

SINTESIS LAPIS TIPIS BERBASIS NANOPARTIKEL TITANIA TERMODIFIKASI SILIKA SECARA SOL-GEL SEBAGAI BAHAN *ANTIFOGGING*

L.V. Rissa[✉], S. Priatmoko, Harjito

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima 27 Januari 2012
Disetujui 1 Maret 2012
Dipublikasikan April 2012

Keywords:
Antifogging
Nanoparticle
Dopan
Sol-gel
TiO₂-SiO₂

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis lapis tipis berbasis nanopartikel titania termodifikasi silika (TiO₂-SiO₂) secara sol-gel sebagai bahan antifogging untuk (i) mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap energi *band-gap*, struktur dan ukuran kristal, serta porositas titania-silika, (ii) mengetahui pengaruh komposisi sol terhadap karakteristik lapis tipis titania-silika yang meliputi hidrofilitas dan sifat transparan, serta (iii) mengetahui kinerja antifogging lapis tipis titania-silika pada substrat kaca. Sintesis dilakukan melalui metode sol-gel. Teknik pelapisan pada kaca menggunakan teknik celup, kemudian diaplikasikan sebagai bahan anti-kabut. Hasil sintesis TiO₂-SiO₂ dikarakterisasi dengan XRD untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal, SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dan komposisi padatan, serta DR-UV untuk mengetahui *band-gap* TiO₂-SiO₂. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa TiO₂-SiO₂ dengan 15% b/b silika pada temperatur kalsinasi 500°C memiliki ukuran partikel dan band gap optimum yaitu masing-masing sebesar 11,15 nm dan 3,20 eV. Hasil ini bersesuaian dengan hasil pengukuran sudut kontak minimum yaitu sebesar 14,49°. Hasil uji kinerja antifogging menunjukkan bahwa lapis tipis TiO₂-SiO₂ memiliki kemampuan untuk digunakan sebagai bahan anti-kabut.

Abstract

The research on synthesis of thin layer Based on TiO₂ nanoparticle modified silica by sol gel as antifogging materials has been conducted to (i) determine the effect of calcination temperature on the gap energy, structure and size of crystal, and porous titania-silica, (ii) determine the effect of sol composition on thin layer titania-silica covering hydrophilic and transparent character, and (iii) determine the performance of antifogging thin layer titania-silica on glass substrate. The synthesis is done by using sol-gel method. Dye technique was used to coat the glass, and then applied as antifogging materials. The result of synthesis of TiO₂-SiO₂ was characterized with XRD to determine the structure and size of crystal, with SEM-EDX to determine the morphology and composition of solid, and with DR-UV to determine the TiO₂-SiO₂ band-gap. The characterization shows that TiO₂-SiO₂ with 15% b/b silica in the temperature of 500°C has optimum particle size and band gap with each 11,15 nm and 3,20 eV. This result is consistent with minimum contact angle measurement of 14,49°. The result of antifogging performance test shows that thin layer TiO₂-SiO₂ is able to be used as antifogging material.

© 2012 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Gedung D6 Lantai 1 FMIPA Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, Indonesia 50229
E-mail: aaii_cutezzz@yahoo.com

Pendahuluan

Kabut merupakan salah satu bentuk koloid dengan fase terdispersi cair dan medium pendispersi gas. Kabut dan partikulat-partikulat lain dapat bercampur membentuk zat pencemar yang dapat mengotori material luar ruangan, salah satunya adalah material yang terbuat dari kaca seperti jendela gedung, dinding, atap, dan beberapa material kaca lainnya.

Pembentukan kabut yang terjadi pada kaca jendela gedung ruangan ber-AC serta kaca kendaraan merupakan permasalahan yang dapat mengganggu aktifitas. Pada umumnya, kabut yang menempel pada material kaca tersebut sulit untuk dibersihkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain biaya perawatan yang besar dan resiko kecelakaan kerja yang tinggi (Slamet *et al.* 2007).

Semikonduktor TiO₂ (Titanium dioksida) merupakan fotokatalis yang memiliki sifat hidrofilik bahkan superhidrofilik. Jika setetes air yang menempel pada permukaan semikonduktor TiO₂ terpapar sinar, maka sudut kontak tetesan air pada permukaan tersebut akan mengalami penurunan dari 10° hingga mendekati 0° (Slamet 2008). Sifat hidrofilik tersebut dimanfaatkan untuk proses degradasi zat organik, salah satunya pada permukaan kaca (Guan 2005). Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Feng (2004) bahwa fotokatalis TiO₂ memiliki sifat swa-bersih dan anti-kabut yang dibuktikan dengan kemampuan TiO₂ untuk membersihkan polutan dengan sendirinya.

Aktifitas fotokatalis dan sifat hidrofilik TiO₂ dapat meningkat ketika terjadi perubahan struktur kristal dari TiO₂, salah satunya akibat pengaruh temperatur kalsinasi. Menurut Zang *et al.* dalam Sikong (2008) temperatur kalsinasi dapat mempengaruhi perubahan struktur dan kristalinitas dari fotokatalis TiO₂. Pada saat temperatur kalsinasi meningkat, akan terjadi perubahan struktur kristal TiO₂. Semakin tinggi temperatur kalsinasi, maka semakin kecil ukuran kristal yang dihasilkan. TiO₂ yang kristalin dapat terbentuk pada suhu di atas 300°C, struktur kristal didominasi oleh struktur anatase. Namun demikian, menurut penelitian Huang *et al.* (2007) pada suhu 600°C kristal rutil mulai terbentuk. Oleh karena itu, pengetahuan mengenai temperatur kalsinasi menjadi hal yang sangat penting untuk mendapatkan kristal dengan karakteristik yang tepat.

Aktifitas suatu padatan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah impurities. Impurities dapat terjadi jika zat yang

berbeda dimasukkan dalam kerangka kristal menggantikan salah satu komponen penyusun kerangka tersebut yang disebut dengan dopan. Yuranova (2005) dalam Sikong (2008) melaporkan bahwa aktifitas fotokatalis TiO₂ dapat ditingkatkan dengan penambahan dopan silika. Silika yang disisipkan dalam kerangka kristal TiO₂ dapat meningkatkan keasaman dan hidrofilitas pada permukaan. Selain itu, silika bersifat inert hidrofobik dan transparan. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Lin (2006), lapis tipis TiO₂ yang termodifikasi SiO₂ memberikan hasil yang lebih transparan. Semakin tinggi konsentrasi SiO₂, semakin transparan fotokatalis yang dihasilkan. Namun demikian, konsentrasi SiO₂ yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi porositas, homogenitas pori serta homogenitas sebaran logam (Hidayat, 2005). Jadi, perlu ditentukan komposisi TiO₂-SiO₂ yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimal.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi terhadap energi *band-gap*, struktur dan ukuran kristal, serta porositas titania-silika, mengetahui pengaruh komposisi sol terhadap karakteristik lapis tipis titania-silika yang meliputi hidrofilitas dan sifat transparan, serta mengetahui kinerja antifogging lapis tipis titania-silika pada substrat kaca.

Metode yang tepat digunakan dalam sintesis TiO₂ termodifikasi silika adalah metode sol-gel dengan prekursor alkoksida logam. Metode sol-gel dapat diaplikasikan untuk preparasi nanopartikel karena dapat mengontrol ukuran partikel dan homogenitasnya (Liquan *et al.* 2005). Sedangkan menurut Lange *et al.* (1995) metode sol-gel sering digunakan dalam sintesis lapis tipis atau modifikasi pori karena deposisi multilayer dapat mengontrol struktur, komposisi, dan aktifitas lapis tipis yang dihasilkan.

Semikonduktor TiO₂ dengan dopan silika yang disintesis menggunakan metode sol-gel diharapkan dapat menghasilkan partikel kristalin berskala nanometer. Nanopartikel memiliki kinerja fotokatalitik yang lebih optimal dibandingkan dengan partikel yang lebih besar karena permukaannya menjadi lebih luas dan efek penyerapan terhadap foton lebih besar. Dengan demikian, apabila TiO₂ dengan dopan silika diaplikasikan sebagai bahan antifogging akan memberikan hasil yang optimal.

Metode

Soda lime plate (kaca preparat) ukuran

7,5x2,5x0,1 cm sebagai substrat disonikasi dalam reaktor sonokimia dengan aquabides selama 5 menit, kemudian dilanjutkan dengan larutan etanol dan aseton dengan waktu yang sama, kemudian dikeringkan pada suhu kamar (Sikong 2008).

Lapis tipis dibuat dengan variasi konsentrasi SiO_2 , antara lain 10 %, 15 %, dan 20 % mol. Sintesis lapis tipis TiO_2 - SiO_2 dibuat dengan cara menyiapkan beakerglass, kemudian diisi dengan 143 mL etanol 96%, 8,80 mL TiIPP dilarutkan dalam etanol sambil diaduk selama 15 menit. Selanjutnya, ke dalam ditambahkan dengan 0,34 mL, 0,67 mL, dan 1 mL TEOS dan diaduk kembali selama 30 menit. Selama proses pengadukan ditambahkan HCl 2 M sampai pH larutan mencapai 3,5. Terakhir ditambahkan 2 mL aquades ke dalam larutan tersebut dan kembali diaduk 30 menit sampai terbentuk gel. Gel yang terbentuk dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama dioven pada suhu 105°C selama 6 jam dan dikalsinasi selama 3 jam (pada suhu 300, 400, dan 500°C). Hasil sintesis selanjutnya dikarakterisasi untuk mengetahui struktur dan ukuran kristal, morfologi dan komposisi padatan serta energi *band-gap*.

Bagian yang gel kedua dilapiskan pada substrat kaca dengan perlakuan sama pada suhu kalsinasi 500°C. Selanjutnya, diukur sudut kontak dan dilakukan pengujian antifoggingnya.

Bagian yang gel kedua dilapiskan pada substrat kaca dengan perlakuan sama. Selanjutnya, diukur sudut kontak dan dilakukan pengujian *antifogging*nya. Pengukuran sudut kontak sesuai yang dilakukan oleh menggunakan metode tetesan air. Pengujian kinerja *antifogging* dilakukan dengan membuat kabut pada permukaan support yang telah dilapisi sol titania-silika. Kemudian, dialirkan kabut di atas substrat terlapis sol titania silika dalam waktu 15 menit. Selanjutnya, intensitas kabut yang menempel pada substrat kaca diukur dengan *fluksmeter* untuk mengetahui kinerja *antifogging* pada substrat yang terlapis sol titania-silika tersebut.

Nanopartikel TiO_2 yang telah dimodifikasi dengan silika, kemudian dikarakterisasi untuk menentukan porositas, struktur dan ukuran kristal, komposisi Ti:Si, *energy gap*, hidrofilitas, dan sifat transparan lapis tipis titania-silika. Uji yang dilakukan untuk mengkarakterisasi padatan titania-silika adalah *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX), dan DR-UV (*Diffuse Reflectance-UV*). Untuk uji karakterisasi lapis tipis titania-silika menggunakan sudut

kontak dan *fluksmeter*.

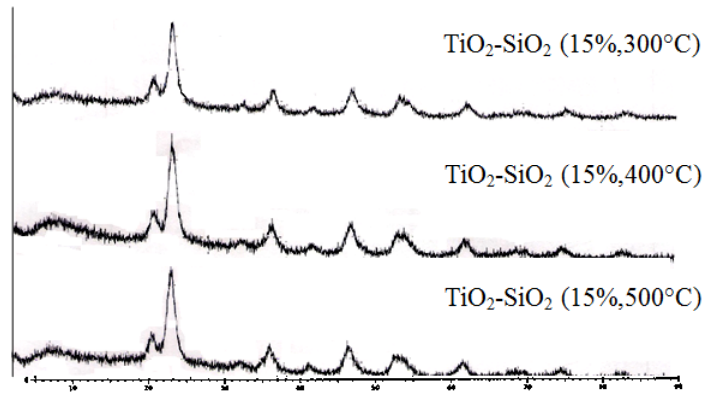
Analisis data dilakukan dengan metode optimasi dua variable bebas yakni temperatur kalsinasi dan konsentrasi SiO_2 untuk mendapatkan sudut kontak optimum. Setelah mendapatkan sudut kontak yang optimum, dilakukan karakterisasi terhadap sampel. Karakterisasi dilakukan terhadap sampel yang memiliki perbedaan sudut kontak signifikan (perbedaan cukup besar). Sampel yang memiliki karakteristik sudut kontak kurang signifikan (hampir sama) tidak dilakukan karakterisasi dengan XRD, DR-UV, dan SEM-EDX.

Hasil dan Pembahasan

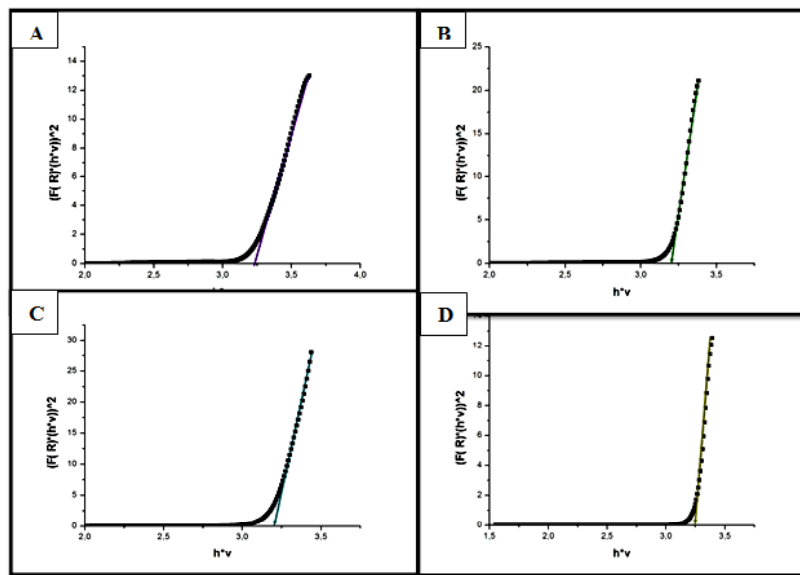
Nanopartikel TiO_2 yang dimodifikasi dengan silika (SiO_2) telah berhasil disintesis dengan metode sol-gel. Penambahan silika (SiO_2) sebagai dopan diharapkan mampu meningkatkan aktivitas fotokatalitik TiO_2 pada spektrum sinar tampak dan juga dapat menurunkan energi *gap*, sehingga elektron mampu pindah ke pita konduksi dengan baik. Pada sintesis ini yang digunakan sebagai sumber silika adalah prekursor TEOS. Perbandingan konsentrasi TEOS digunakan sebagai penentu seberapa banyak jumlah SiO_2 yang akan terdopan ke dalam TiO_2 . Kemudian kristal dikarakterisasi dengan XRD, DR-UV, dan SEM-EDX. Kalsinasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh pemanasan terhadap struktur dan ukuran kristal TiO_2 . Kristal TiO_2 - SiO_2 dengan hasil terbaik adalah pada suhu kalsinasi 500°C. Kristal tersebut warnanya sudah homogen dan strukturnya halus, artinya silika sudah terdopan ke dalam kisi kristal TiO_2 . Berbeda dengan warna kristal TiO_2 - SiO_2 pada suhu 300°C dan 400°C yang masih mengkilat dan strukturnya kasar. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi, akan berpengaruh terhadap struktur fisik TiO_2 - SiO_2 yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil analisis XRD pada Gambar 1 dapat diketahui puncak-puncak difraktogram TiO_2 - SiO_2 . Puncak TiO_2 - SiO_2 terletak pada 2θ 25,5246; 23,10; dan 48,335 untuk TiO_2 - SiO_2 (15%,300°C), kemudian 2θ 25,48; 48,29; dan 23,1766 untuk TiO_2 - SiO_2 (15%,400°C), serta difraktogram dengan puncak 2θ 25,5297; 23,24; dan 48,355 untuk TiO_2 - SiO_2 (15%,500°C). Ketiga puncak utama dari masing-masing sampel TiO_2 - SiO_2 tersebut merupakan 2θ untuk fase anatase TiO_2 .

Sintesis TiO_2 - SiO_2 ini diharapkan mendapatkan hasil material berukuran nano karena dengan menggunakan material berukuran nano kemampuan katalisnya



Gambar 1. Perbandingan difraktogram padatan TiO₂-SiO₂ hasil difraksi sinar-X pada berbagai suhu kalsinasi



Gambar 2. Energy gap semikonduktor TiO₂-SiO₂ (A) TiO₂-SiO₂ 15%,300°C (B) TiO₂-SiO₂ 15%,400°C, (C) TiO₂-SiO₂ 15%,500°C, (D) TiO₂-SiO₂ 15%,600°C

semakin baik. Semakin kecil ukuran partikel, luas permukaan partikel semakin luas sehingga daya katalisnya semakin bagus. Ukuran partikel semikonduktor yang berhasil disintesis berada pada kisaran 11,15 nm - 16,43 nm menandakan bahwa partikel yang disintesis tergolong dalam nanomaterial. Melalui data XRD dapat dianalisis ukuran kristal TiO₂-SiO₂, yaitu melalui persamaan Deybe-Shcerrer

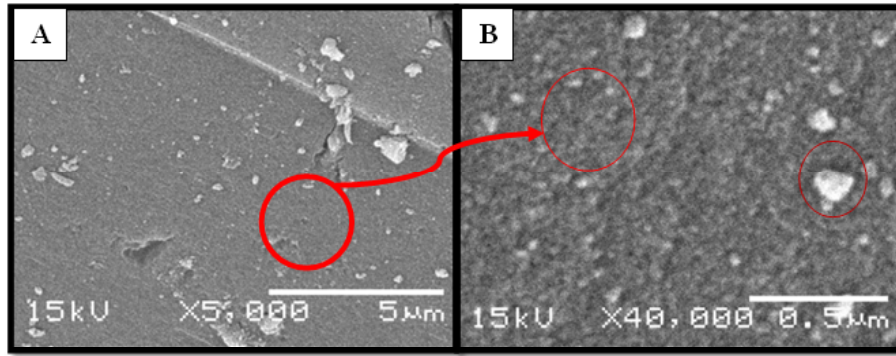
Melalui data XRD dapat dianalisis ukuran kristal TiO₂-SiO₂, yaitu melalui persamaan Deybe-Shcerrer diperoleh perhitungan ukuran kristal seperti yang tertera pada Tabel 1. Menurut penelitian Huang *et al.* (2007) semakin tinggi suhu kalsinasi, semakin kecil ukuran kristal yang dihasilkan. Selain itu, adanya dopan silika dapat membantu menekan pertumbuhan kristal. Sehingga, kristal yang terbentuk ukurannya

menjadi kecil.

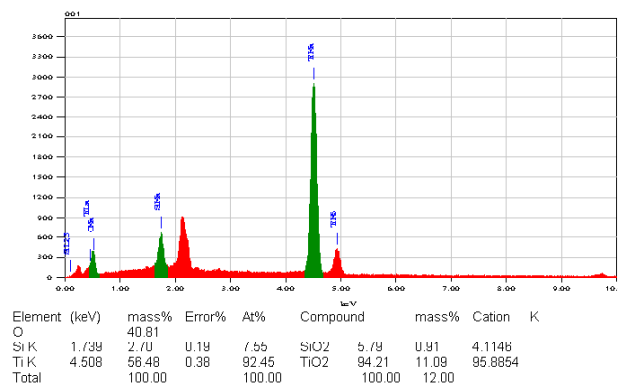
Tabel 1. Perhitungan ukuran kristal TiO₂-SiO₂

Kode	Sampel	Ukuran Kristal (nm)
A2	TiO ₂ -SiO ₂ (15%,300°C)	12,10
B2	TiO ₂ -SiO ₂ (15%,400°C)	11,25
C2	TiO ₂ -SiO ₂ (15%,500°C)	11,14

Karakterisasi dengan UV-Vis Difusi Reflektansi dilakukan untuk menentukan besarnya energi *gap* (E_g) nano TiO₂-SiO₂ yang telah disintesis. Perhitungan energi *gap* dilakukan dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk. Energi *gap* pada semikonduktor adalah $(h.c/\lambda)$ pada saat $[\alpha h.c/\lambda]^2 = 0$, yang



Gambar 3. Morfologi permukaan kristal $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ pada suhu 500°C konsentrasi silika 15% perbesaran 5000 kali (A) dan perbesaran 40000 kali (B)



Gambar 4. Hasil karakterisasi EDX $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ pada suhu kalsinasi 500°C

diperoleh dari perpotongan garis lurus yang ditarik memotong sumbu x pada kurva. Kurva energi gap nano $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ ditunjukkan oleh Gambar 2.

Besarnya energi *gap* pada masing-masing semikonduktor memiliki nilai yang tidak jauh berbeda. Akan tetapi, variasi penambahan konsentrasi silika pada suhu kalsinasi yang sama memiliki nilai energi *gap* yang signifikan. Energi gap terkecil diperlihatkan oleh semikonduktor $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dengan konsentrasi silika 15% dan suhu kalsinasi 500°C .

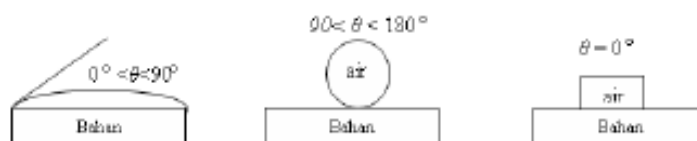
Analisis padatan dengan menggunakan SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dan homogenitas padatan yang telah disintesis. Selain itu, SEM juga digunakan untuk mengetahui pori-pori dari padatan yang telah disintesis. Salah satu syarat semikonduktor yang baik adalah memiliki pori untuk memperluas permukaan padatan yang digunakan untuk menyerap foton yang lebih banyak pada saat diaplikasikan sebagai fotokatalis. Ukuran pori padatan tidak boleh terlalu besar ataupun terlalu kecil. Jika pori terlalu kecil maka penambahan luas permukaan semikonduktor akan sedikit. Jika pori terlalu besar maka semikonduktor akan bersifat rapuh

dan tidak stabil terhadap perlakuan selama aplikasi.

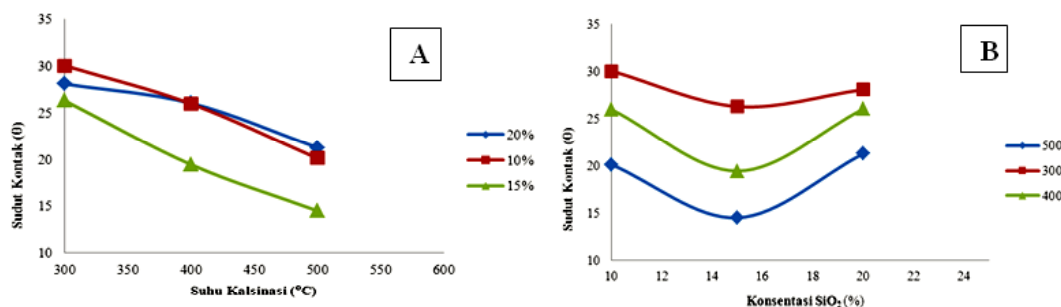
Analisis SEM dilakukan terhadap sampel yang memiliki ukuran dan bad gap terkecil yakni kristal $\text{TiO}_2\text{-SiO}_2$ dengan konsentrasi silika 15% dan suhu kalsinasi 500°C . Sesuai dengan Gambar 3, hasil analisis SEM dengan perbesaran 5000 dan 40000 kali menunjukkan bahwa pada suhu kalsinasi 500°C , partikel mengalami *post-sintering* yang ditandai dengan ukuran partikel kecil dan agregasi kristal yang teratur. Akan tetapi, karena pengaruh suhu tinggi kristal cenderung beragregasi kembali membentuk ukuran kristal yang lebih besar.

Berdasarkan hasil karakterisasi EDX pada Gambar 4 dapat diketahui bahwa senyawa SiO_2 yang terdopan sebesar 0,91%. Hal tersebut kontradiktif dengan prediksi besarnya SiO_2 yang akan terdopan ke dalam TiO_2 sebanyak 15%. Data yang diperoleh dari SEM-EDX menunjukkan bahan SiO_2 dari TEOS tidak terdopan semua ke dalam TiO_2 .

Berdasarkan hasil karakterisasi kristal titania-silika menggunakan XRD, DR-UV, dan SEM-EDX menunjukkan bahwa kristal TiO_2 yang terbentuk memiliki fase anatase yang dominan



Gambar 5. Sudut kontak air pada permukaan (A) sebagian membasahi, (B) tidak membasahi, (C) membasahi sempurna



Gambar 6. Grafik hubungan antara sudut kontak dengan suhu kalsinasi pada berbagai konsentrasi SiO₂ (A), Grafik hubungan antara sudut kontak dengan konsentrasi SiO₂ pada berbagai suhu kalsinasi (B)

dan memiliki kristal berukuran nano. Hal ini sesuai dengan hasil uji XRD-nya. Keberhasilan sintesis kristal TiO₂ ini diperkuat dengan hasil karakterisasi DR-UV yang menunjukkan bahwa *band-gap* TiO₂ berada pada rentang semikonduktor. Hasil karakterisasi SEM-EDX juga memberikan hasil bahwa kristal TiO₂ yang dimodifikasi dengan silika telah berhasil disintesis.

Sudut kontak ditentukan berdasarkan metode tetesan air pada permukaan substrat terlapis TiO₂-SiO₂. Tetesan air yang terbentuk pada permukaan substrat mempunyai bentuk yang cembung dan dapat membasahi permukaan substrat. Hal ini dapat terjadi apabila TiO₂-SiO₂ yang melapisi substrat memiliki sifat hidrofilik. Sifat hidrofilik terkait dengan kemampuan katalis sebagai agen swa-bersih. Suatu katalis dapat dikatakan memiliki sifat hidrofilik dan membasahi permukaan apabila memiliki sudut kontak $0^\circ < \theta < 90^\circ$. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 5 mengenai fenomena air pada permukaan.

Berdasarkan pengukuran sudut kontak lapis tipis TiO₂-SiO₂ diperoleh sudut kontak terkecil sebesar 14,49° pada konsentrasi silika 15% dan suhu kalsinasi 500°C. Hasil pengukuran sudut kontak dipengaruhi oleh temperatur kalsinasi dan konsentrasi silika. pengaruh kedua variasi tersebut terhadap sudut kontak ditunjukkan oleh Gambar 6.

Sintesis TiO₂-SiO₂ dilakukan dengan perlakuan variasi suhu kalsinasi dan konsentrasi SiO₂. Pemberian variasi ini dilakukan untuk

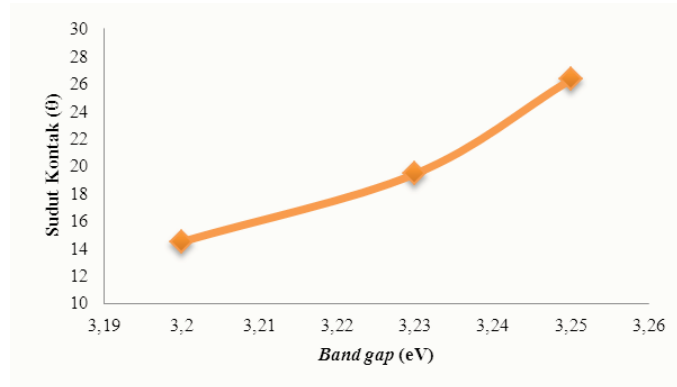
mengetahui pengaruh penambahan SiO₂ sebagai dopan dan suhu kalsinasi terhadap karakter kristal TiO₂, salah satunya adalah sifat hidrofilik. Sifat hidrofilik terkait dengan kemampuan katalis sebagai agen swa-bersih. Suatu katalis dapat dikatakan memiliki sifat hidrofilik dan membasahi permukaan apabila memiliki sudut kontak $0^\circ < \theta < 90^\circ$.

Penurunan sudut kontak pada permukaan yang terlapis padatan TiO₂-SiO₂ dapat terjadi apabila padatan tersebut memiliki struktur berfase anatase serta ukuran kristal yang kecil. Hal ini disebabkan karena dengan ukuran kristal yang kecil akan memperluas permukaan padatan, yang mana akan meningkatkan kemampuannya dalam penyerapan moleku-molekul air.

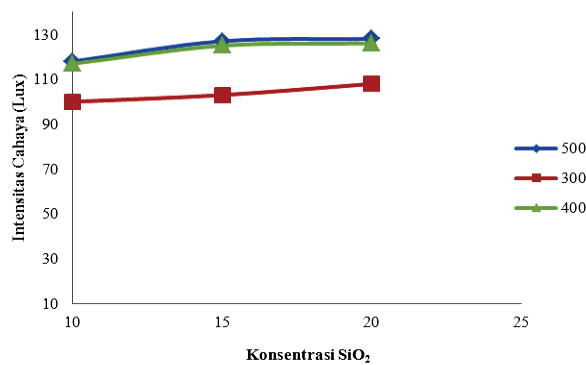
Temperatur kalsinasi dan konsentrasi silika mempengaruhi besarnya sudut kontak. Semakin tinggi temperatur, semakin kecil sudut kontak. Penambahan silika optimum sebesar 15%, dan konsentrasi lebih dari 15% mengakibatkan sudut kontak menjadi lebih besar (Gambar 6B).

Hubungan Sudut Kontak dan Energi Gap

Titanium dioksida merupakan salah satu semikonduktor yang banyak dimanfaatkan sebagai fotokatalis. TiO₂ memiliki band gap yang lebar, yakni antara 3,2 eV-3,8 eV. Band gap yang lebar ini dapat diatasi dengan penambahan dopan, salah satunya menggunakan dopan SiO₂ (silika). penambahan silika sebagai dopan diharapkan mampu menurunkan band gap TiO₂ yang terlalu lebar tersebut. Nilai band gap yang



Gambar 7. Grafik hubungan antara sudut kontak dengan *band gap*



Gambar 8. Grafik hubungan antara transparansi lapis tipis TiO₂-SiO₂ dengan konsentrasi SiO₂ pada berbagai suhu kalsinasi

kecil akan memudahkan partikel melakukan loncatan pada pita valensi ke pita konduksi.

Band gap TiO₂-SiO₂ mengalami penurunan pada penambahan konsentrasi silika sebesar 15%. Sedangkan pada Gambar 7, dapat dilihat hubungan antara sudut kontak dengan besarnya band gap TiO₂-SiO₂. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa sudut kontak mengalami penurunan seiring dengan menurunnya band gap. Hal ini berarti bahwa besarnya band gap berpengaruh terhadap sudut kontak. Padatan TiO₂-SiO₂ yang memiliki energi gap kecil akan lebih bersifat semikonduktor. Padatan yang bersifat semikonduktor akan memiliki kemampuan mengeksitasi elektron lebih besar. Akibatnya, sifat fotokatalitiknya dan daya hidrofiliknya akan meningkat.

Uji Tranparansi Lapis Tipis TiO₂-SiO₂

Uji tranparansi dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan silika terhadap kualitas lapis tipis yang dihasilkan. Penambahan silika dapat meningkatkan transparansi serta meningkatkan porositas dan homogenitas pori dari katalis yang dihasilkan. Pada penelitian ini, uji transparansi dilakukan menggunakan fluxmeter, yakni dengan mengukur

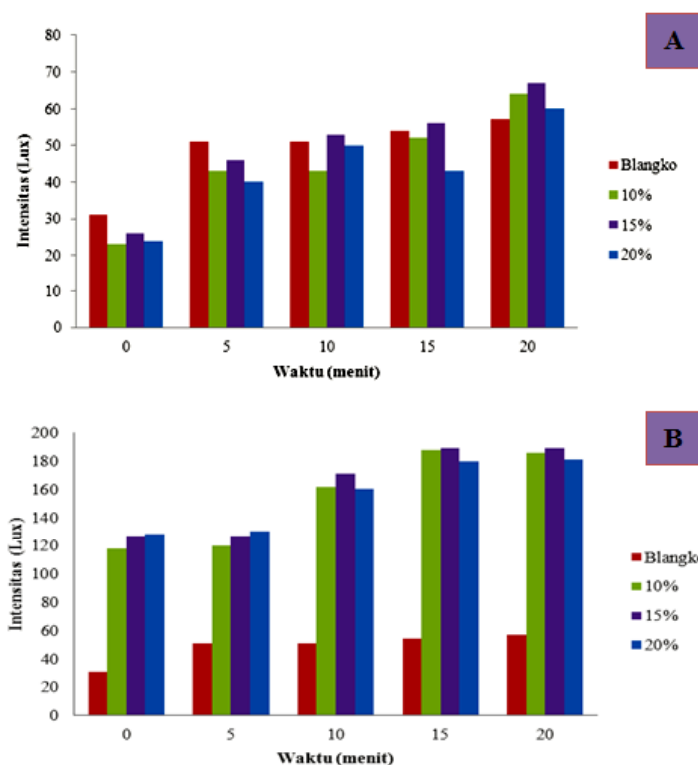
intensitas cahaya yang dapat melewati lapis tipis. Asumsi tersebut didasarkan pada, apabila cahaya yang melewati lapis tipis memiliki intensitas yang besar, artinya lapis tipis tersebut transparan. Sebaliknya, apabila intensitas cahaya yang melewati lapis tipis tersebut kecil, tingkat transparansi yang dimiliki oleh lapis tersebut kurang atau rendah.

Penambahan silika sangat berpengaruh terhadap lapis tipis yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8 mengenai hubungan antara penambahan konsentrasi silika terhadap sifat transparansi lapis tipis TiO₂-SiO₂.

Transparansi lapis tipis TiO₂-SiO₂ meningkat dari konsentrasi 10% sampai 20%. Akan tetapi, pada konsentrasi 15% dan 20%, peningkatannya kecil. Hal ini berarti, pada konsentrasi 15%, lapis tipis sudah memiliki tingkattransparansi optimum. Penambahan silika sebagai dopan, diusahakan dengan konsentrasi sekecil. Hal ini disebabkan, konsentrasi silika yang terlalu besar mengakibatkan lapis tipis TiO₂-SiO₂ mudah rapuh.

Uji Kinerja *Antifogging* (Anti-Kabut)

Uji kinerja anti-kabut dilakukan untuk mengetahui aktifitas fotokatalitik dari lapis



Gambar 9. Perbandingan kinerja anti-kabut sampel tanpa iradiasi UV (A) dengan sampel teriradiasi UV (B) (sampel dikalsinasi pada suhu 500°C dengan konsentrasi SiO₂ 15%)

tipis TiO₂-SiO₂ yang telah disintesis dengan variasi suhu kalsinasi dan konsentrasi SiO₂. Uji kinerja anti-kabut dilakukan menggunakan dua perlakuan, yakni sampel diiradiasi dengan UV dan tanpa diiradiasi UV. Pemberian perlakuan ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh sinar UV terhadap peningkatan aktifitas fotokatalis TiO₂-SiO₂. Pengujian dilakukan menggunakan uap air dengan tujuan untuk menguji sifat hidrofilitas lapis tipis TiO₂-SiO₂. Lapis tipis yang telah dibuat, dialiri uap air

Hasil uji *antifogging* lapis tipis TiO₂-SiO₂ ditunjukkan oleh Gambar 9. Sampel yang diiradiasi sinar UV memberikan hasil yang jauh berbeda dari sampel tanpa iradiasi UV. Intensitas cahaya yang melewati sampel jauh lebih besar dibandingkan sampel yang tidak diiradiasi dengan UV. Hal ini berarti penyinaran UV memberikan pengaruh terhadap aktifitas fotokatalitik lapis tipis TiO₂-SiO₂. Penyinaran UV telah mengaktifkan katalis TiO₂-SiO₂, sehingga aktifitas fotokatalitik dan daya hidrofilik pada lapis tipis TiO₂-SiO₂ meningkat. Hal ini ditandai dengan intensitas cahaya yang makin besar, menandakan molekul air telah meresap sempurna pada lapis tipis TiO₂-SiO₂.

Berdasarkan hasil uji kinerja *antifogging* yang dihubungkan dengan pengukuran sudut

kontak menunjukkan bahwa lapis tipis titania silika telah berhasil disintesis. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pengukuran sudut kontak yang sejalan dengan hasil uji kinerjanya. Lapis tipis dengan sudut kontak terkecil memiliki hasil uji kinerja paling optimum. Hal ini menunjukkan bahwa lapis tipis titania-silika yang paling baik adalah lapis tipis yang memiliki sudut kontak terkecil.

Simpulan

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi dan konsentrasi penambahan silika terhadap struktur dan ukuran kristal serta karakteristik lapis tipis yang dihasilkan. Temperatur kalsinasi mempengaruhi struktur dan ukuran kristal TiO₂-SiO₂. Temperatur kalsinasi optimum yang diperoleh adalah 500°C. Besarnya *band-gap* dipengaruhi oleh penambahan dopan silika. *Band-gap* optimum yang diperoleh adalah 3,2 eV. Sifat hidrofilik paling optimum dihasilkan oleh lapis tipis TiO₂-SiO₂ dengan konsentrasi SiO₂ 15% dan suhu kalsinasi 500°C dengan sudut kontakannya 14,49°. Kinerja *antifogging* (anti-kabut) lapis tipis TiO₂-SiO₂ dipengaruhi oleh aktifitas fotokatalitik dan sifat hidrofilitasnya.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada DP2M Dikti yang telah membantu pembiayaan penelitian ini, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- Feng ZL, Kaiming W, Guoliang SH, & Anmin H. 2004. Crystallization behavior of Li+-doped SiO₂-TiO₂ Films Prepared By Sol-Gel Dip Coating. *J Cryst. Growth*. 264: 297-301
- Guan K. 2005. Relationship between photocatalytic activity, hydrophilicity and self-cleaning effect of TiO₂/SiO₂ films surf & coat. *Tech*. 191: 155-160.
- Hidayat S. 2005. *Sintesis material photovoltaic SiO₂-TiO₂ melalui proses sol-gel dengan pengontrol hidrolisis asetil asetonat*. Departemen Kimia, Universitas Sebelas Maret
- Huang YU, Zheng X, Yin Z, Tao F, Fang B, & Hou K. 2007. Preparation of nitrogen-doped TiO₂ nanopartikel catalys and its catalytic activity under visible light. *Chin J Chem Eng*, 15(6): 802- 807
- Liqun M, Qinglin L, Hongxin D, & Zhang Z. 2005. Synthesis of nanocrystalline TiO₂ with high photoactivity and large specific surface area by sol-gel method. *Mat Res Bull*. 40:201-208
- Lin CY, Fang YK, Kuo CH, Chen SF, Lin CS, Chou TH, Lee YH, Lin JC. & Hwang SB. 2006. Design and fabrication of a TiO₂/nano-silicon composite visible light photocatalyst. *Appl Surf Sci*. 253: 898-903
- Sikong, Damchan L. 2008. Effect of doped SiO₂ and calcination temperature on phase transformation of TiO₂ photocatalyst prepared by sol-gel method. *J Sci Technol*. 30(3):385-391
- Slamet, Viriya J, Alwi CHD, 2008. *Rekayasa plastik berlapis nanokristal TiO₂ untuk aplikasi anti kabut dan swa-bersih*. Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia
- Slamet, Viriya J. 2007. *Pengembangan nanomaterial berbasis TiO₂ yang memiliki sifat superhidrofilik dan fotokatalitik serta aplikasinya sebagai material swa-bersih dan anti-kabut*. Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia
- Yuranova T, Mosteo R, Bandara J, Laub D, & Kiwi J. 2005. Self-cleaning cotton textiles surfaces modified by photoactive SiO₂/TiO₂ coating. *J Mol Cat A: Chemical*. 244:160-167
- Zhang Y, & Reller A. 2002. Phase transformation and grain growth of doped nanosized titania. *Mat Sci and Eng*. 19:323-326