini diperoleh pada saat nanotube terlepas dari plat Ti dan bertransformasi menjadi nanotube dengan *outer diameter* pada rentang 58,28- 85,71 nm dan panjang sekitar 53,57 - 62,50 µm. Hal ini berbeda dengan sampel TiO₂ NT20 yang memperlihatkan hasil morfologi nanotubetidak beraturan. Selain itu, terlihat nanotube hasil sintesis yang terlepas dari plat Ti tidak hanya *bundle* nanotube yang terbentuk, namun juga nano partikel. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa anodisasi dengan metode RBA pada potensial 15 V mempunyai porositas lebih

tinggi dibandingkan hasil sintesis pada 20 V.

SIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat dilaporkan beda potensial pada teknik *Rapid Breakdown Anodization* (RBA) dalam sintesis TiO₂serbuk mempengaruhi kualitas TiO₂ yang diperoleh dalam media asam perklorat 0,15 M. Dari hasil studi dilaporkan pemberian potensial yang lebih rendah dari 20V, dalam hal ini adalah 15V akan memberikan efek yang cukup signifikan terutama pada ukuran, bentuk morfologi dan luas area permukaan kristal TiO₂dengan waktu yang relatif cepat, kurang lebih selama 4 jam. Kondisi ini tentu akan mempengaruhi aplikasi dari serbuk TiO₂. Ukuran kristal yang lebih kecil akan mempengaruhi kestabilannya dan bentuk morfologi nanotube yang lebih seragam akan sangat berpengaruh pada aktivitas foto-

Studi Preparasi TiO₂ Nanotube Serbuk dengan Teknik..... (Linda, dkk.)

katalitiknya. Selain itu, pemberian potensial 15V juga memberikan pengaruh area permukaan kristal yang lebih luas, yaitu $69,723 \text{ g/m}^2$ dibandingkan dengan NT20, yaitu $63,824 \text{ g/m}^2$. Kondisi ini akan sangat berpengaruh pada aplikasinya sebagai perangkat fotovoltaiik. Dimana ketersediaan site yang cukup besar karena ketersediaan tersebut akan berpengaruh pada jumlah zat warna sebagai *sensitizer* yang dapat diakomodasi (diserap).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Jarnuzi Gunlazuardi yang telah memberikan supervisi selama penelitian berlangsung serta bantuan finansial untuk penelitian ini dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

Antony, Rajini P., Mathews, Tom, Ramesh C., Murugesan, N., Dasgupta, Arup., Dhara, S., Dhara, Dash, S., Tyagi, A.K. (2012). Efficient photocatalytic hydrogen generation by Pt modified TiO_2 nanotubes fabricated by rapid breakdown anodization. *international journal of hydrogen energy* 37 (2012) 8268e8276.

Antony, Rajini P., Mathews, Tom., Dasgupta, Arup., Dash, S., Tyagi, A.K., Raj, Baldev. (2011) . Rapid breakdown anodization technique for the synthesis of high aspect ratio and high surface area anatase TiO_2 nanotube powders.

Arunchandran, C., Ramya, George, R.P. U. Mudali, Kamachi. (2013). Corrosion inhibitor storage and release property of TiO_2 nanotube powder synthesized by rapid breakdown anodization method. *Materials Research Bulletin* 48 (2013) 635–639.

Byranvand, M. Malekshahi., Bazargan, M. H., Kharat, A. Nemati. (2012). The Method For Preparing Anatase Titania Nanoparticles: Application to Flexible Dye Sensitized Solar Cells. *Proceedings of the 4th International Conference on Nanostructures (ICNS4)* 12-14 March, 2012, Kish Island, I.R. Iran

Elsanousi, Ammar, Elamin, Nazar, Elhourri, Sawsan, Abdallah, Amel. (2013). Highly Ordered TiO_2 Nanotubes and Their Application to Dye Sensitized Solar Cells. *Journal of Applied and Industrial Sciences*, April, 2013, 1 (1): 39-42.

Fahim, Narges F., Sekino, Tohru. (2011). Anodic TiO_2 nanotubes powder and its application in dye-sensitized solar cells. *J Nanopart Res* (2011) 13:6409–6418 DOI 10.1007/s11051-011-0393-0

Grätzel, M., Mc Evoy A.J., (2004). Principles and applications of dye sensitized nano-crystalline solar cells (DSC), *Asian J. Energ. Env.* 5 (2004) 197-210.

Grätzel, M., (2001). Photoelectrochemical cells, *Nature* 414 (2001) 338.

Handoyo, Henry. (2013). Sel Surya Tersensitasi Zat Warna Berbasis TiO_2 yang Dimodifikasi Dalam Konfigurasi Tabung. Tesis Departemen Kimia Universitas Indonesia

Jha, Himendra., Roy, Poulomi., Hahn, Robert., Paramasivam, Indhumati., Schmuki, Patrik. (2011). Fast formation of aligned high-aspect ratio TiO_2 nanotube bundles that lead to increased open circuit voltage when used in dye sensitized solar cells. *Electrochemistry Communications* 13 (2011) 302–305.

Linsebigler, Amy L., Karlsson, Karl Martin. (2011). Design, Synthesis and Properties of Organic Sensitizers for Dye Sensitized Solar Cells. Doctoral Thesis-Royal Institute of Technology ISBN 978-91-7415-954-7.